ISBN 978-634-255-857-7
9 786342 558577

Get Press Indonesia

TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN

Tim Penulis :
Femiliani Novitasari | Agus Kurniawan B | Nurfadilah | Reski Fitriah
Dian Purnamasari Anwar | Muhammad Nur Ihsan | Muh. Aldhy Hatmar
Faiza A. Dali | Endang Ismail | Ananda Sekar Kinanti | Istyqamah Muslimin
Mumpuni Uji Kawedar Anjung | Nur Islah Sugianto | Ngani Alwirya Musi

TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN

Femiliani Novitasari
Agus Kurniawan B
Nurfadilah
Reski Fitriah
Dian Purnamasari Anwar
Muhammad Nur Ihsan
Muh. Aldhy Hatmar
Faiza A. Dali
Endang Ismail
Ananda Sekar Kinanti
Istyqamah Muslimin
Mumpuni Uji Kawedar Anjung
Nur Islah Sugianto
Ngani Alwirya Musi

GET PRESS INDONESIA

TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN

Penulis :
Femiliani Novitasari
Agus Kurniawan B Nurfadilah

Reski Fitriah
Dian Purnamasari Anwar
Muhammad Nur Ihsan
Muh. Aldhy Hatmar
Faiza A. Dali
Endang Ismail
Ananda Sekar Kinanti
Istyqamah Muslimin Mumpuni
Uji Kawedar Anjung Nur Islah
Sugianto
Ngani Alwirya Musi

ISBN : 978-634-255-857-7

Editor : DR., D.Sc., Drs. Sunarno SastroAtmodjo, S.E., S.H., S.T., S.AP., S.IP., S.Sos., S.IKom., M.M., M.Si.
Desain Sampul dan Tata Letak : Mila Sari, M. Si.

PENERBIT : GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022
Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat
website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, November 2026

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan* ini dapat diselesaikan. isi buku ini mencakup pembahasan tentang teknologi pengolahan hasil perikanan, karakteristik ikan dan produk perikanan, prinsip dasar pengawetan hasil perikanan, teknologi penanganan dan pendinginan ikan, teknologi pembekuan dan *thawing*, teknologi pengasinan dan pengeringan, teknologi pengasapan ikan, teknologi pengalengan produk perikanan, teknologi fermentasi dan produk tradisional, teknologi pengolahan surimi dan produk nilai tambah, teknologi ektraksi minyak ikan dan tepung ikan, teknologi pengemasan produk perikanan, manajemen mutu dan keamanan pangan perikanan, dan pengembangan usaha dan pengolahan limbah perikanan. Akhir kata, semoga buku ini dapat menjadi referensi dan dapat memberikan manfaat serta inspirasi bagi semua pembaca.

Padang, September 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **ii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xviii**
DAFTAR TABEL ..... **xx**
BAB 1 TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN **1**
1.1 Pengertian dan Ruang Lingkup 3
1.1.1 Pengertian 3
1.1.2 Ruang Lingkup 7
1.2 Arti Penting Pengolahan Hasil Perikanan 13
1.3 Karakteristik Hasil Perikanan sebagai Bahan Baku 18
1.4 Kemunduran Mutu Hasil Perikanan 19
1.5 Klasifikasi Teknologi Pengolahan 24
1.6 Tantangan dan Prospek Pengembangan 28
DAFTAR PUSTAKA **29**
BAB 2 KARAKTERISTIK IKAN DAN PRODUK PERIKANAN **37**
2.1 Karakteristik Ikan 38
2.1.1 Klasifikasi Ikan Berdasarkan Habitat dan Perilaku 38
2.1.2 Morfologi dan Anatomi sebagai Penciri Mutu 38
2.1.3 Komposisi Kimia Ikan dan Ilustrasi Empirisnya pada Produk Olahan 39
2.1.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Komposisi Kimia Ikan 41
2.1.5 Karakteristik Fisiologis dan Sensori: Fondasi SNI 2729:2013 42
2.1.6 Sistem Sensori Ikan dan Fondasi Neurosains Penciuman 42
2.1.7 Variasi Musiman, Kondisi Tropis, dan Implikasi Enzimatis 43

2.1.8 Klasifikasi Kandungan Lemak dan Signifikansi Gizi Asam Lemak Omega-3 44
2.1.9 Kandungan Vitamin, Mineral, dan Peran Ikan dalam Ketahanan Pangan 45
2.1.10 Sintesis Komposisi Kimia Ikan: Rentang Umum dan Implikasinya 46
2.1.11 Tekstur dan Sifat Reologi Daging Ikan sebagai Parameter Mutu Fisik 47
2.1.12 Karakteristik Ikan Budidaya (Akuakultur) versus Tangkapan Liar 47
2.1.13 Ukuran dan Umur Ikan sebagai Determinan Karakteristik Mutu 48
2.1.14 Karakteristik Kulit dan Sisik sebagai Sumber Bahan Fungsional Tambahan 49
2.2 Karakteristik Produk Perikanan 50
2.2.1 Produk Segar dan Beku 50
2.2.2 Produk Asin dan Kering 50
2.2.3 Produk Fermentasi 51
2.2.4 Produk Surimi dan Hasil Samping Bernilai Tambah 51
2.2.5 Rantai Dingin sebagai Penentu Karakteristik Produk Beku 51
2.2.6 Keamanan Pangan: Karakteristik Histamin pada Produk Perikanan 52
2.2.7 Teknologi Deteksi Mutu Modern: *Quality Index Method* dan *Electronic Nose* 53
2.2.8 Standardisasi dan Regulasi Mutu Produk Perikanan Indonesia 54
2.2.9 Diversifikasi Produk dan Hilirisasi: Konteks Ekonomi Biru Indonesia 55
2.2.10 Sinkronisasi Karakteristik Ikan dan Teknologi Pengolahan: Refleksi dari Lapangan 56
2.2.11 Tantangan dan Rekomendasi Penanganan Karakteristik Produk Perikanan 57

2.2.12 Interaksi Rantai Dingin dan Kemasan terhadap Retensi Karakteristik Mutu....58
2.3 Sintesis Karakteristik sebagai Fondasi Teknologi....59
DAFTAR PUSTAKA....60
BAB 3 PRINSIP DASAR PENGAWETAN HASIL PERIKANAN....63
3.1 Karakteristik Hasil Perikanan dan Penyebab Kerusakan....63
3.1.1 Karakteristik Kimia, Fisik dan Biologis Hasil Perikanan....64
3.1.2 Komposisi Utama Ikan (Air, Protein, Lemak, Mineral, dan Vitamin)....66
3.1.3 Faktor Intrinsik dan Ekstrinsik yang Memengaruhi Daya Simpan....68
3.1.4 Dampak Kerusakan Terhadap Mutu, Keamanan Pangan, dan Nilai Ekonomi....70
3.2 Konsep dan Tujuan Pengawetan Hasil Perikanan....71
3.2.1 Definisi dan Tujuan Pengawetan Hasil Perikanan....72
3.2.2 Prinsip Dasar Pengawetan....74
3.3 Prinsip Ilmiah dalam Pengawetan Hasil Perikanan....76
DAFTAR PUSTAKA....79
BAB 4 TEKNOLOGI PENANGANAN DAN PENDINGINAN IKAN....83
4.1 Kemunduran Mutu Pada Ikan....84
4.2 Penanganan Ikan Hasil Tangkapan....87
4.3 Pendinginan Ikan....94
DAFTAR PUSTAKA....97
BAB 5 TEKNOLOGI PEMBEKUAN DAN *THAWING*....99
5.1 Pembekuan....101
5.1.1 Prinsip Dasar Pembekuan....102
5.1.2 Perpindahan Panas dalam Proses Pembekuan....103
5.1.3 Titik Beku dan Pembentukan Kristal Es....105

5.1.4 Laju Pembekuan 108
5.1.5 Pengaruh Pembekuan terhadap Komponen Ikan 111
5.1.6 Metode Pembekuan Hasil Perikanan..... 114
5.2 Teknologi *Thawing*..... 124
5.2.1 Pengertian *Thawing* 124
5.2.2Tujuan *Thawing* 125
5.2.3 Pengaruh *Thawing* terhadap Mutu Produk Perikanan 127
DAFTAR PUSTAKA 131
BAB 6 TEKNOLOGI PENGASINAN DAN PENGERINGAN..... 133
6.1 Prinsip Dasar Pengasinan Ikan..... 135
6.1.1 Definisi dan Tujuan Penggaraman 135
6.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Penggaraman..... 137
6.1.3 Aplikasi Penggaraman pada Ikan..... 137
6.1.4 Metode-Metode Pengasinan/ Penggaraman..... 138
6.2 Teknologi Pengeringan (*Drying*) 142
6.2.1 Metode Pengeringan 143
6.2.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Mutu Ikan Kering..... 149
6.3 Standar Mutu dan Keamanan Pangan Produk Ikan Asin Kering..... 152
DAFTAR PUSTAKA 155
BAB 7 TEKNOLOGI PENGASAPAN IKAN 159
7.1 Konsep Dasar dan Perkembangan Teknologi Pengasapan Ikan 161
7.1.1 Definisi dan Tujuan Pengasapan 161
7.1.2 Perkembangan Teknologi Pengasapan..... 163
7.2 Asap sebagai Media Pengawet..... 164
7.2.1 Pirolisis Kayu dan Pembentukan Senyawa Asap..... 164
7.1.2 Komponen Kimia Asap dan Perannya..... 167

7.1.3 Mekanisme Pengawetan oleh Asap 169
7.3 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Proses dan Mutu Ikan Asap 171
7.3.1 Karakteristik Bahan Baku 171
7.3.2 Jenis dan Kondisi Bahan Bakar 172
7.3.3 Suhu, Waktu, dan Kondisi Ruang Pengasapan 172
7.2.4 Konsentrasi Garam dan Perlakuan Pendahuluan 173
7.4 Klasifikasi Metode Pengasapan 174
7.4.1 Pengasapan Dingin 174
7.2.2 Pengasapan Hangat dan Pengasapan Panas 175
7.2.3 Pengasapan Langsung dan Tidak Langsung 177
7.2.4 Pengasapan Menggunakan Asap Cair 177
7.5 Tahapan Proses Pengasapan Ikan 178
7.5.1 Penerimaan dan Penyiangan Bahan Baku 179
7.2.2 Penggaraman 180
7.2.3 Penirisan dan Pembentukan Pelikel 180
7.2.4 Pengasapan 181
7.2.5 Pendinginan dan Pengemasan 181
7.2.6 Penyimpanan dan Distribusi 182
7.6 Peralatan Pengasapan Ikan 182
7.7 Karakteristik dan Penilaian Mutu Ikan Asap 183
7.7.1 Mutu Sensori 183
7.7.2 Mutu Kimia 184
7.7.3 Mutu Mikrobiologi 185
7.8 Aspek Keamanan Pangan dan Regulasi 186
7.8.1 Hidrokarbon Aromatik Polisiklik 186
7.7.2 Bahaya Mikrobiologi dan Kimia Lainnya 187
7.7.3 Strategi Mitigasi 188
7.9 Inovasi dan Arah Pengembangan 188

DAFTAR PUSTAKA 192
BAB 8 TEKNOLOGI PENGALENGAN PRODUK PERIKANAN.... 195
8.1 Pendahuluan dan Prinsip Dasar Pengalengan Hasil Perikanan 195
8.2 Bahan Baku dan Bahan Tambahan (*Filling Medium*) 196
8.2.1 Pemilihan dan Standar Mutu Bahan Baku Ikan..... 196
8.2.2 Medium Pengisi (*Filling Medium*) 200
8.3 Jenis Wadah dan Kemasan Pengalengan 204
8.3.1 Kaleng Logam (*Metal Cans*) 204
8.3.2 Lapisan Internal Kaleng (*Internal Lacquer*) dan Perkembangan Penggunaan BPA..... 206
8.3.3 Kemasan Fleksibel Retort (*Retort Pouch*) 207
8.4 Tahapan Operasi Proses Pengalengan Ikan 209
8.4.1 Penerimaan, Sortasi, dan Persiapan Bahan Baku..... 210
8.4.2 Prapemasakan (*Pre-cooking*) 211
8.4.3 Pengisian Ikan dan *Filling Medium*..... 212
8.4.4 Pengaturan *Fill Weight* dan *Headspace*..... 212
8.4.5 Penghampaan (*Exhausting/Vacuum*)..... 213
8.4.6 Penutupan Hermetis (*Double Seaming*) 214
8.4.7 Sterilisasi Termal dalam *Retort*..... 215
8.4.8 Pendinginan Setelah Proses Termal 215
8.4.9 Pencucian, Pengeringan, dan Pemeriksaan Pascaproses 216
8.4.10 Pengendalian Proses dan *Scheduled Process* 217
8.5 Termobakteriologi dan Perhitungan Kecukupan Sterilisasi..... 218
8.5.1 Parameter Termal Dasar (D-value, z-value, dan F_0) 219
8.5.2 Penentuan *Cold Point*..... 220
8.6 Cacat Produk dan Kerusakan pada Ikan Kaleng..... 221
8.7 Jaminan Mutu, Keamanan Pangan, dan Sistem HACCP 223

8.8 Inovasi dan Tren Terkini Teknologi Pengalengan Perikanan 225

DAFTAR PUSTAKA 228

BAB 9 TEKNOLOGI FERMENTASI DAN PRODUK TRADISIONAL 231

9.1 Potensi Hasil Perikanan sebagai Bahan Pangan 233

9.2 Pengertian dan Peran Fermentasi dalam Pengolahan Hasil Perikanan 236

9.3 Peranan Olahan Tradisional dalam Pemanfaatan dan Pelestarian Hasil Perikanan 240

9.4 Fermentasi Hasil Perikanan 243

9.4.1 Prinsip dan Proses Fermentasi 244

9.4.2 Mikroorganisme yang Berperan dalam Fermentasi 250

9.5 Faktor yang Memengaruhi Proses Fermentasi 260

9.5.1 Kualitas dan Karakteristik Bahan Baku 260

9.5.2 Konsentrasi Garam 261

9.5.3 Suhu Fermentasi 262

9.5.4 pH dan Keasaman 263

9.5.5 Aktivitas Air 264

9.5.6 Ketersediaan Substrat dan Sumber Karbohidrat 265

9.5.7 Lama Fermentasi 266

9.5.8 Kultur Starter 267

9.5.9 Ketersediaan Oksigen 268

9.5.10 Higiene dan Sanitasi 268

9.6 Perubahan Karakteristik dan Nilai Gizi Selama Fermentasi 271

9.6.1 Perubahan Karakteristik Fisik 271

9.6.2 Perubahan Protein dan Senyawa Nitrogen 272

9.6.3 Perubahan Lipid 273

9.6.4 Perubahan pH dan Keasaman 274

9.6.5 Perubahan Aroma dan Cita Rasa 275
9.6.6 Perubahan Kadar Air dan Aktivitas Air 276
9.6.7 Perubahan Nilai Gizi Protein 277
9.6.8 Perubahan Vitamin dan Mineral 277
9.6.9 Perubahan Asam Lemak dan Potensi Nilai Fungsional 278
9.6.10 Perubahan Senyawa Bioaktif 279
9.6.11 Perubahan Nilai Gizi dan Keamanan Produk 280
9.7 Jenis Produk Fermentasi Hasil Perikanan 281
9.7.1 Peda 282
9.7 .2 Bekasam/ Pakasam 283
9.7.3 Rusip 285
9.7.4 Terasi 287
9.7.5 Produk Fermentasi Tradisional Lainnya 288
9.7.6 Keragaman dan Potensi Pengembangan Produk Fermentasi Indonesia 299
9.8 Olahan Tradisional Hasil Perikanan 300
9.9 Karakteristik Olahan Tradisional 302
9.10 Jenis dan Teknik Pengolahan Tradisional 306
9.10.1 Penggaraman 307
9.10.2 Pengeringan 308
9.10.3 Pengasapan 310
9.10.4 Pemindangan 311
9.10.5 Fermentasi 312
9.10.6 Kombinasi Teknik Pengolahan Tradisional 314
9.10.7 Pengembangan Teknologi Tradisional 315
9.11 Contoh Produk Olahan Tradisional Hasil Perikanan 316
9.11.1 Ikan Asin 317
9.11.2 Ikan Asap 319

9.11.3 Pindang 320
9.11.4 Abon Ikan 321
9.11.5 Produk Olahan Tradisional Hasil Perikanan di Maluku 323
9.11.6 Produk Olahan Tradisional dari Hasil Perikanan Lainnya 324
9.11.7 Potensi Pengembangan Produk Tradisional 325
9.12 Nilai Gizi, Cita Rasa, dan Karakteristik Produk 326
9.12.1 Nilai Gizi Produk Olahan Tradisional 327
9.12.2 Pengaruh Pengolahan terhadap Komponen Gizi 329
9.12.3 Cita Rasa Produk Olahan Tradisional 331
9.12.4 Karakteristik Sensoris Produk 332
9.12.5 Aroma dan Senyawa Pembentuk Cita Rasa 333
9.12.6 Hubungan Nilai Gizi dan Penerimaan Konsumen 334
9.12.7 Implikasi terhadap Pengembangan Produk Tradisional 335
9.13 Nilai Budaya dan Kearifan Lokal 336
9.13.1 Pengetahuan Lokal dalam Pengolahan Hasil Perikanan 337
9.13.2 Produk Tradisional sebagai Identitas Daerah 338
9.13.3 Pewarisan Pengetahuan Antar-Generasi 339
9.13.4 Kearifan Lokal dalam Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan 340
9.13.5 Nilai Sosial dan Ekonomi Produk Tradisional 341
9.13.6 Produk Tradisional sebagai Warisan Kuliner 342
9.13.7 Pelestarian dan Pengembangan Kearifan Lokal 343
9.14 Mutu dan Pengembangan Produk 346
9.15 Mutu dan Keamanan Produk 346
9.15.1 Parameter Mutu Produk Hasil Perikanan 347

9.15.2 Bahaya Mikrobiologis pada Produk Olahan Tradisional 349
9.15.3 Bahaya Kimia pada Produk Perikanan 350
9.15.4 Pengaruh Bahan Baku terhadap Mutu dan Keamanan 351
9.15.5 Higiene dan Sanitasi Pengolahan 352
9.15.6 Pengendalian Proses dan HACCP 353
9.15.7 Penyimpanan, Pengemasan, dan Daya Simpan 354
9.15.8 Standardisasi Mutu Produk Tradisional 354
9.15.9 Mutu dan Keamanan sebagai Dasar Pengembangan Produk 355
DAFTAR PUSTAKA 358
BAB 10 TEKNOLOGI PENGOLAHAN SURIMI DAN PRODUK NILAI TAMBAH 369
10.1 Konsep Dasar Surimi 370
10.1.1 Pengertian Surimi 370
10.1.2 Komponen Protein dalam Surimi 372
10.1.3 Prinsip Pembentukan Gel Surimi 373
10.2 Bahan Baku Surimi 374
10.2.1 Jenis Ikan Surimi 374
10.2.2 Kriteria Ikan yang Sesuai untuk Surimi 375
10.2.2 Kualitas Ikan Sebelum Masuk Produksi 376
10.3 Formulasi dan Bahan Tambahan 378
10.4 Teknologi Pengolahan Produk Nilai Tambah Berbasis Surimi 379
10.5 Pengendalian Mutu dan Keamanan Pangan 380
DAFTAR PUSTAKA 385
BAB 11 TEKNOLOGI EKTRAKSI MINYAK IKAN DAN TEPUNG IKAN 391
11.1 Teknologi Ekstraksi Minyak Ikan 392

11.2 Prinsip Dasar Ekstraksi Minyak Ikan 393
11.3 Hubungan Ketiga Tahapan dalam Ekstraksi Minyak Ikan 399
11.4 Faktor yang Menentukan Keberhasilan Ketiga Tahapan 399
11.5 Jenis Metode Ekstraksi Minyak Ikan 401
11.6 Perkembangan Teknologi Ekstraksi 409
11.7 Teknologi Tepung Ikan Berbasis Konsentrasi Protein 413
11.8 Ekstraksi Minyak sebagai Tahap Awal Pembuatan Tepung 417
11.9 Pemanfaatan Ampas sebagai Bahan Baku Tepung Ikan 418
11.10 Pemanfaatan Produk 420
11.10..4 Pemanfaatan Minyak Ikan 420
11.10.2 Pemanfaatan Tepung Ikan 421
11.10.3 Pemanfaatan Minyak Ikan dan Tepung Ikan Secara Bersamaan 422
11.11 Aplikasi pada Produk Pangan 424
DAFTAR PUSTAKA 426
BAB 12 TEKNOLOGI PENGEMASAN PRODUK PERIKANAN 431
12.1 Latar Belakang Pengemasan Produk Perikanan 434
12.2 Peran Pengemasan dalam Mempertahankan Mutu Produk Perikanan 439
12.2.1 Perlindungan terhadap Kontaminasi 439
12.2.2 Mengurangi Paparan Oksigen 440
12.2.3 Mengendalikan Kehilangan Air dan Dehidrasi 441
12.2.4 Melindungi Produk dari Kerusakan Mekanis 442
12.2.5 Menghambat Perubahan Warna, Aroma, dan Cita Rasa 443
12.2.6 Menghambat Pertumbuhan Mikroorganisme 444
12.2.7 Mempertahankan Mutu Produk Beku 445

12.2.8 Memperpanjang Umur Simpan 446
12.2.9 Mendukung Efisiensi Penyimpanan dan Distribusi ... 447
12.2.10 Meningkatkan Nilai Tambah dan Penerimaan Konsumen 447
12.2.11 Peran Pengemasan dalam Mengurangi Kehilangan dan Pemborosan Produk 448
12.2.12 Integrasi Pengemasan dengan Teknologi Pengawetan 449
12.3 Permasalahan dan Tantangan Pengemasan Produk Perikanan 451
12.3.1 Tingginya Perishable Nature Produk Perikanan 451
12.3.2 Kebutuhan Sifat Barrier yang Sesuai 452
12.3.3 Pengendalian Oksigen dan Risiko Oksidasi 453
12.3.4 Pengendalian Kelembapan dan Dehidrasi 454
12.3.5 Kerusakan Mekanis Selama Distribusi 455
12.3.6 Menjaga Integritas dan Kualitas Penyegelan 455
12.3.7 Keamanan Pangan dan Migrasi Bahan Kemasan 456
12.3.8 Pengendalian Mikroorganisme dan Keamanan Mikrobiologis 457
12.3.9 Ketergantungan terhadap Rantai Dingin 457
12.3.10 Keterbatasan Infrastruktur dan Teknologi 458
12.3.11 Biaya Pengemasan 459
12.3.12 Masalah Limbah Kemasan dan Dampak Lingkungan 460
12.3.13 Keterbatasan Material Biodegradable dan Biopolimer 460
12.3.14 Tantangan Penerapan *Active* dan *Intelligent Packaging* 461
12.3.15 Tantangan Penerimaan Konsumen 462
12.3.16 Kompleksitas Daur Ulang Kemasan 462
12.3.17 Tantangan Standardisasi dan Regulasi 463

12.3.18 Tantangan Integrasi antara Kemasan dan Rantai Pasok 463
12.3.19 Tantangan bagi Industri Perikanan Skala Kecil 464
12.3.20 Arah Penyelesaian Permasalahan dan Tantangan ... 464
12.4 Tujuan dan Ruang Lingkup Pengemasan Produk Perikanan 466
12.4.1 Tujuan Pengemasan Produk Perikanan 467
12.4.2 Ruang Lingkup Pengemasan Produk Perikanan 473
12.4.3 Prinsip Dasar dalam Menentukan Tujuan dan Ruang Lingkup Pengemasan 478
12.5 Karakteristik Produk Perikanan dan Implikasinya terhadap Pengemasan 480
12.5.1 Sifat Fisik Produk Perikanan 481
12.5.2 Sifat Kimia dan Biokimia Produk Perikanan 484
12.5.3 Aktivitas Mikrobiologis pada Produk Perikanan 487
12.5.4 Kerusakan Produk Perikanan Selama Penyimpanan 490
12.5.5 Kebutuhan Perlindungan Produk melalui Pengemasan 494
12.6 Fungsi dan Prinsip Dasar Pengemasan 499
12.6.1 Fungsi Utama Kemasan 500
12.6.2 Prinsip Perlindungan Produk 504
12.6.3 Prinsip Pengendalian Faktor Lingkungan 507
12.6.4 Prinsip Keamanan dan Higienitas Kemasan 509
12.6.5 Prinsip Efisiensi Distribusi dan Penyimpanan 513
12.6.6 Integrasi Fungsi dan Prinsip Dasar Pengemasan 516
12.6.7 Matriks Fungsi dan Prinsip Dasar Pengemasan Produk Perikanan 518
12.7 Jenis dan Bahan Kemasan Produk Perikanan 521
12.7.1 Kemasan Plastik 522

12.7.2 Kemasan Kertas dan Karton 525
12.7.3 Kemasan Logam 527
12.7.4 Kemasan Kaca 529
12.7.5 Kemasan Berbasis Biopolimer 530
12.7.6 Kemasan Kombinasi atau Multilayer 533
12.7.7 Karakteristik dan Pemilihan Bahan Kemasan 536
12.7.8 Dasar Pemilihan Bahan Kemasan Berdasarkan Jenis Produk Perikanan 541
12.7.9 Prinsip Pemilihan Bahan Kemasan Produk Perikanan 542
12.7.10 Ringkasan Karakteristik Bahan Kemasan 545
12.8 Teknologi Pengemasan Konvensional 547
12.8.1 Pengemasan Produk Segar dan Dingin 548
12.8.2 Pengemasan Produk Beku 550
12.8.3 Pengemasan Produk Kering 552
12.8.4 Pengemasan Produk Olahan Perikanan 553
12.8.5 Pengemasan Vakum 555
12.8.6 Pengemasan dengan Penyegelan Panas 556
12.8.7 Keterkaitan Teknologi Pengemasan Konvensional dengan Kondisi Penyimpanan 559
12.8.8 Prinsip Pemilihan Teknologi Pengemasan Konvensional 560
DAFTAR PUSTAKA 563
BAB 13 MANAJEMEN MUTU DAN KEAMANAN PANGAN PERIKANAN 569
13.1 Karakteristik Mutu dan Kemunduran Mutu Hasil Perikanan 569
13.1.1 Komposisi Kimia dan Karakteristik Fisik Ikan Segar 569
13.1.2 Proses Kemunduran Mutu (Pre-rigor, Rigor Mortis, Post-rigor) 570

13.1.3 Faktor-Faktor yang Mempercepat Pembusukan Produk Perikanan 571
13.1.4 Indikator Penilaian Mutu (Sensori, Kimiawi, Mikrobiologis, dan Fisik) 571
13.2 Bahaya (Hazards) Dalam Keamanan Pangan Perikanan 573
13.2.1 Bahaya Biologis (Bakteri Patogen, Virus, Parasit, dan Histmin) 573
13.2.2 Bahaya Kimia (Logam Berat, Residu Antibiotik, dan Toksin Alami) 573
13.2.3 Bahaya Fisik (Benda Asing, Pecahan Kaca, dan Serpihan Logam) 574
13.3 Kelayakan Dasar: GMP (*Good Manufacturing Practices*) dan SSOP (*Sanitation Standard Operating Procedures*) 574
13.3.1 Penerapan Cara Pengolahan Ikan yang Baik (CPIB/GMP) 574
13.3.2 Prosedur Operasi Standar Sanitasi (SSOP) di Industri Perikanan 576
13.4 Sistem Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) 577
13.4.1 Prinsip-Prinsip Dasar Sistem HACCP pada Produk Perikanan 577
13.4.2 Tahapan Penyusunan Rencana HACCP (HACCP Plan) 578
13.4.3 Penetapan Tiktik Kendali Kritis (CCP) pada Alur Proses Pengolahan 578
13.4.4 Sistem Dokumentasi, Verifikasi, dan Rekaman HACCP 581
13.5 Sistem Manajemen Keamanan Pangan Modern dan Ketertelusuran (*Traceability*) 581
13.5.1 Konsep dan Implementasi Ketertelusuran (*Traceability*) dari Hulu ke Hilir 581
13.5.2 Penetapan Tiktik Kendali Kritis (CCP) pada Alur Proses Pengolahan 582

13.6 Regulasi, Sertifikasi, dan Kebijakan Mutu Perikanan 582
13.6.1 Regulasi Nasional (KKP, BPOM, dan SNI Hasil Perikanan) 582
13.6.2 Sertifikasi Kelayakan Pengolahan (SKP) dan Sertfikat HACCP 584
13.6.3 Standar dan Regulasi Pasar Ekspor Utama (Uni Eropa, AS/USFDA, Jepang) 585
DAFTAR PUSTAKA 586
BAB 14 PENGEMBANGAN USAHA DAN PENGOLAHAN LIMBAH PERIKANAN 589
14.1 Pengembangan Usaha Perikanan 589
14.1.1 Usaha Perikanan Tangkap 591
14.1.2 Usaha Perikanan Budidaya 593
14.2 Pengolahan Limbah Perikanan 602
14.2.1 Pengolahan Limbah Padat 603
14.2.2 Pengolahan Limbah Cair 607
DAFTAR PUSTAKA 610
BIODATA PENULIS 613

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Ruang Lingkup Pengolahan Hasil Perikanan 13
Gambar 1. 2 Tahapan Kemunduran Hasil Perikanan 23
Gambar 2. 1 Jendela Metamorfik Kesegaran Ikan Pascamortem....41
Gambar 6. 1 Ilustrasi Teknik Penggaraman *Dry Salting*.....139
Gambar 6. 2 Ilustrasi Teknik Penggaraman *Wet Salting/ Brining*.....140
Gambar 6. 3 Ilustrasi Teknik Penggaraman *Kench Salting*.....141
Gambar 6. 4 Pengeringan Ikan secara Tradisional.....145
Gambar 6. 5 Pengering Ikan System Tunnel driyer 147
Gambar 6. 6 Pengering Ikan System Oven 148
Gambar 7. 1 Skema Pembentukan Komponen Asap Melalui Pirolisis Komponen Kayu 166
Gambar 7. 2 Diagram Alir Tahapan Proses Pengasapan Ikan 179
Gambar 8. 1 Alur Proses Pengalengan Hasil Perikanan 218
Gambar 9. 1 Prinsip Dasar Fermentasi 249
Gambar 9. 2 Nilai Budaya dan Kearifan Lokal Olahan Tradisional Hasil Perikanan 345
Gambar 10. 1 Proses Produksi Surimi ((Dagtekin, 2022) 371
Gambar 10. 2 Mekanisme Pembentukan Gel 373
Gambar 11. 1 Distrupsi minyak.....395
Gambar 11. 2 Pelepasan dan Perpindahan Minyak.....396
Gambar 11. 3 Fase Pemisahan.....398
Gambar 11. 4 Prinsip Dasar Meteode Enzimatis.....403
Gambar 11. 5 Jenis Enzimatis yang Digunakan dalam Ekstraksi.....404
Gambar 11. 6 Prinsip Ekstraksi dengan Supercritical CO_2 (SFE) 406
Gambar 11. 7 Pengolahan Tepung Ikan 412
Gambar 11. 8 Klasifikasi Konsnetrat Protein ikan.....414
Gambar 11. 9 Proses pembuatan FPC *(Fish Protein Concentrate)*.....415
Gambar 11. 10 Minyak dan Tepung Ikan.....417
Gambar 11. 11 Prinsip Pemnafaatan Ampas Sebagai Bahan Baku Tepung Ikan.....419
Gambar 11. 12 Mekanisme Pemanfaat Tepung Ikan 422

Gambar 11. 13 Pemanfaatan Minyak Ikan dan Tepung Ikan Secara Bersamaan 423
Gambar 11. 14 Perbandingan Komponen dan Pemanfaatan Minyak Ikan dan Tepung Ikan 424
Gambar 12. 1 Alur Perancangan Kemasan Produk Perikanan 517
Gambar 12. 2 Alur Pemilihan Bahan Kemasan Produk Perikanan 544
Gambar 14. 1 Pertumbuhan Produksi Perikanan Budidaya 596
Gambar 14. 2 Produksi Budidaya Ikan Air Payau 598
Gambar 14. 3 Produksi Ikan Kakap dan Kerapu Tahun 2020-2024 599
Gambar 14. 4 Produksi Perikanan Budidaya Air Tawar 601
Gambar 14. 5 Skema Pembuatan Tepung Ikan 605

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Karakteristik Hasil Perikanan dan Implikasinya Terhadap Pengolahan....18
Tabel 1. 2 Klasifikasi Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan....24
Tabel 2. 1 Karakteristik Mutu Surimi dari Berbagai Spesies Ikan sebagai Ilustrasi Variasi Komposisi Kimia Antarspesies....40
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Umum Daging Ikan....46
Tabel 2. 3 Ringkasan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang Relevan dengan Karakteristik Produk Perikanan....54
Tabel 6. 1 Nilai Kunci Parameter Pengasinan Ikan....138
Tabel 6. 2 Komparasi Metode Pengasinan Ikan....142
Tabel 6. 3 Parameter Mutu Utama Pada Standar Ikan Asin Kering (diolah dari BSN, 2023)....153
Tabel 7. 1 Golongan Senyawa Utama Penyusun Asap dan Perannya pada Produk Ikan Asap....167
Tabel 7. 2 Perbandingan Karakteristik Pengasapan Dingin dan Pengasapan Panas....176
Tabel 7. 3 Ringkasan Persyaratan Mutu dan Keamanan Ikan Asap dengan Pengasapan Panas....185
Tabel 8. 1 Parameter Mutu dan Pertimbangan Penerimaan Bahan Baku Ikan untuk Pengalengan....197
Tabel 8. 2 Jenis Cacat dan Kerusakan Pada Produk Ikan Kaleng....222
Tabel 8. 3 Pengendalian Bahaya Pada Tahapan Utama Pengalengan Ikan....224
Tabel 9. 1 Produk Fermentasi dan Sebarannya di 38 Provinsi Indonesia....291
Tabel 11. 1 Hubungan Ketiga Tahapan dalam Ekstraksi Minyak Ikan....399
Tabel 12. 1 Hubungan Antara Karakteristik Produk Perikanan dan Kebutuhan Pengemasan....498
Tabel 12. 2 Matriks Fungsi, Faktor Pengendalian, Tujuan, dan Teknologi Pengemasan Produk Perikanan....518
Tabel 12. 3 Jenis Produk Perikanan, Kebutuhan Pengemasan, dan Bahan Kemasan Potensial....541
Tabel 12. 4 Karakteristik dan Aplikasi Bahan Kemasan Produk Perikanan....545

Tabel 12. 5 Kesesuaian Kemasan Konvensional dengan Jenis Produk dan Kondisi Penyimpanan 559
Tabel 13. 1 Matriks Analisis Bahaya dan Penetapan CCP pada Alur Proses Frozen Tuna Loin 579
Tabel 13. 2 Ragam Standar Nasional Indonesia (SNI) Produk Perikanan Utama Terkini 583
Tabel 14. 1 Capaian Volume Produksi Perikanan Budidaya Tahun 2020-2024 595

BAB 1

TEKNOLOGI PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN

Oleh Femiliani Novitasari

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sumber daya kelautan dan perikanan sangat besar. Berdasarkan hasil penelaahan Badan Informasi Geospasial, pada tahun 2024 Indonesia tercatat memiliki 17.380 pulau yang telah memiliki nama dan koordinat (BIG, 2024). Indonesia juga memiliki garis pantai sepanjang kurang lebih 108.000kilometer serta wilayah perairan laut seluas sekitar 6,4 juta kilometer persegi, yang mencakup perairan kepulauan, laut teritorial, zona tambahan, dan Zona Ekonomi Eksklusif (KKP, 2021). Kondisi geografis tersebut memberikan potensi besar bagi pengembangan perikanan tangkap di laut dan perairan umum daratan, perikanan budidaya, serta industri pengolahan hasil perikanan. Data FAO menunjukkan bahwa Indonesia termasuk salah satu produsen utama perikanan tangkap dan akuakultur dunia; bahkan Indonesia berada di antara negara dengan produksi perikanan tangkap terbesar dan menjadi salah satu pusat produksi akuakultur global (FAO, 2024). Potensi perikanan tersebut tersebar di berbagai wilayah Nusantara dengan keragaman komoditas, seperti ikan, udang, kepiting, kerang, cumi-cumi, rumput laut, dan organisme perairan lainnya. Sektor ini juga memiliki peranan sosial ekonomi yang penting karena menopang mata pencaharian jutaan nelayan, pembudidaya, pengolah, dan pemasar hasil perikanan. Data

Kementerian Kelautan dan Perikanan mencatat lebih dari tiga juta pelaku usaha kelautan dan perikanan pada tahun 2024, sedangkan FAO memperkirakan sekitar 5,2 juta orang di Indonesia bekerja secara langsung sebagai nelayan dan pembudidaya pada tahun 2024 (KKP, 2026; FAO, 2026). Dengan demikian, sumber daya perikanan Indonesia tidak hanya berperan sebagai penyedia pangan dan sumber protein hewani, tetapi juga menjadi penggerak ekonomi masyarakat pesisir, pencipta lapangan kerja, sumber bahan baku industri, dan komoditas perdagangan nasional maupun internasional. Namun demikian, besarnya volume produksi tidak dengan sendirinya menjamin tingginya nilai ekonomi maupun manfaat gizi yang dapat dinikmati masyarakat. Persoalan klasik yang dihadapi sektor perikanan adalah sifat hasil tangkapan yang sangat mudah rusak. Ikan tergolong komoditas yang paling cepat mengalami kemunduran mutu di antara seluruh bahan pangan hewani. Pada suhu ruang daerah tropis, ikan dapat menjadi tidak layak konsumsi hanya dalam hitungan jam setelah mati. Akibatnya, sebagian hasil tangkapan mengalami penurunan mutu, terbuang, atau terpaksa dijual dengan harga sangat rendah sebelum sampai ke tangan konsumen.

Di sinilah teknologi pengolahan hasil perikanan mengambil peran. Melalui penanganan yang tepat sejak ikan diangkat dari air, dilanjutkan dengan penerapan teknologi pendinginan, pembekuan, penggaraman, pengeringan, pengasapan, pengalengan, fermentasi, hingga pengolahan menjadi produk bernilai tambah, umur simpan produk perikanan dapat diperpanjang dari hitungan jam menjadi hitungan hari, bulan, bahkan tahun. Lebih jauh, teknologi pengolahan juga membuka peluang diversifikasi produk, pemanfaatan hasil samping, penciptaan lapangan kerja, dan peningkatan daya saing produk perikanan Indonesia di pasar global.

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai prinsip dan penerapan teknologi pengolahan hasil perikanan. Bab pertama ini berfungsi sebagai pengantar yang meletakkan kerangka berpikir bagi seluruh pembahasan pada bab-bab berikutnya.

1.1 Pengertian dan Ruang Lingkup

1.1.1 Pengertian

Teknologi pengolahan hasil perikanan dapat didefinisikan sebagai penerapan ilmu pengetahuan, prinsip rekayasa, metode, keterampilan, dan peralatan untuk menangani serta mengubah bahan baku hasil perikanan menjadi produk yang aman, bermutu, memiliki masa simpan lebih panjang, mudah disimpan dan didistribusikan, serta mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi (Sampels, 2015; Ali *et al*., 2022). Proses pengolahan tersebut dapat melibatkan perlakuan suhu rendah, pemanasan, pengurangan kadar air, penambahan bahan pengawet, fermentasi, pengemasan, maupun kombinasi beberapa metode untuk mengendalikan kemunduran mutu produk (Tsironi *et al*., 2020; Ali *et al*., 2022). Pemilihan teknologi pengolahan harus disesuaikan dengan karakteristik bahan baku, jenis produk yang akan dihasilkan, kebutuhan konsumen, kondisi penyimpanan, serta sistem distribusinya (Sampels, 2015). Metode dan kondisi pengolahan juga perlu dikendalikan karena dapat memengaruhi sifat sensori, keamanan, komposisi kimia, dan nilai gizi produk akhir (Sampels, 2015; Ali *et al*., 2022). Pengertian teknologi pengolahan hasil perikanan mencakup tiga unsur utama yang saling berkaitan, yaitu pengawetan, perubahan bentuk atau sifat bahan, dan penciptaan nilai tambah (Sampels, 2015; Ali *et al*., 2022). *Pengawetan* merupakan penerapan suatu perlakuan untuk memperlambat

atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim, oksidasi lemak, dan berbagai reaksi yang menyebabkan kemunduran mutu sehingga masa simpan produk menjadi lebih panjang (Tsironi *et al*., 2020; Ali *et al*., 2022). Pengawetan hasil perikanan dapat dilakukan melalui pendinginan, pembekuan, penggaraman, pengeringan, pengasapan, fermentasi, perlakuan panas, pengemasan atmosfer termodifikasi, atau kombinasi beberapa faktor pengawetan yang dikenal sebagai teknologi rintangan atau *hurdle technology* (Tsironi *et al*., 2020). Penerapan beberapa faktor pengawetan secara bersamaan dapat meningkatkan daya hambat terhadap mikroorganisme tanpa harus menggunakan satu perlakuan yang terlalu intensif sehingga mutu produk lebih mudah dipertahankan (Tsironi *et al*., 2020). *Pengolahan* merupakan kegiatan yang mengubah bentuk, ukuran, tekstur, cita rasa, komposisi, atau karakteristik bahan baku menjadi produk yang lebih praktis dan sesuai dengan kebutuhan konsumen (Sampels, 2015). Pengolahan memungkinkan hasil perikanan dipasarkan dalam bentuk fillet, produk beku, produk kering, produk asap, produk fermentasi, produk kaleng, produk siap masak, produk siap makan, surimi, bakso, nugget, dan berbagai produk olahan lainnya (Sampels, 2015; Ali *et al*., 2022). Teknologi pengolahan juga dapat meningkatkan kemudahan penanganan, penyimpanan, pengangkutan, penyajian, dan konsumsi produk perikanan (Sampels, 2015). Namun, perlakuan seperti pembekuan, pencairan, pemanasan, pengeringan, dan penyimpanan harus dikendalikan karena dapat menyebabkan perubahan protein, lemak, vitamin, warna, tekstur, dan sifat sensori produk (Sampels, 2015; Ali *et al*., 2022).

Penciptaan nilai tambah merupakan upaya meningkatkan manfaat ekonomi, mutu, kepraktisan, daya tarik, dan karakteristik fungsional suatu bahan melalui kegiatan pengolahan, pengemasan, penyimpanan, distribusi, dan pemasaran (Roy *et al*., 2023). Peningkatan nilai tambah dapat dilakukan dengan mengubah ikan utuh menjadi fillet, daging lumat, surimi, makanan siap masak, makanan siap makan, bahan pangan fungsional, atau produk yang mempunyai bentuk dan kemasan lebih menarik (Sampels, 2015; Roy *et al*., 2023). Pengembangan produk bernilai tambah juga dapat memperluas pasar, meningkatkan pemanfaatan bahan baku, mengurangi kehilangan hasil, dan menciptakan sumber pendapatan tambahan bagi pelaku usaha perikanan (Roy *et al*., 2023; Wang *et al*., 2019). Istilah *hasil perikanan* atau pangan akuatik memiliki cakupan yang luas dan tidak hanya merujuk pada ikan bersirip atau *finfish* (Golden *et al*., 2021). Pangan akuatik mencakup ikan bersirip, krustasea seperti udang, lobster, kepiting, dan rajungan, sefalopoda seperti cumi-cumi, sotong, dan gurita, moluska seperti kerang dan siput air, ekinodermata seperti teripang, serta tumbuhan dan alga akuatik seperti rumput laut (Golden *et al*., 2021). Keragaman kelompok bahan tersebut menyebabkan setiap komoditas memiliki karakteristik fisik, kimia, mikrobiologis, dan sensori yang berbeda sehingga membutuhkan metode penanganan dan pengolahan yang sesuai (Golden *et al*., 2021; Ali *et al*., 2022).

Kegiatan pengolahan hasil perikanan umumnya menghasilkan bagian yang tidak digunakan sebagai produk utama, seperti kepala, rangka, tulang, kulit, sisik, sirip, jeroan, darah, potongan daging, dan cangkang (Wang *et al*., 2019; Roy *et al*., 2023). Bagian-bagian tersebut lebih tepat disebut sebagai *hasil samping pengolahan* apabila masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk menghasilkan

produk lain yang memiliki nilai guna dan nilai ekonomi (Wang *et al*., 2019). Hasil samping pengolahan ikan masih mengandung protein, lipid, mineral, kolagen, gelatin, enzim, pigmen, dan berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan dalam industri pangan maupun nonpangan (Wang *et al*., 2019; Roy *et al*., 2023). Kepala, rangka, jeroan, kulit, dan potongan daging ikan dapat diolah menjadi tepung ikan, minyak ikan, hidrolisat protein, peptida bioaktif, silase, pakan, pupuk, dan bahan pangan fungsional (Wang *et al*., 2019; Roy *et al*., 2023). Kulit, sisik, dan tulang ikan dapat digunakan sebagai sumber kolagen, gelatin, mineral, dan peptida bioaktif untuk aplikasi pangan, kosmetik, farmasi, biomedis, dan nutraseutikal (Wang *et al*., 2019; Roy *et al*., 2023). Cangkang udang, kepiting, dan rajungan merupakan sumber utama kitin yang dapat diubah menjadi kitosan dan berbagai turunannya melalui proses kimia, enzimatis, maupun fermentasi (Yadav *et al*., 2019; Wang *et al*., 2019). Kitin dan kitosan mempunyai potensi aplikasi yang luas dalam industri pangan, pertanian, farmasi, kosmetik, tekstil, pengolahan air, dan pengembangan biomaterial (Yadav *et al*., 2019). Pemanfaatan hasil samping tersebut dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku, mengurangi pembuangan limbah organik, menekan dampak lingkungan, dan menghasilkan produk baru yang bernilai ekonomi tinggi (Yadav *et al*., 2019; Roy *et al*., 2023). Dengan demikian, teknologi pengolahan hasil perikanan tidak hanya berkaitan dengan upaya memperpanjang masa simpan dan mengubah bahan baku menjadi produk pangan, tetapi juga mencakup pengendalian mutu, perlindungan nilai gizi, peningkatan keamanan pangan, penciptaan nilai tambah, pemanfaatan hasil samping, dan pengurangan dampak lingkungan (Ali *et al*., 2022; Roy *et al*., 2023). Pengembangan teknologi pengolahan yang tepat dapat mendukung pemanfaatan sumber daya

perikanan secara lebih efisien, inovatif, dan berkelanjutan sekaligus meningkatkan daya saing produk perikanan di pasar (Wang *et al*., 2019; Roy *et al*., 2023).

1.1.2 Ruang Lingkup

Ruang lingkup kajian teknologi pengolahan hasil perikanan membentang mulai dari saat ikan ditangkap atau dipanen sampai produk berada di tangan konsumen. Secara garis besar, cakupan tersebut meliputi:

a) Penanganan pascapanen (*Post Harvest-handling)*

Penanganan pascapanen mencakup seluruh perlakuan awal yang dilakukan segera setelah ikan ditangkap atau dipanen untuk memperlambat kemunduran mutu dan mempertahankan keamanan produk (Jahncke, 2016; Tavares *et al*., 2021). Kegiatan tersebut meliputi penanganan ikan di atas kapal atau tempat pemanenan, pencucian, pembuangan isi perut, penyiangan, penyortiran berdasarkan jenis, ukuran dan mutu, pemberian es, penyimpanan dingin, serta pengangkutan menuju tempat pendaratan atau unit pengolahan (Jahncke, 2016). Rantai dingin harus dijaga secara berkesinambungan dari kapal atau tempat budidaya, unit pengolahan, penyimpanan, transportasi, hingga produk diterima konsumen karena terputusnya rantai dingin dapat mempercepat penurunan mutu ikan (Wibowo *et al*., 2024).

b) Karakterisasi bahan baku

Karakterisasi bahan baku merupakan kegiatan mengidentifikasi sifat fisik, kimia, biokimia, mikrobiologis, dan sensori hasil perikanan sebagai dasar dalam menentukan metode pengolahan yang

sesuai (Ali *et al*., 2022; Tavares *et al*., 2021). Karakteristik fisik meliputi jenis, ukuran, bentuk, berat, warna, tekstur, serta kondisi permukaan dan bagian tubuh ikan (Fitri *et al*., 2022). Karakteristik kimia meliputi kadar air, protein, lemak, abu, mineral, nilai pH, aktivitas air, dan tingkat oksidasi lemak bahan baku (Fitri *et al*., 2022). Karakteristik biokimia berkaitan dengan aktivitas enzim, perubahan protein, hidrolisis lemak, oksidasi, pembentukan senyawa volatil, dan proses kemunduran mutu setelah ikan mati (Tavares *et al*., 2021). Karakteristik mikrobiologis meliputi jenis dan jumlah mikroorganisme pembusuk maupun patogen yang terdapat pada kulit, insang, saluran pencernaan, dan jaringan hasil perikanan (Jahncke, 2016).

c) Teknologi pengawetan

Teknologi pengawetan mencakup berbagai metode yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim, oksidasi lemak, kehilangan air, dan reaksi lain yang menyebabkan kemunduran mutu hasil perikanan (Tavares *et al*., 2021; Ali *et al*., 2022). Metode pengawetan konvensional meliputi pendinginan, pembekuan, penggaraman, pengeringan, pengasapan, fermentasi, pemanasan, dan pengalengan (Cortés-Sánchez *et al*., 2024). Teknologi pengawetan yang lebih maju dapat meliputi iradiasi, pengemasan vakum, atmosfer termodifikasi, pelapis pangan, tekanan hidrostatik tinggi, medan listrik berdenyut, ultrasonik, plasma dingin, dan berbagai teknologi nontermal lainnya (Ali *et al*., 2022; Tavares *et al*., 2021). Pemilihan metode pengawetan harus mempertimbangkan jenis bahan baku, target masa simpan, mutu sensori yang diinginkan, keamanan pangan, biaya, kapasitas

produksi, ketersediaan energi, dan kebutuhan pasar (Ali *et al*., 2022). Beberapa metode dapat dikombinasikan agar mampu memperpanjang masa simpan tanpa memberikan perlakuan yang terlalu berat terhadap produk (Pinto de Rezende *et al*., 2022).

d) Teknologi diversifikasi dan nilai tambah

Teknologi diversifikasi bertujuan mengembangkan bahan baku hasil perikanan menjadi berbagai produk baru yang lebih praktis, menarik, bernilai ekonomi, dan sesuai dengan kebutuhan konsumen (Sampels, 2015; Ali *et al*., 2022). Produk bernilai tambah yang berasal dari daging ikan antara lain fillet, surimi dan produk turunannya, bakso ikan, sosis ikan, nugget, abon, kerupuk, produk berlapis tepung, serta makanan siap masak dan siap makan (Ali *et al*., 2022).

Diversifikasi juga mencakup pengolahan ikan atau hasil samping perikanan menjadi minyak ikan, tepung ikan, gelatin, kolagen, hidrolisat protein, peptida bioaktif, mineral, enzim, kitin, dan kitosan (Ideia *et al*., 2020). Pemanfaatan bagian seperti kepala, tulang, kulit, sisik, jeroan, potongan daging, dan cangkang dapat meningkatkan rendemen pemanfaatan bahan baku sekaligus menghasilkan produk dengan nilai ekonomi lebih tinggi (Ideia *et al*., 2020; Ali *et al*., 2022). Pengembangan produk bernilai tambah perlu memperhatikan karakteristik bahan baku, formulasi, proses produksi, penerimaan konsumen, masa simpan, kelayakan biaya, serta potensi pasarnya (Anggraeni *et al*., 2019

e) Pengemasan, penyimpanan, dan distribusi

Pengemasan merupakan bagian penting dalam teknologi pengolahan karena berfungsi melindungi

produk dari kerusakan fisik, kehilangan atau penyerapan air, oksidasi, cahaya, kontaminasi mikroorganisme, dan pengaruh lingkungan selama penyimpanan serta distribusi (Kontominas *et al*., 2021). Pemilihan bahan kemasan harus mempertimbangkan karakteristik produk, permeabilitas terhadap gas dan uap air, ketahanan mekanis, suhu penyimpanan, metode pengolahan, masa simpan, keamanan bahan, dan biaya penggunaannya (Kontominas *et al*., 2021). Teknik pengemasan produk perikanan dapat berupa pengemasan konvensional, pengemasan vakum, atmosfer termodifikasi, kemasan aktif, kemasan cerdas, serta penggunaan lapisan atau film yang dapat dimakan (Kontominas *et al*., 2021; Kurek *et al*., 2024). Produk yang telah dikemas harus disimpan pada kondisi suhu, kelembapan, cahaya, dan kebersihan yang sesuai dengan sifat serta tingkat pengawetannya (Jahncke, 2016). Distribusi produk segar dan beku membutuhkan pengendalian rantai dingin yang terintegrasi agar suhu produk tetap berada pada batas yang ditentukan selama penyimpanan, pemuatan, pengangkutan, pembongkaran, dan penjualan (Wibowo *et al*., 2024).

f) Manajemen mutu dan keamanan pangan

Manajemen mutu dan keamanan pangan mencakup berbagai tindakan untuk menjamin bahwa hasil perikanan diproduksi secara konsisten, memenuhi persyaratan mutu, serta aman dikonsumsi (Jahncke, 2016). Sistem dasar yang digunakan dalam unit pengolahan meliputi *Good Manufacturing Practices* atau GMP dan *Sanitation Standard Operating Procedures* atau SSOP yang mengatur praktik produksi, kondisi fasilitas, higiene

pekerja, kebersihan peralatan, air, pengendalian hama, serta pencegahan kontaminasi silang (Jahncke, 2016; Masrifah *et al*., 2019). GMP dan SSOP menjadi program prasyarat untuk mendukung penerapan *Hazard Analysis and Critical Control Point* atau HACCP dalam pengendalian bahaya biologis, kimia, dan fisik pada tahapan proses yang penting (Jahncke, 2016).

Sistem ketertelusuran digunakan untuk mencatat dan menelusuri asal bahan baku, tahapan produksi, bahan tambahan, nomor kelompok produksi, penyimpanan, dan jalur distribusi produk (Zhang *et al*., 2025). Ketertelusuran membantu proses pengawasan, penyelidikan penyebab masalah, penarikan produk, dan komunikasi risiko apabila ditemukan produk yang tidak memenuhi persyaratan keamanan pangan (Zhang *et al*., 2025).

Sertifikasi dan pengujian produk diperlukan untuk memberikan bukti bahwa proses dan produk telah memenuhi standar atau persyaratan pasar yang dituju (Jahncke, 2016).

g) Pengolahan limbah dan pengembangan usaha

Kegiatan pengolahan menghasilkan limbah cair serta bagian padat seperti kepala, kulit, sisik, tulang, jeroan, sirip, potongan daging, dan cangkang yang harus dikelola agar tidak menimbulkan pencemaran (Ideia *et al*., 2020). Bagian padat yang masih mengandung protein, lemak, kolagen, mineral, enzim, dan senyawa bioaktif dapat diperlakukan sebagai hasil samping untuk diolah kembali menjadi produk bernilai tambah (Ideia *et al*., 2020).

Pendekatan ini disebut valorisasi, yaitu upaya meningkatkan nilai bahan yang sebelumnya dianggap sebagai limbah menjadi bahan pangan,

pakan, pupuk, kosmetik, farmasi, biomaterial, atau produk industri lainnya (Ideia *et al*., 2020). Limbah cair dari proses pencucian, perebusan, pencairan, dan pengolahan harus ditangani melalui proses fisik, kimia, atau biologis sebelum dibuang atau digunakan kembali (Ideia *et al*., 2020). Pengembangan usaha pengolahan juga mencakup analisis ketersediaan bahan baku, kapasitas produksi, rendemen, kebutuhan peralatan, tenaga kerja, biaya tetap, biaya variabel, harga pokok produksi, titik impas, keuntungan, pemasaran, dan risiko usaha (Anggraeni *et al*., 2019). Analisis teknis dan finansial diperlukan agar teknologi yang dipilih tidak hanya menghasilkan produk bermutu, tetapi juga layak diterapkan dan mampu memberikan keuntungan secara berkelanjutan (Anggraeni *et al*., 2019)

Gambar 1. 1 Ruang Lingkup Pengolahan Hasil Perikanan

1.2 Arti Penting Pengolahan Hasil Perikanan

Kegiatan pengolahan hasil perikanan memiliki arti strategis karena berperan dalam mempertahankan mutu bahan pangan, meningkatkan nilai ekonomi, memperluas akses terhadap sumber zat gizi, menciptakan lapangan kerja,

dan mendukung pemanfaatan sumber daya perikanan secara lebih efisien dan berkelanjutan (Sampels, 2015; Kruijssen *et al*., 2020). **Pertama, dari sudut pandang teknis**, pengolahan merupakan salah satu upaya utama untuk mengatasi sifat hasil perikanan yang sangat mudah mengalami kemunduran mutu setelah ikan ditangkap atau dipanen (Tavares *et al*., 2021). Kandungan air pada daging ikan umumnya berada pada kisaran sekitar 60–80 persen, meskipun nilainya dapat berbeda menurut spesies, umur, musim, habitat, kandungan lemak, dan kondisi fisiologis ikan (Ahmed, 2022). Kandungan air yang tinggi, ketersediaan zat gizi, dan kondisi keasaman daging ikan mendukung pertumbuhan mikroorganisme apabila bahan baku tidak segera ditangani pada kondisi yang sesuai (Tavares *et al*., 2021). Daging ikan juga memiliki jaringan ikat yang relatif longgar dan lunak sehingga lebih mudah mengalami kerusakan fisik serta perubahan tekstur selama penanganan dan penyimpanan (Wu *et al*., 2019). Setelah ikan mati, aktivitas enzim endogen, pertumbuhan mikroorganisme, dan reaksi oksidasi tetap berlangsung serta secara bertahap menyebabkan perubahan bau, warna, rasa, tekstur, dan keamanan produk (Tavares *et al*., 2021). Oleh karena itu, penerapan pendinginan, pembekuan, pengeringan, penggaraman, pengasapan, fermentasi, pemanasan, dan pengemasan diperlukan untuk memperlambat kerusakan dan memperpanjang masa simpan hasil perikanan (Tavares *et al*., 2021; Tsironi *et al*., 2020). Tanpa penanganan dan pengolahan yang tepat, hasil perikanan dapat mengalami kehilangan fisik, penurunan mutu, kehilangan nilai ekonomi, dan penurunan nilai gizi sebelum mencapai konsumen (Kruijssen *et al*., 2020).

Kedua, dari sudut pandang ekonomi, pengolahan dapat meningkatkan nilai guna dan nilai jual hasil perikanan melalui perubahan bentuk, peningkatan masa simpan, perbaikan mutu, peningkatan kepraktisan, dan pengembangan produk yang sesuai dengan kebutuhan pasar

(Sampels, 2015). Ikan yang semula dipasarkan dalam bentuk utuh dapat dikembangkan menjadi fillet segar atau beku, surimi, bakso ikan, nugget, abon, produk kaleng, tepung ikan, minyak ikan, serta berbagai produk siap masak dan siap makan yang memiliki segmen pasar berbeda (Sampels, 2015; Roy *et al*., 2023). Besarnya nilai tambah yang diperoleh tidak selalu sama karena dipengaruhi oleh harga bahan baku, rendemen, skala usaha, biaya tenaga kerja, energi, bahan tambahan, kemasan, penyimpanan, transportasi, dan harga jual produk akhir (Savanguane *et al*., 2023). Pengawetan dan pengolahan juga memperpanjang waktu pemasaran sehingga ikan tidak harus seluruhnya dijual dalam keadaan segar segera setelah didaratkan atau dipanen (Akintola & Fakoya, 2017). Pada saat produksi melimpah, kemampuan menyimpan dan mengolah ikan dapat membantu mengurangi penumpukan pasokan segar, menekan kehilangan hasil, dan mengurangi tekanan penjualan dalam waktu yang sangat singkat, meskipun kestabilan harga tetap dipengaruhi oleh struktur pasar dan posisi tawar pelaku usaha (Akintola & Fakoya, 2017; Kruijssen *et al*., 2020).

Ketiga, dari sudut pandang gizi dan ketahanan pangan, ikan merupakan sumber protein hewani berkualitas tinggi yang menyediakan berbagai asam amino esensial dan relatif mudah dicerna oleh tubuh manusia (Golden *et al*., 2021). Ikan juga dapat menyediakan asam lemak tidak jenuh rantai panjang omega-3, terutama *eicosapentaenoic acid* atau EPA dan *docosahexaenoic acid* atau DHA, meskipun kandungannya berbeda-beda menurut spesies, jenis pakan, habitat, musim, dan kandungan lemak ikan (Nordhagen *et al*., 2020). Selain protein dan asam lemak omega-3, berbagai jenis ikan merupakan sumber vitamin A, vitamin D, vitamin B12, kalsium, yodium, selenium, seng, dan mineral penting lainnya (Nordhagen *et al*., 2020; Golden *et al*., 2021). Kandungan zat gizi pada setiap jenis ikan tidak selalu sama sehingga klaim mengenai kandungan vitamin dan mineral perlu

mempertimbangkan spesies serta bagian ikan yang dikonsumsi (Nordhagen *et al*., 2020). Teknologi pengolahan seperti pengeringan, pembekuan, pengalengan, dan pembuatan produk siap konsumsi memungkinkan ikan disimpan lebih lama dan didistribusikan ke wilayah yang jauh dari pusat produksi (Akintola & Fakoya, 2017). Produk ikan kering bahkan dapat menjadi sumber zat gizi penting bagi rumah tangga yang tinggal jauh dari wilayah pesisir, perairan daratan, atau pusat perkotaan karena produk tersebut lebih tahan disimpan dan mudah diperdagangkan melalui jaringan distribusi yang luas (Robinson *et al*., 2025). Dengan demikian, pengolahan dan distribusi hasil perikanan dapat mendukung dimensi ketersediaan, keterjangkauan, pemanfaatan, dan kestabilan pangan bergizi bagi masyarakat (Akintola & Fakoya, 2017; Robinson *et al*., 2025).

Keempat, dari sudut pandang sosial, kegiatan pengolahan hasil perikanan menciptakan kesempatan kerja pada tahapan penerimaan bahan baku, sortasi, pencucian, penyiangan, pengolahan, pengemasan, penyimpanan, pengangkutan, perdagangan, dan pemasaran produk (Smith & Basurto, 2019). Industri pengolahan skala kecil dan tradisional memiliki peranan penting dalam kehidupan masyarakat pesisir karena dapat dijalankan dengan modal dan teknologi yang relatif beragam serta memanfaatkan bahan baku yang tersedia secara lokal (Akintola & Fakoya, 2017). Perempuan memiliki peranan yang menonjol dalam kegiatan pascapanen, terutama sebagai pengolah, pedagang, pengecer, penyedia jasa, dan pengelola usaha hasil perikanan skala rumah tangga (Smith & Basurto, 2019; Rice *et al*., 2023). Pendapatan dari kegiatan tersebut dapat berkontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan rumah tangga, pendidikan, kesehatan, dan ketahanan pangan keluarga (Rice *et al*., 2023). Namun, keterlibatan perempuan dalam rantai nilai perikanan sering berlangsung dalam kegiatan informal, berupah rendah, atau tidak tercatat sehingga kontribusi ekonominya

berpotensi kurang terlihat dalam statistik resmi dan proses pengambilan keputusan (Smith & Basurto, 2019; Rice *et al*., 2023).

Kelima, dari sudut pandang lingkungan, penerapan teknologi pengolahan yang tepat dapat membantu mengurangi kehilangan dan pemborosan hasil perikanan di sepanjang rantai nilai (Kruijssen *et al*., 2020). Besarnya kehilangan hasil perikanan di negara berpendapatan rendah dan menengah sangat bervariasi menurut jenis komoditas, tahapan rantai pasok, metode pengukuran, kondisi infrastruktur, serta bentuk kehilangan yang dinilai, yaitu kehilangan fisik, mutu, gizi, atau nilai pasar (Kruijssen *et al*., 2020). Oleh karena itu, angka kehilangan hasil tidak sebaiknya digeneralisasi untuk seluruh wilayah atau jenis usaha tanpa didukung hasil pengukuran yang sesuai (Kruijssen *et al*., 2020). Pengurangan kehilangan hasil meningkatkan efisiensi pemanfaatan setiap ikan yang telah ditangkap atau dipanen sehingga kebutuhan pangan dan pendapatan dapat dipenuhi dari proporsi hasil produksi yang lebih besar (Smith & Basurto, 2019; Kruijssen *et al*., 2020). Secara tidak langsung, peningkatan efisiensi tersebut berpotensi mengurangi kebutuhan untuk menambah produksi hanya untuk menggantikan ikan yang rusak atau terbuang, meskipun pengaruhnya terhadap tekanan penangkapan tetap bergantung pada tata kelola dan perilaku pelaku usaha perikanan (Smith & Basurto, 2019; Kruijssen *et al*., 2020). Pemanfaatan kepala, tulang, kulit, sisik, jeroan, potongan daging, dan cangkang sebagai bahan baku tepung ikan, minyak ikan, kolagen, gelatin, hidrolisat protein, kitin, kitosan, pakan, pupuk, dan produk lainnya juga dapat mengurangi jumlah bahan organik yang dibuang ke lingkungan (Roy *et al*., 2023). Dengan demikian, pengolahan hasil perikanan yang menerapkan prinsip efisiensi bahan baku dan pemanfaatan hasil samping dapat mendukung

pendekatan ekonomi sirkular sekaligus menciptakan sumber nilai ekonomi baru (Roy *et al*., 2023)

1.3 Karakteristik Hasil Perikanan sebagai Bahan Baku

Pemilihan teknologi pengolahan yang tepat harus didasarkan pada pemahaman terhadap karakteristik bahan baku. Beberapa sifat khas hasil perikanan yang membedakannya dari komoditas pangan hewani lain disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Karakteristik Hasil Perikanan dan Implikasinya Terhadap Pengolahan

KARAKTERISTIK	KETERANGAN	IMPLIKASI TEKNOLOGI
KADAR AIR TINGGI	Umumnya 70-80% dari bobot daging	Rentan pertumbuhan mikroba; perlu penurunan aktivitas air melalui pengeringan atau penggaraman
KANDUNGAN PROTEIN TINGGI	Sekitar 15-24%, dengan jaringan ikat lemah	Tekstur cepat lunak; penanganan harus hati-hati dan cepat
KANDUNGAN LEMAK TAK JENUH TINGGI	Kaya EPA dan DHA	Sangat mudah teroksidasi menjadi tengik; perlu pengemasan vakum dan antioksidan
PH DAGING MENDEKATI NETRAL	Berkisar 6,2-6,8 setelah rigor	Kondisi ideal bagi pertumbuhan bakteri pembusuk
MENGANDUNG ENZIM AKTIF	Enzim proteolitik dan	Autolisis berlangsung cepat, terutama pada jeroan

KARAKTERISTIK	KETERANGAN	IMPLIKASI TEKNOLOGI
	TMAO-demetilase	
BERSIFAT MUSIMAN DAN MUDAH RUSAK	Produksi berfluktuasi menurut musim	Perlu teknologi penyimpanan dan pengawetan untuk stabilisasi pasokan

Sumber: dirangkum dari berbagai literatur teknologi hasil perikanan

1.4 Kemunduran Mutu Hasil Perikanan

Segera setelah ikan mati, terjadi serangkaian perubahan biokimia, enzimatis, mikrobiologis, dan kimia yang secara bertahap menyebabkan penurunan kesegaran, perubahan tekstur, terbentuknya bau tidak dikehendaki, serta berkurangnya penerimaan konsumen terhadap produk (Tavares *et al*., 2021; Duarte *et al*., 2020). Pemahaman mengenai perubahan pascamati tersebut merupakan dasar dalam menentukan metode penanganan, pengawetan, penyimpanan, dan pengolahan hasil perikanan yang sesuai (Tavares *et al*., 2021).

a) **Fase pre-rigor.** Pada fase ini, jaringan otot ikan masih lentur dan lunak karena persediaan adenosina trifosfat atau ATP di dalam otot belum habis (Daskalova, 2019). ATP memungkinkan ikatan antara aktin dan miosin terlepas sehingga otot masih dapat berada dalam keadaan relaksasi (Daskalova, 2019). Fase pre-rigor merupakan tahap awal setelah kematian ketika ikan masih menunjukkan tingkat kesegaran yang tinggi, tetapi lama fasenya dapat berbeda menurut spesies, ukuran, kondisi fisiologis, tingkat stres sebelum kematian, metode penangkapan, dan suhu penyimpanan (Daskalova, 2019; Delbarre-Ladrat *et al*., 2006).

Pengolahan pada fase pre-rigor dapat memberikan keuntungan tertentu pada produk seperti fillet, meskipun pengaruhnya terhadap mutu akhir juga bergantung pada spesies dan teknik pengolahan yang diterapkan (Daskalova, 2019).

b) **Fase rigor mortis.** Setelah ikan mati, produksi ATP berhenti, sedangkan ATP yang tersisa terus digunakan dalam proses metabolisme dan kontraksi otot (Daskalova, 2019). Ketika konsentrasi ATP menurun, aktin dan miosin membentuk kompleks aktomiosin yang tidak dapat terlepas melalui mekanisme relaksasi normal sehingga otot menjadi memendek, keras, dan kaku (Daskalova, 2019). Kondisi tersebut dikenal sebagai rigor mortis dan merupakan salah satu perubahan biokimia utama yang terjadi pada otot ikan setelah kematian (Delbarre-Ladrat *et al*., 2006). Ikan pada fase rigor masih dapat tergolong segar, tetapi perkembangan rigor dipengaruhi oleh spesies, cadangan glikogen, tingkat stres sebelum kematian, aktivitas otot saat penangkapan, metode pematian, ukuran ikan, dan suhu penyimpanan (Daskalova, 2019). Oleh karena itu, pernyataan bahwa pendinginan selalu memperpanjang fase rigor perlu disampaikan secara hati-hati karena suhu rendah memperlambat banyak reaksi penurunan mutu, tetapi pola timbul dan selesainya rigor juga bergantung pada kondisi biologis dan penanganan ikan (Daskalova, 2019; Duarte *et al*., 2020).

c) **Fase autolisis.** Autolisis merupakan penguraian jaringan ikan oleh enzim endogen yang secara alami terdapat di dalam otot dan organ tubuh ikan (Ahmed *et al*., 2015). Enzim proteolitik, terutama kelompok kalpain dan katepsin, dapat menguraikan protein miofibril serta protein struktural yang mempertahankan susunan jaringan otot (Ahmed *et al*., 2015; Delbarre-Ladrat *et al*., 2006). Aktivitas tersebut menyebabkan melemahnya struktur miofibril, berkurangnya daya ikat jaringan,

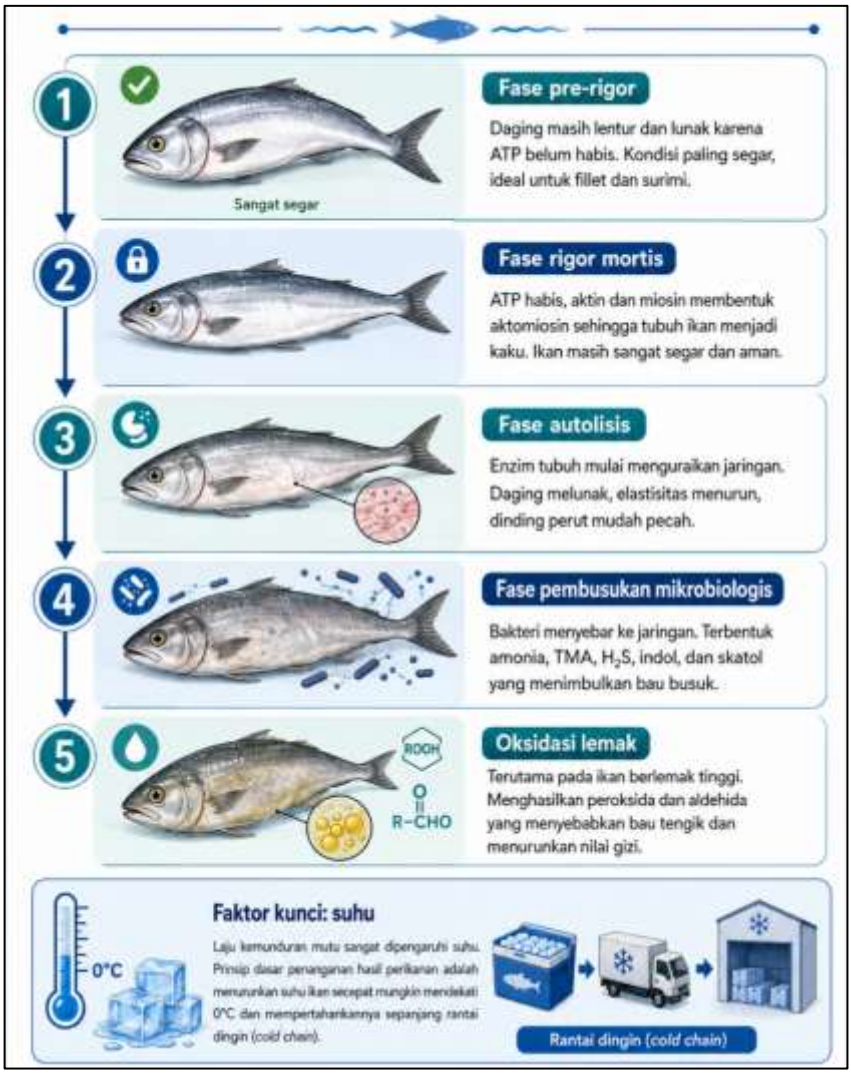
menurunnya elastisitas, dan meningkatnya pelunakan daging selama penyimpanan pascamati (Ahmed *et al*., 2015). Enzim yang berasal dari saluran pencernaan juga dapat mempercepat kerusakan dinding perut, terutama pada ikan yang tidak segera disiangi atau disimpan pada suhu yang tidak sesuai (Tavares *et al*., 2021).

d) **Fase pembusukan mikrobiologis**. Mikroorganisme pada ikan segar terutama ditemukan pada permukaan kulit, lendir, insang, dan saluran pencernaan, sedangkan jaringan otot ikan sehat pada awalnya relatif bebas dari mikroorganisme (Gram & Huss, 1996). Selama penyimpanan, sebagian mikroorganisme yang mampu tumbuh pada kondisi produk akan berkembang menjadi organisme pembusuk spesifik atau specific spoilage organisms (Gram & Huss, 1996). Aktivitas metabolisme mikroorganisme tersebut menguraikan asam amino, nukleotida, trimetilamina oksida, dan berbagai senyawa nitrogen menjadi metabolit yang menimbulkan perubahan bau dan rasa (Gram & Huss, 1996). Senyawa hasil pembusukan dapat berupa trimetilamina atau TMA, amonia, hidrogen sulfida, senyawa sulfur, keton, aldehida, ester, serta berbagai senyawa volatil lainnya, bergantung pada jenis ikan dan kondisi penyimpanan (Gram & Huss, 1996; Tavares *et al*., 2021).

e) **Oksidasi lemak**. Oksidasi lemak dapat berlangsung bersamaan dengan proses enzimatis dan mikrobiologis, terutama pada ikan yang mengandung asam lemak tidak jenuh dalam jumlah tinggi (Secci & Parisi, 2016). Pada tahap awal, oksidasi menghasilkan hidroperoksida sebagai produk oksidasi primer yang selanjutnya terurai menjadi aldehida, keton, alkohol, dan berbagai senyawa oksidasi sekunder (Secci & Parisi, 2016). Senyawa tersebut dapat menyebabkan bau dan rasa tengik, perubahan warna, penurunan penerimaan sensori, serta kerusakan sebagian komponen gizi produk ikan (Secci & Parisi, 2016). Kecepatan oksidasi dipengaruhi oleh

komposisi lemak, oksigen, suhu, cahaya, ion logam, aktivitas enzim, metode pengolahan, dan lama penyimpanan (Secci & Parisi, 2016).

Laju perubahan enzimatis, mikrobiologis, dan oksidatif sangat dipengaruhi oleh suhu penyimpanan (Duarte *et al*., 2020). Kenaikan suhu selama penanganan dan distribusi mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi penurunan mutu sehingga dapat memperpendek umur simpan ikan secara nyata (Lorentzen *et al*., 2020). Oleh karena itu, ikan segar perlu didinginkan secepat mungkin mendekati suhu leleh es dan dipertahankan pada suhu rendah secara konsisten sejak penangkapan atau pemanenan hingga diterima konsumen (Duarte *et al*., 2020). Pengendalian suhu yang berkesinambungan tersebut merupakan bagian utama dari penerapan rantai dingin atau cold chain pada hasil perikanan (Lorentzen *et al*., 2020) Laju seluruh proses tersebut sangat dipengaruhi oleh suhu. Karena itu, prinsip paling mendasar dalam penanganan hasil perikanan adalah menurunkan suhu ikan secepat mungkin mendekati 0 derajat Celsius dan mempertahankannya secara konsisten di sepanjang rantai distribusi. Prinsip ini dikenal sebagai rantai dingin (cold chain).



Gambar 1. 2 Tahapan Kemunduran Hasil Perikanan

1.5 Klasifikasi Teknologi Pengolahan

Berbagai metode pengolahan dan pengawetan hasil perikanan pada dasarnya bekerja melalui satu atau kombinasi dari beberapa prinsip: menghambat aktivitas mikroba dan enzim, mematikan mikroba, menurunkan ketersediaan air, mengubah pH, atau membatasi kontak dengan oksigen. Ringkasan klasifikasinya disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Klasifikasi Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan

KELOMPOK	PRINSIP KERJA	CONTOH PRODUK
SUHU RENDAH	Menghambat aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba	Ikan segar berpendingin, fillet beku, udang beku, tuna beku
SUHU TINGGI	Mematikan mikroba dan menginaktivasi enzim	Ikan kaleng, ikan pindang, produk pasteurisasi
PENURUNAN KADAR AIR	Menurunkan aktivitas air sehingga mikroba tidak dapat tumbuh	Ikan asin, ikan kering, dendeng ikan, tepung ikan
PENGASAPAN	Kombinasi pengeringan, pemanasan, dan senyawa antimikroba asap	Ikan asap panas, ikan asap dingin, ikan kayu (katsuobushi)
FERMENTASI	Menurunkan pH dan menghasilkan senyawa antimikroba	Terasi, kecap ikan, bekasam, peda, cincalok

KELOMPOK	PRINSIP KERJA	CONTOH PRODUK
PENGOLAHAN LANJUT	Restrukturisasi dan diversifikasi bahan	Surimi, bakso ikan, sosis, nugget, otak-otak, abon
EKSTRAKSI	Pemisahan komponen bernilai tinggi	Minyak ikan, gelatin, kolagen, kitosan, hidrolisat protein
NON-TERMAL	Inaktivasi mikroba tanpa panas	Produk iradiasi, high pressure processing, ozonasi

Sumber: dirangkum dari berbagai literatur teknologi hasil perikanan

Berdasarkan tingkat penerapan, peralatan, dan pengendalian prosesnya, teknologi pengolahan hasil perikanan secara umum dapat dibedakan menjadi teknologi tradisional dan teknologi modern, meskipun dalam praktiknya terdapat berbagai bentuk teknologi peralihan di antara kedua kelompok tersebut (Belton *et al*., 2022; Sampels, 2015). Teknologi pengolahan tradisional, seperti penggaraman, pengeringan dengan sinar matahari, pengasapan menggunakan tungku sederhana, pemindangan, dan fermentasi, masih banyak diterapkan oleh unit pengolahan ikan skala rumah tangga dan usaha kecil di berbagai wilayah Indonesia (Indrastuti *et al*., 2019; Junianto & Santika, 2022). Penerapan metode tradisional umumnya didukung oleh kebutuhan modal yang relatif rendah, penggunaan peralatan sederhana, kemudahan memperoleh bahan bakar atau bahan tambahan, serta kesesuaiannya dengan kebiasaan dan preferensi cita rasa masyarakat setempat (Belton *et al*., 2022).

Produk perikanan tradisional juga mempunyai nilai sosial dan budaya karena teknik pengolahannya sering diwariskan secara turun-temurun serta menjadi bagian dari identitas kuliner masyarakat di suatu daerah (Junianto & Santika, 2022; Wargadalem *et al*., 2023). Namun, proses yang dilakukan tanpa pengendalian suhu, waktu, konsentrasi bahan, kebersihan, dan kondisi lingkungan yang memadai dapat menghasilkan produk dengan mutu fisik, kimia, mikrobiologis, dan sensori yang kurang seragam (Indrastuti *et al*., 2019; Hasanah *et al*., 2023).

Pengeringan secara terbuka juga sangat dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari, kelembapan, curah hujan, dan kondisi lingkungan serta dapat meningkatkan risiko kontaminasi oleh debu, serangga, hewan, dan mikroorganisme apabila tidak disertai perlindungan yang memadai (Daeng *et al*., 2016; Fitri *et al*., 2022). Pada pengasapan tradisional, penggunaan tungku terbuka dan pembakaran langsung dapat menyebabkan suhu serta kepadatan asap sulit dikendalikan, sehingga tingkat kematangan, warna, kadar air, cita rasa, dan keamanan produk dapat berbeda antarproses produksi (Asamoah *et al*., 2021; Geraldo *et al*., 2024). Sebaliknya, teknologi pengolahan modern menggunakan peralatan dan kondisi proses yang lebih terkendali, seperti alat pengering mekanis, ruang pengasapan, mesin pembeku, alat pengemas vakum, sensor suhu, serta sistem manajemen mutu dan keamanan pangan (Sampels, 2015; Bremanti *et al*., 2018).

Pengendalian parameter proses tersebut dapat meningkatkan keseragaman mutu, efisiensi produksi, kapasitas pengolahan, ketertelusuran, dan kemampuan usaha dalam memenuhi persyaratan keamanan pangan serta kebutuhan pasar yang lebih luas (Bremanti *et al*., 2018; Geraldo *et al*., 2024).

Meskipun demikian, penerapan teknologi modern biasanya membutuhkan investasi peralatan dan bangunan yang lebih besar, ketersediaan energi dan air yang memadai, pemeliharaan mesin, akses terhadap pembiayaan, serta tenaga kerja yang memiliki pengetahuan dan keterampilan teknis yang sesuai (Hasanah *et al*., 2023). Keterbatasan modal, kompetensi sumber daya manusia, akses teknologi, manajemen usaha, dan infrastruktur menyebabkan penerapan teknologi modern pada unit pengolahan ikan skala mikro, kecil, dan menengah tidak selalu dapat dilakukan secara cepat dan menyeluruh (Hasanah *et al*., 2023).

Oleh karena itu, pengembangan teknologi pengolahan hasil perikanan tidak harus diarahkan untuk menghilangkan seluruh metode tradisional, tetapi dapat dilakukan melalui peningkatan atau modifikasi teknologi yang telah digunakan agar lebih higienis, efisien, aman, dan konsisten tanpa menghilangkan karakteristik khas produknya (Daeng *et al*., 2016; Bremanti *et al*., 2018).

Perbaikan tersebut dapat berupa penggunaan rak pengering tertutup, alat pengering tenaga surya, tungku pengasapan tidak langsung, alat pengendali suhu, wadah berbahan pangan, sumber air bersih, kemasan yang lebih baik, serta penerapan prosedur sanitasi dan higiene yang sederhana tetapi terukur (Daeng *et al*., 2016; Hasanah *et al*., 2023).

Pendekatan teknologi tepat guna tersebut memungkinkan pelaku usaha mempertahankan cita rasa dan identitas produk tradisional sekaligus meningkatkan mutu, keamanan pangan, produktivitas, masa simpan, dan daya saing produk hasil perikanan (Bremanti *et al*., 2018; Indrastuti *et al*., 2019).

1.6 Tantangan dan Prospek Pengembangan

Meskipun potensinya besar, pengembangan industri pengolahan hasil perikanan di Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan.

- **Mutu bahan baku yang belum konsisten.** Penanganan di atas kapal dan di tempat pendaratan ikan sering belum menerapkan rantai dingin secara disiplin, sehingga bahan baku sudah mengalami penurunan mutu sebelum masuk ke unit pengolahan.
- **Keterbatasan infrastruktur rantai dingin.** Ketersediaan pabrik es, cold storage, dan sarana angkut berpendingin belum merata, terutama di wilayah timur Indonesia dan pulau-pulau kecil.
- **Dominasi produk primer.** Sebagian besar ekspor masih berupa produk beku dengan tingkat pengolahan rendah, sehingga nilai tambah lebih banyak dinikmati negara pengimpor.
- **Persyaratan pasar yang semakin ketat.** Negara tujuan ekspor menuntut penerapan HACCP, ketertelusuran, sertifikasi keberlanjutan, dan bukti bahwa produk tidak berasal dari kegiatan penangkapan ikan ilegal.
- **Keterbatasan kapasitas pelaku usaha kecil.** Akses terhadap permodalan, teknologi, informasi pasar, dan pendampingan teknis masih terbatas.

Di sisi lain, prospek pengembangan sektor ini sangat terbuka. Peningkatan kesadaran masyarakat dunia terhadap pangan sehat mendorong permintaan produk perikanan, khususnya yang kaya omega-3. Tren produk siap saji dan siap masak membuka peluang bagi diversifikasi olahan. Perkembangan bioteknologi memungkinkan pemanfaatan hasil samping menjadi produk bernilai tinggi seperti kolagen, kitosan, gelatin, dan peptida bioaktif. Digitalisasi pemasaran juga memperpendek rantai distribusi dan memperluas jangkauan pasar bagi pelaku usaha kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, I., Jan, K., Fatma, S., & Dawood, M. A. O. (2022). Muscle proximate composition of various food fish species and their nutritional significance: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 106*(3), 690–719. 10.1111/jpn.13711

Akintola, S. L., & Fakoya, K. A. (2017). Small-scale fisheries in the context of traditional post-harvest practice and the quest for food and nutritional security in Nigeria. *Agriculture & Food Security, 6*, Article 34. https://link.springer.com/article/10.1186/s40066-017-0110-z?utm_source=chatgpt.com

Ali, A., Wei, S., Ali, A., Khan, I., Sun, Q., Xia, Q., Wang, Z., Han, Z., Liu, Y., & Liu, S. (2022). Research progress on nutritional value, preservation and processing of fish—A review. *Foods, 11*(22), Article 3669. https://doi.org/10.3390/foods11223669

Anggraeni, D., Nurjanah, Asmara, D. A., & Hidayat, T. (2019). Feasibility study of the small and medium-sized enterprises fisheries processing unit and their mackerel tuna pindang product in Banyuwangi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 22*(1), 14–23. https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.25870

Asamoah, E. K., Nunoo, F. K. E., Addo, S., Nyarko, J. O., & Hyldig, G. (2021). Polycyclic aromatic hydrocarbons in fish smoked using traditional and improved kilns: Levels and human health risk implications through dietary exposure in Ghana. *Food Control, 121*, Article 107576. https://pure.ug.edu.gh/en/publications/polycyclic-aromatic-hydrocarbons-pahs-in-fish-smoked-using-tradit-3/?utm_source=chatgpt.com

Belton, B., Johnson, D. S., Thrift, E., Olsen, J., Hossain, M. A. R., & Thilsted, S. H. (2022). Dried fish at the intersection of food science, economy, and culture: A global survey. *Fish and Fisheries, 23*(4), 941–962. https://hdl.handle.net/20.500.12348/5177

Bremanti, L., Hubeis, M., & Palupi, N. S. (2018). Kajian tingkat penerapan manajemen mutu pada UMKM pengolah ikan pindang tradisional dan higienis di Kabupaten Bogor. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah, 13*(2), 159–166. https://doi.org/10.29244/mikm.13.2.159-166

Cortés-Sánchez, A. D. J., Díaz-Ramírez, M., Torres-Ochoa, E., Espinosa-Chaurand, L. D., Rayas-Amor, A. A., Cruz-Monterrosa, R. G., Aguilar-Toalá, J. E., & Salgado-Cruz, M. de la P. (2024). Processing, quality and elemental safety of fish. *Applied Sciences, 14*(7), Article 2903. https://doi.org/10.3390/app14072903

Daeng, R. A., Onibala, H., & Agustin, A. T. (2016). The use of fish dryer to improve the quality of dry salted anchovy (*Stolephorus heterolobus*) during storage. *Aquatic Science & Management, 4*(2), 41–46. https://doi.org/10.35800/jasm.4.2.2016.14448

Fitri, N., Chan, S. X. Y., Che Lah, N. H., Jam, F. A., Misnan, N. M., Kamal, N., Sarian, M. N., Mohd Lazaldin, M. A., Low, C. F., Hamezah, H. S., Rohani, E. R., Mediani, A., & Abas, F. (2022). A comprehensive review on the processing of dried fish and the associated chemical and nutritional changes. *Foods, 11*(19), Article 2938. https://doi.org/10.3390/foods11192938

Geraldo, V., Ampofo-Asiama, J., Adinortey, C. A., Okyere, I., Tulashie, S. K., Nuer, A. T. K., Nkansah, S. B., Omega, S., Seidu-Larry, S., & Kizzie-Hayford, N. (2024). Implementation of good manufacturing practices (GMP) to improve the quality of smoked fish (*Scomber colias*). *Heliyon, 10*, Article e27401. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27401

Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C. M., Viana, D. F., Matthey, H., Eurich, J. G., Gephart, J. A., Fluet-Chouinard, E., Nyboer, E. A., Lynch, A. J., Kjellevold, M., Bromage, S., Charlebois, P., Barange, M., Vannuccini, S., Cao, L., Kleisner, K. M., . . . Thilsted, S. H. (2021). Aquatic foods to nourish nations. *Nature, 598*(7880), 315–320. https://www.nature.com/articles/s41586-021-03917-1

Hasanah, U., Khairi, I., Akbardiansyah, Ukhty, N., Rozi, A., & Insani, S. A. (2023). Kelayakan dasar UMKM pengolahan ikan di Kecamatan Pulau Banyak, Aceh Singkil. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 26*(3), 485–496. https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i3.46013

Ideia, P., Pinto, J., Ferreira, R., Figueiredo, L., Spínola, V., & Castilho, P. C. (2020). Fish processing industry residues: A review of valuable products extraction and characterization methods. *Waste and Biomass Valorization, 11*(7), 3223–3246. https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-019-00739

Indrastuti, N. A., Wulandari, N., & Palupi, N. S. (2019). Profile of salted fish processing in Pengolahan Hasil Perikanan Tradisional (PHPT) Muara Angke. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 22*(2), 218–228. https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i2.27363

Jahncke, M. L. (2016). Seafood processing and safety. *Foods, 5*(2), Article 34. https://doi.org/10.3390/foods5020034

Junianto, & Santika, R. M. (2022). Variety of traditional fish processing in Indonesia. *Internasional Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education, 8*(4), 2336–2344. https://ijariie.com/manuscript/18038?srsltid=AfmBOopnCR2ugNvzixUXT9LeWKFEPTefy8HAQXi2GJBnrg201b9ww_Qk&utm

Kontominas, M. G., Badeka, A. V., Kosma, I. S., & Nathanailides, C. I. (2021). Recent developments in seafood packaging technologies. *Foods, 10*(5), Article 940. https://doi.org/10.3390/foods10050940

Kruijssen, F., Tedesco, I., Ward, A., Pincus, L., Love, D., & Thorne-Lyman, A. L. (2020). Loss and waste in fish value chains: A review of the evidence from low- and middle-income countries. *Global Food Security, 26*, Article 100434. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100434

Kurek, M., Pišonić, P., Ščetar, M., Janči, T., Čanak, I., Vidaček Filipec, S., Benbettaieb, N., Debeaufort, F., & Galić, K. (2025). Edible coatings for fish preservation: Literature data on storage temperature, product requirements, antioxidant activity, and coating performance—A review. *Antioxidants, 13*(11), Article 1417. https://doi.org/10.3390/antiox13111417

Masrifah, E., Noorachmat, B. P., & Sukmawati, A. (2015). Kesesuaian penerapan manajemen mutu ikan pindang bandeng (*Chanos chanos*) terhadap Standar Nasional Indonesia. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah, 10*(2), 163–172. https://doi.org/10.29244/MIKM.10.2.163-172

Nordhagen, A., Rizwan, A. A. M., Aakre, I., Reksten, A. M., Pincus, L. M., Bøkevoll, A., Mamun, A., Thilsted, S. H., Htut, T., Somasundaram, T., & Kjellevold, M. (2020). Nutrient composition of demersal, pelagic, and mesopelagic fish species sampled off the coast of Bangladesh and their potential contribution to food and nutrition security—The EAF-Nansen Programme. *Foods, 9*(6), Article 730. https://doi.org/10.3390/foods9060730

Pinto de Rezende, L., Barbosa, J., & Teixeira, P. (2022). Analysis of alternative shelf life-extending protocols and their effect on the preservation of seafood products. *Foods, 11*(8), Article 1100. https://doi.org/10.3390/foods11081100

Rice, E. D., Bennett, A. E., Muhonda, P., Katengeza, S. P., Kawaye, P., Liverpool-Tasie, L. S. O., Infante, D. M., & Tschirley, D. L. (2023). Connecting gender norms and economic performance reveals gendered inequities in Malawian small-scale fish trade. *Maritime Studies, 22*, Article 46. https://link.springer.com/article/10.1007/s40152-023-00337-x?utm

Robinson, J. P. W., O'Meara, L., Fiorella, K. J., Byrd, K. A., Kjellevold, M., Ansong, R. S., Aura, C. M., Mwirigi, N., Allegretti, A., Karkarey, R., Lamont, T. A. C., Maire, E., Martin, S. M., Omukoto, J. O., Standen, S., Gephart, J. A., Graham, N. A. J., Thilsted, S. H., & Hicks, C. C. (2025). Dried fish provide widespread access to critical nutrients across Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 122*(39), Article e2426844122. https://research.lancaster-university.uk/en/publications/dried-fish-provide-widespread-access-to-critical-nutrients-across/

Roy, V. C., Islam, M. R., Sadia, S., Yeasmin, M., Park, J.-S., Lee, H.-J., & Chun, B.-S. (2023). Trash to treasure: An up-to-date understanding of the valorization of seafood by-products, targeting the major bioactive compounds. *Marine Drugs, 21*(9), Article 485. https://doi.org/10.3390/md21090485

Sampels, S. (2015). The effects of processing technologies and preparation on the final quality of fish products. *Trends in Food Science & Technology, 44*(2), 131–146. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.003

Savanguane, B. C. V., Kaunda, E., Dzanja, J., Valeta, J., & Bofana, J. (2023). Viability analysis of value-added *Engraulicypris sardella* obtained using parboiling and sun-drying processing methods in Nkhotakota District, Malawi. *Sustainability, 15*(6), Article 5559. https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v15y2023i6p5559-d1103855

Smith, H., & Basurto, X. (2019). Defining small-scale fisheries and examining the role of science in shaping perceptions of who and what counts: A systematic review. *Frontiers in Marine Science, 6*, Article 236. https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2019.00236

Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., Silva, A. M., & Saraiva, J. A. (2021). Fresh fish degradation and advances in preservation using physical emerging technologies. *Foods, 10*(4), Article 780. https://doi.org/10.3390/foods10040780

Tsironi, T., Houhoula, D., & Taoukis, P. S. (2020). Hurdle technology for fish preservation. *Aquaculture and Fisheries, 5*(2), 65–7. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.02.001

Wang, C.-H., Doan, C. T., Nguyen, V. B., Nguyen, A. D., & Wang, S.-L. (2019). Reclamation of fishery processing waste: A mini-review. *Molecules, 24*(12), Article 2234. https://doi.org/10.3390/molecules24122234

Wargadalem, F. R., Wasino, & Yulifar, L. (2023). Pempek Palembang: History, food-making tradition, and ethnic identity. *Journal of Ethnic Foods, 10*, Article 45. https://link.springer.com/article/10.1186/s42779-023-00209-z

Wibowo, R. B. T. J., Marimin, Machfud, Anggraeni, E., & Taryono. (2024). Sustainable cold supply chain management of tuna agroindustry: A literature review and future research. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 27*(9), 847–871. https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i9.54575

Wu, L., Pu, H., & Sun, D.-W. (2019). Novel techniques for evaluating freshness quality attributes of fish: A review of recent developments. *Trends in Food Science & Technology, 83*, 259–273. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.002

Yadav, M., Goswami, P., Paritosh, K., Kumar, M., Pareek, N., & Vivekanand, V. (2019). Seafood waste: A source for preparation of commercially employable chitin/chitosan materials. *Bioresources and Bioprocessing, 6*, Article 8. https://link.springer.com/article/10.1186/s40643-019-0243-y

Zhang, J., Ding, T., Ahn, J., Zhang, Z., & Liao, X. (2025). Tracing microbial hazards in the aquatic supply chain: Challenges, technologies, and future directions. *Frontiers in Nutrition, 12*, Article 1673037. https://www.frontiersin.org/journals/nutrition/articles/10.3389/fnut.2025.1673037n

BAB 2

KARAKTERISTIK IKAN DAN PRODUK PERIKANAN

Oleh Agus Kurniawan B

Ikan menempati posisi khas dalam khazanah pangan hewani karena karakteristik biologisnya berbeda secara mendasar dari ternak darat, sehingga menuntut pendekatan penanganan dan pengolahan yang juga berbeda (Huss, 1995). Sifat mudah rusak (*highly perishable*) yang melekat pada ikan bukan kebetulan, melainkan konsekuensi langsung dari struktur otot, kandungan air, dan aktivitas enzimatis yang khas pada organisme akuatik.

Bab ini menguraikan karakteristik ikan sebagai bahan baku serta karakteristik produk perikanan sebagai hasil transformasinya, sebuah pemahaman yang menjadi fondasi bagi pengembangan teknologi pengolahan hasil perikanan. Signifikansi kajian ini semakin nyata mengingat produksi perikanan tangkap nasional pada semester pertama 2024 telah mencapai 3,34 juta ton (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2024), sementara produksi perikanan dan akuakultur dunia mencapai 223,2 juta ton pada 2022, dengan Indonesia sebagai salah satu produsen akuakultur terbesar dunia (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024).

2.1 Karakteristik Ikan

Karakteristik ikan sebagai bahan baku ditentukan oleh interaksi kompleks antara faktor biologis intrinsik dan kondisi lingkungan tempat ikan hidup dan ditangkap. Subbab ini menguraikan karakteristik tersebut secara sistematis, dimulai dari klasifikasi habitat hingga parameter mutu yang telah dibakukan secara nasional.

2.1.1 Klasifikasi Ikan Berdasarkan Habitat dan Perilaku

Secara umum, ikan diklasifikasikan berdasarkan habitat (air tawar, payau, dan laut), pola hidup (pelagis dan demersal), serta kandungan lemak (rendah, sedang, dan tinggi) (Muchtadi, t.t.). Ikan pelagis hidup dan bergerombol di kolom air permukaan dengan metabolisme tinggi, sedangkan ikan demersal hidup relatif tenang di dasar perairan. Inventarisasi hasil tangkapan di Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Kijang, Kepulauan Riau, mendokumentasikan tujuh jenis ikan demersal antara lain ekor kuning, kurisi, dan pari serta tujuh jenis ikan pelagis seperti selar kuning, tongkol, dan kembung, dengan kisaran harga pasar Rp18.000 hingga Rp55.000 per kilogram bergantung spesies dan kesegarannya (Lubis, Sinaga, & Susiana, 2021).

Perbedaan pola hidup ini berimplikasi langsung pada karakteristik pascapanen: ikan pelagis kecil cenderung mengalami kemunduran mutu lebih cepat akibat stres tangkap dan metabolisme tinggi, sementara ikan demersal relatif lebih toleran terhadap rantai distribusi yang panjang.

2.1.2 Morfologi dan Anatomi sebagai Penciri Mutu

Tubuh ikan tersusun atas tiga region utama kepala, badan, dan ekor dengan kerangka yang terdiri atas sistem aksial, sistem viseral, dan sistem apendikular,

serta kulit yang tersusun atas epidermis dan dermis (Muchtadi, t.t.). Otot ikan tersusun dari blok-blok pendek (miotom) yang dipisahkan oleh lembaran tipis jaringan ikat (miosepta) berkolagen rendah, berbeda dari otot mamalia darat yang memiliki jaringan ikat lebih tebal untuk menopang berat tubuh melawan gravitasi. Setidaknya tiga ciri morfologis berikut menjadi penciri mutu yang lazim diamati secara visual, yaitu:

1. Kilau permukaan tubuh (*iridescence*), dihasilkan oleh susunan kristal guanin pada sel iridofor, yang memudar seiring kemunduran mutu.
2. Bentuk dan posisi sirip, yang mencerminkan proporsi serat otot merah dan putih serta memengaruhi kecepatan onset rigor mortis.
3. Kondisi insang, sebagai permukaan yang bersentuhan langsung dengan mikroba lingkungan perairan dan titik kontaminasi pascapanen pertama.

2.1.3 Komposisi Kimia Ikan dan Ilustrasi Empirisnya pada Produk Olahan

Komposisi kimia daging ikan bervariasi luas antarspesies. Andhikawati, Junianto, Permana, dan Oktavia (2021) melaporkan kandungan protein 10–20 gram per 100 gram daging dengan profil asam amino esensial lengkap, sementara modul Muchtadi (t.t.) mencatat rentang lebih lebar yakni protein 15–24%, lemak 0,1–22%, dan air 66–84%. Perbedaan rentang antarsumber ini mencerminkan variasi spesies, musim, dan metode analisis proksimat yang digunakan, sehingga komposisi kimia ikan sebaiknya dibaca sebagai rentang kontekstual, bukan konstanta tunggal.

Variasi komposisi kimia antarspesies ini tampak jelas ketika ikan diolah menjadi produk turunan seperti surimi, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian Syamsir, Naiu, dan Yusuf (2022) terhadap empat spesies ikan perairan Gorontalo berikut.

Tabel 2. 1 Karakteristik Mutu Surimi dari Berbagai Spesies Ikan sebagai Ilustrasi Variasi Komposisi Kimia Antarspesies

No	Spesies Ikan	Kadar Air (%)	pH	Protein Terlarut Garam (%)	Keterangan Utama
1	Kurisi	81,0	7,47	45,53	Kadar air & protein tertinggi
2	Belanak	79,3	–	42,06	Derajat putih tertinggi (54,60%)
3	Nila	76,9	–	41,14	–
4	Bentong	75,8	6,38	40,79	Derajat putih terendah (50,03%)

Sumber: Syamsir, Naiu, & Yusuf (2022)

Gambar 2. 1 Jendela Metamorfik Kesegaran Ikan Pascamortem

(Sumber: Olahan penulis, 2026, disintesis dari Huss, 1995 ilustrasi konseptual, bukan data terukur)

2.1.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Komposisi Kimia Ikan

Komposisi gizi ikan dipengaruhi oleh spesies, jenis kelamin, usia, fase reproduksi, habitat, kualitas air, dan ketersediaan pakan (Andhikawati, Junianto, Permana, & Oktavia, 2021). Fase reproduksi khususnya berpengaruh signifikan: penelitian Tarigan, Bakti, dan Desrita (2017) terhadap ikan selar kuning (Selaroides leptolepis) di Selat Malaka menunjukkan Indeks Kematangan Gonad pada ikan betina berkisar 0,777–11,229%, jauh lebih tinggi dibanding ikan jantan (0,133–10,000%), dengan puncak pada bulan April. Selama fase pematangan gonad, ikan mengalokasikan sebagian cadangan energi dan lipid otot untuk perkembangan telur atau sperma, sehingga rendemen daging dan kandungan lemak cenderung menurun pada puncak musim pemijahan.

2.1.5 Karakteristik Fisiologis dan Sensori: Fondasi SNI 2729:2013

Sebagai hewan poikilotermik, suhu tubuh ikan mengikuti suhu lingkungan, sehingga enzim-enzimnya tetap aktif pascamati meski pada suhu dingin hanya melambat, tidak berhenti total (Huss, 1995). Karakteristik ini menjadikan ikan tropis, termasuk mayoritas hasil tangkapan Indonesia, mengalami kemunduran mutu lebih cepat dibanding ikan perairan dingin. Untuk menstandardisasi penilaian kesegaran, Badan Standardisasi Nasional menerbitkan SNI 2729:2013 tentang Ikan Segar, yang menggunakan skala organoleptik 1 hingga 9 dengan ambang minimum skor 7, menilai enam parameter: kenampakan mata, insang, lendir permukaan, daging, aroma, dan tekstur (Untari, Wibowo, & Pamungkas, 2023). Studi yang sama mencatat pH 6–7 sebagai kategori sangat baik, di bawah 6 kategori baik, dan di atas 7 mengindikasikan penurunan mutu.

Kelima karakteristik ikan di atas klasifikasi habitat, morfologi, komposisi kimia, faktor reproduksi, dan fisiologi menjadi dasar bagi setiap keputusan teknologi pengolahan yang dibahas pada subbab berikutnya.

2.1.6 Sistem Sensori Ikan dan Fondasi Neurosains Penciuman

Selain karakteristik anatomis dan biokimiawi yang telah diuraikan, ikan memiliki sistem sensori olfaktori yang secara evolusioner tergolong kuno dan sangat sensitif, mampu mendeteksi senyawa kimia dalam konsentrasi sangat rendah di lingkungan perairan (Korsching, 2001). Sistem ini bekerja melalui reseptor olfaktori yang memproyeksikan sinyal ke bulbus olfaktorius, sebuah arsitektur neural yang memiliki

kemiripan struktural mendasar dengan sistem olfaktori manusia meskipun berevolusi secara terpisah selama ratusan juta tahun.

Relevansi neurosains ini tidak berhenti pada biologi ikan semata. Penilaian organoleptik yang menjadi dasar SNI 2729:2013 pada dasarnya adalah pemanfaatan sistem olfaktori dan visual manusia untuk membaca residu biokimiawi dari sistem metabolik ikan yang telah berhenti. Cara mematikan ikan turut memengaruhi laju perubahan yang kemudian dideteksi oleh indra manusia tersebut: penelitian Masengi, Sary, dan Sipahutar (2021) terhadap filet ikan nila merah menunjukkan bahwa metode penusukan (*stabbing*) pada kondisi pre-rigor menghasilkan penurunan mutu yang lebih lambat dibandingkan metode yang membiarkan ikan meronta, sebagaimana tercermin pada nilai pH dan Total Volatile Base selama enam hari penyimpanan dingin.

2.1.7 Variasi Musiman, Kondisi Tropis, dan Implikasi Enzimatis

Sebagai hewan poikilotermik, ikan yang hidup di perairan tropis Indonesia dengan suhu berkisar 27–30°C memiliki enzim yang berevolusi untuk bekerja optimal pada suhu hangat tersebut (Huss, 1995). Konsekuensinya, penurunan suhu pascapanen tidak menghentikan aktivitas enzimatis secara total, melainkan hanya memperlambatnya, sehingga ikan tropis pada umumnya mengalami kemunduran mutu lebih cepat dibandingkan ikan dari perairan dingin. Kondisi ini menjadikan standar penanganan yang diadopsi dari literatur negara beriklim dingin tidak dapat diterapkan tanpa penyesuaian pada konteks perikanan tropis.

Dalam skala global, laporan The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA) 2024 mencatat bahwa akuakultur untuk pertama kalinya melampaui perikanan tangkap sebagai penghasil utama hewan akuatik dunia, dengan Indonesia sebagai salah satu dari sepuluh produsen akuakultur terbesar (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024). Pergeseran ini berimplikasi langsung terhadap karakteristik bahan baku yang dihadapi industri pengolahan hasil perikanan nasional: ikan budidaya umumnya mengalami stres tangkap yang lebih terkendali dibandingkan ikan tangkapan liar, sehingga cadangan glikogen ototnya relatif lebih stabil pada saat kematian.

2.1.8 Klasifikasi Kandungan Lemak dan Signifikansi Gizi Asam Lemak Omega-3

Andhikawati, Junianto, Permana, dan Oktavia (2021) mengklasifikasikan ikan berdasarkan kandungan lemaknya ke dalam tiga kelompok: rendah lemak (kurang dari 5%), lemak sedang (5–15%), dan lemak tinggi (lebih dari 15%). Klasifikasi ini bukan sekadar kategori deskriptif, melainkan penentu langsung terhadap jalur pengolahan yang sesuai ikan berlemak tinggi lebih rentan terhadap oksidasi selama penyimpanan beku jangka panjang, sementara ikan rendah lemak lebih sesuai untuk produk kering dan asin yang mengandalkan stabilitas jangka panjang pada suhu ruang.

Kandungan asam lemak omega-3 rantai panjang EPA (asam eikosapentaenoat) dan DHA (asam dokosaheksaenoat) jauh lebih dominan pada ikan laut dibandingkan ikan air tawar (Andhikawati dkk., 2021). Ikan berdaging merah, yang umumnya juga berlemak lebih tinggi, cenderung mengandung kedua asam lemak

ini dalam konsentrasi lebih besar dibandingkan ikan berdaging putih. Signifikansi gizi EPA dan DHA bagi kesehatan kardiovaskular manusia menjadikan karakteristik lemak ikan sebagai salah satu argumen utama dalam promosi konsumsi ikan sebagai sumber pangan hewani unggulan.

2.1.9 Kandungan Vitamin, Mineral, dan Peran Ikan dalam Ketahanan Pangan

Selain protein dan lemak, ikan mengandung vitamin larut lemak (A, D, dan E) yang terkonsentrasi terutama pada spesies berlemak tinggi, serta vitamin larut air dari kelompok B (Andhikawati dkk., 2021). Vitamin E berperan penting melindungi asam lemak tak jenuh dari oksidasi, sementara mineral seperti fosfor, magnesium, zat besi, seng, dan iodium menjadikan ikan sebagai sumber mikronutrien yang sulit tergantikan oleh komoditas pangan hewani lain, khususnya iodium yang jarang ditemukan dalam konsentrasi setara pada daging ternak darat.

Karakteristik gizi ini menempatkan ikan pada posisi strategis dalam agenda ketahanan pangan nasional. Kementerian Kelautan dan Perikanan mencatat tingkat konsumsi ikan nasional mencapai 58,48 kilogram per kapita pada 2023, dengan Menteri Kelautan dan Perikanan menegaskan bahwa kandungan protein dan asam lemak omega pada ikan turut mendukung program pencegahan stunting (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2023). Karakteristik ikan yang telah diuraikan pada subbab-subbab sebelumnya, dengan demikian, bukan hanya relevan bagi perancangan teknologi pengolahan, tetapi juga bagi perumusan kebijakan gizi dan pangan nasional.

2.1.10 Sintesis Komposisi Kimia Ikan: Rentang Umum dan Implikasinya

Tabel 2.2 menyajikan rentang umum komposisi kimia daging ikan yang disarikan dari dua sumber utama yang telah dirujuk sepanjang bab ini. Perbedaan rentang antarsumber sengaja dipertahankan sebagai ilustrasi variabilitas literatur, bukan kesalahan kutip sebuah pengingat bahwa komposisi kimia ikan sebaiknya dibaca sebagai rentang kontekstual, bukan konstanta tunggal.

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Umum Daging Ikan

Komponen	Rentang Umum	Catatan Kontekstual
Air	66–84%	Lebih tinggi pada ikan berdaging putih dan ikan yang belum matang gonad
Protein	10–24%	Relatif stabil antarspesies; pelagis umumnya sedikit lebih tinggi asam aminonya
Lemak	0,1–22%	Sangat bervariasi; diklasifikasikan rendah (<5%), sedang (5–15%), tinggi (>15%)
Abu (mineral)	1–2%	Sumber fosfor, magnesium, zat besi, seng, dan iodium

Sumber: Disintesis dari Andhikawati, Junianto, Permana, & Oktavia (2021) dan Muchtadi (t.t.).

Rentang pada Tabel 2.2 menegaskan satu prinsip yang berulang kali muncul sepanjang bab ini: variabilitas adalah aturan, bukan pengecualian, dalam karakteristik kimia ikan. Prinsip inilah yang menjustifikasi pendekatan berbasis

karakteristik spesies-spesifik, alih-alih pendekatan generik yang menyamaratakan seluruh hasil tangkapan.

2.1.11 Tekstur dan Sifat Reologi Daging Ikan sebagai Parameter Mutu Fisik

Karakteristik struktur miotom dan miosepta yang bermuara langsung pada sifat reologi yakni ketahanan daging ikan terhadap deformasi dan tekanan mekanis. Huss (1995) menjelaskan bahwa tekstur daging ikan berubah secara bertahap sepanjang periode pascamati: dari kondisi lentur pada fase pre-rigor, mengeras pada fase rigor mortis, hingga kembali melunak secara permanen pada fase autolisis akibat aktivitas enzim proteolitik. Perubahan tekstur ini bersifat spesifik spesies dan dipengaruhi oleh proporsi kolagen pada miosepta.

Salah satu manifestasi paling nyata dari kerapuhan struktur ini adalah fenomena gaping retaknya daging antarmiotom akibat tekanan fisik berlebihan atau kemunduran mutu. Gaping menjadi parameter mutu fisik yang kerap digunakan industri fillet untuk menyortir produk kelas ekspor dari kelas konsumsi domestik, sebuah praktik yang secara langsung mencerminkan pemahaman intuitif industri atas karakteristik anatomis ikan.

2.1.12 Karakteristik Ikan Budidaya (Akuakultur) versus Tangkapan Liar

Pergeseran signifikan yang dicatat FAO SOFIA 2024 di mana akuakultur untuk pertama kalinya melampaui perikanan tangkap sebagai penghasil utama hewan akuatik dunia (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024) memiliki implikasi langsung terhadap karakteristik bahan baku yang dihadapi

industri pengolahan hasil perikanan. Ikan budidaya umumnya mengalami proses penangkapan dan pemanenan yang lebih terkendali dibandingkan ikan tangkapan liar, sehingga tingkat stres pramati relatif lebih rendah dan cadangan glikogen otot lebih stabil pada saat kematian.

Konsekuensi praktisnya, ikan budidaya cenderung menunjukkan onset rigor mortis yang lebih dapat diprediksi dan periode pre-rigor yang lebih konsisten antarindividu, karakteristik yang menguntungkan bagi industri yang mengandalkan penjadwalan proses produksi yang presisi seperti pada produksi surimi bermutu tinggi, di mana bahan baku pada fase pre-rigor memberikan hasil gelasi optimal. Sebaliknya, ikan tangkapan liar yang mendominasi hasil pendaratan di pelabuhan seperti PPI Kijang menghadirkan variabilitas karakteristik yang lebih tinggi dan menuntut fleksibilitas teknologi pengolahan yang lebih besar.

2.1.13 Ukuran dan Umur Ikan sebagai Determinan Karakteristik Mutu

Selain spesies, musim, dan fase reproduksi, ukuran dan umur individu ikan turut menentukan karakteristik mutu bahan baku. Penelitian Tarigan, Bakti, dan Desrita (2017) terhadap ikan selar kuning di Selat Malaka mencatat rentang panjang tubuh 110–175 milimeter dengan bobot 15–63 gram, menunjukkan pola pertumbuhan allometrik negatif yakni pertambahan panjang tubuh berlangsung lebih cepat dibandingkan pertambahan bobot. Pola pertumbuhan semacam ini lazim ditemukan pada ikan pelagis kecil dan berimplikasi pada rendemen daging yang dapat diperoleh per ekor ikan.

Bagi industri pengolahan, informasi ukuran dan pola pertumbuhan ini bukan sekadar catatan biologi perikanan, melainkan parameter praktis dalam menentukan kelayakan suatu hasil tangkapan untuk jalur pengolahan tertentu ikan berukuran kecil dengan rendemen daging rendah cenderung lebih sesuai untuk produk berbasis pelumatan seperti surimi, sementara ikan berukuran besar dengan proporsi daging lebih tinggi lebih ekonomis diolah menjadi produk fillet atau loin.

2.1.14 Karakteristik Kulit dan Sisik sebagai Sumber Bahan Fungsional Tambahan

Kulit ikan, yang tersusun atas lapisan epidermis dan dermis, bukan sekadar lapisan pelindung tubuh, melainkan juga sumber kolagen fungsional yang bernilai tambah tinggi. Karakteristik ini ditegaskan oleh Nurilmala, Nasirullah, Nurhayati, dan Darmawan (2021), yang menunjukkan bahwa jenis kulit ikan patin, nila, maupun tuna memberikan perbedaan signifikan terhadap rendemen, kadar air, kadar abu, kekuatan gel, dan titik gelasi gelatin yang dihasilkan, meskipun tidak berpengaruh signifikan terhadap pH maupun viskositasnya.

Karakteristik ini menegaskan bahwa kulit dan sisik ikan sesungguhnya adalah perpanjangan dari karakteristik anatomis, bukan komponen terpisah yang baru relevan pada tahap pengolahan hasil samping. Pemahaman ini menjustifikasi pendekatan pemanfaatan utuh (*whole utilization*) yang semakin diprioritaskan dalam teknologi pengolahan hasil perikanan modern, sebagaimana dicontohkan pada pemanfaatan gelatin kulit ikan.

2.2 Karakteristik Produk Perikanan

Produk hasil perikanan dapat dipetakan ke dalam lima kategori besar: produk segar dan beku, produk olahan tradisional (penggaraman, pengeringan, fermentasi), produk olahan modern berbasis rekayasa protein (surimi), serta produk hasil samping bernilai tambah.

2.2.1 Produk Segar dan Beku

Produk beku memungkinkan penghentian sementara laju kemunduran mutu melalui suhu rendah. Penelitian Fadhilah, Sayuti, dan Salampessy (2023) terhadap fillet ikan patin (Pangasius sp.) beku mencatat skor organoleptik rata-rata 8 melampaui ambang minimum SNI sebesar 7 dengan rendemen fillet 73,21%, rendemen pengulitan 66,63%, dan rendemen perapian 36,62%. Produk tersebut memenuhi SNI 8606:2020 dengan Angka Lempeng Total 4,3 × 10^4 koloni/gram serta hasil negatif untuk Salmonella dan Vibrio cholerae. Kontrol suhu diterapkan berlapis: bahan baku di bawah 4,4°C, produk beku pada -18°C atau lebih rendah, dan ruang proses maksimal 22°C.

2.2.2 Produk Asin dan Kering

Berbeda dari pembekuan, pengasinan dan pengeringan bekerja dengan menurunkan aktivitas air (*water activity*) hingga mikroba tidak dapat tumbuh. Nurfitriyani, Triyastuti, Shitophyta, Wahidi, dan Mukhaimin (2024) menunjukkan bahwa konsentrasi garam 30% menekan kadar air hingga 6% dalam 72 jam pengeringan jauh lebih cepat dibanding konsentrasi 10% yang membutuhkan 414 jam dengan rendemen akhir konvergen di kisaran 3% pada seluruh perlakuan.

Seluruh sampel dalam penelitian tersebut memenuhi ambang SNI 8273:2016 tentang ikan asin kering.

2.2.3 Produk Fermentasi

Fermentasi mengundang populasi mikroba tertentu untuk berkembang secara terkendali, mengubah komposisi kimiawi ikan menjadi produk baru. Ernitasari, Nur, dan Hafsan (2023) mengidentifikasi empat produk fermentasi unggulan Nusantara terasi, peda, rusip, dan chao yang menghasilkan peptida bioaktif dengan sifat antioksidan, antikanker, penghambat ACE, dan antibakteri melalui pemecahan protein oleh mikroba alami.

2.2.4 Produk Surimi dan Hasil Samping Bernilai Tambah

Surimi dihasilkan melalui pelumatan dan pencucian berulang daging ikan hingga tersisa fraksi protein miofibril yang mampu membentuk gel kuat saat dipanaskan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1. Selain surimi, kulit dan tulang ikan yang selama ini dianggap limbah proses fillet dapat diolah menjadi gelatin bernilai tambah tinggi. Nurilmala, Nasirullah, Nurhayati, dan Darmawan (2021) menunjukkan bahwa gelatin dari kulit ikan patin menghasilkan rendemen 18,11%, kekuatan gel 204,01 bloom, dan memenuhi standar GMIA 2019 maupun SNI menjadikannya alternatif halal yang layak secara teknis terhadap gelatin mamalia.

2.2.5 Rantai Dingin sebagai Penentu Karakteristik Produk Beku

Karakteristik produk beku tidak lepas dari sistem rantai dingin yang menopangnya. Shodiqi (2018) mencatat bahwa produksi perikanan Indonesia

meningkat dari 13,64 juta ton pada 2011 menjadi 23,51 juta ton pada triwulan keempat 2017, sejalan dengan kenaikan konsumsi ikan per kapita dari 38,14 kilogram pada 2014 menjadi 46,49 kilogram per tahun. Skala produksi sebesar ini menuntut sistem rantai dingin yang andal mencakup sensor suhu produk dan lingkungan, transmiter data, serta teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan waktu nyata pada empat tahapan kritis: penanganan awal, penyimpanan di lokasi pendaratan, transportasi, dan distribusi ke konsumen.

Kegagalan pada salah satu tahapan rantai dingin ini berdampak langsung pada karakteristik produk akhir. Sebagaimana kontrol suhu berlapis bahan baku di bawah 4,4°C, produk beku pada -18°C atau lebih rendah, dan ruang proses maksimal 22°C (Fadhilah, Sayuti, & Salampessy, 2023) hanya dapat dipertahankan apabila setiap simpul rantai dingin, dari kapal hingga rak pengecer, berfungsi tanpa terputus.

2.2.6 Keamanan Pangan: Karakteristik Histamin pada Produk Perikanan

Karakteristik komposisi kimia ikan yang kaya histidin bebas menjadikan sebagian produk perikanan, terutama dari kelompok Scombridae seperti tuna, rentan terhadap pembentukan histamin melalui dekarboksilasi bakterial. Penelitian Wiraguna dan Khairunnisa (2025) terhadap tuna sirip kuning (Thunnus albacares) menggunakan metode Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) mencatat kadar histamin pada kisaran 0,3–1,4 part per million (ppm), jauh di bawah ambang maksimum 30 ppm maupun standar internal perusahaan sebesar 17 ppm, dengan suhu bahan baku terjaga pada 0,7–1,1°C.

Temuan menarik dari penelitian tersebut adalah tidak ditemukannya korelasi signifikan antara suhu dan kadar histamin (R^2 = 0,018; p = 0,217), yang mengindikasikan bahwa sekitar 98,2% variasi kadar histamin ditentukan oleh faktor lain terutama praktik penanganan dan manajemen rantai dingin secara keseluruhan bukan suhu semata. Temuan ini menggarisbawahi bahwa karakteristik keamanan pangan produk perikanan tidak dapat direduksi menjadi satu variabel tunggal, melainkan hasil interaksi banyak faktor sepanjang rantai penanganan.

2.2.7 Teknologi Deteksi Mutu Modern: *Quality Index Method* dan *Electronic Nose*

Selain parameter organoleptik konvensional pada SNI 2729:2013, komunitas ilmiah telah mengembangkan pendekatan yang lebih objektif dan tervalidasi statistik. Al Anshary (2023) mengembangkan Quality Index Method (QIM) untuk ikan tongkol (Euthynnus affinis) segar dan menemukan korelasi kuat (R^2 = 0,7998) antara nilai QIM dengan tingkat penerimaan konsumen terhadap ikan tongkol goreng, meskipun atribut sensori individual seperti aroma dan tekstur tidak menunjukkan penurunan tajam, penerimaan keseluruhan menurun signifikan setelah penyimpanan 16 hari.

Pendekatan instrumental lain yang berkembang pesat adalah electronic nose (e-nose), yang meniru fungsi sistem olfaktori pada Bagian sensor kimiawi elektronik. Fadillah (2022) mengimplementasikan sistem e-nose dengan penyaji sampel terkendali untuk mengidentifikasi kesegaran ikan kembung (Rastrelliger sp.) di pasar Yogyakarta, menggunakan analisis komponen utama (PCA) yang berhasil menjelaskan 95,08% variansi pola aroma (PC1 87,20%; PC2 7,88%). Teknologi ini menjanjikan penilaian mutu yang lebih

objektif dan dapat direplikasi dibandingkan panel sensori manusia, meskipun belum sepenuhnya menggantikan peran penilaian organoleptik dalam kerangka regulasi SNI yang berlaku saat ini.

2.2.8 Standardisasi dan Regulasi Mutu Produk Perikanan Indonesia

Karakteristik mutu setiap kategori produk perikanan pada akhirnya bermuara pada kerangka regulasi nasional yang saling melengkapi. Tabel 2.3 merangkum tiga SNI yang menjadi rujukan utama sepanjang bab ini, mencakup ikan segar, ikan asin kering, dan fillet ikan beku.

Tabel 2. 3 Ringkasan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang Relevan dengan Karakteristik Produk Perikanan

No	Nomor SNI	Ruang Lingkup	Parameter Kunci	Dikutip dalam Bab Ini
1	SNI 2729:2013	Ikan segar	Skala organoleptik 1–9 (enam parameter sensori), ambang minimum skor 7	Untari dkk. (2023)
2	SNI 8273:2016	Ikan asin kering	Kadar air, kadar garam, uji organoleptik	Nurfitriyani dkk. (2024)
3	SNI 8606:2020	Fillet ikan beku	Angka Lempeng Total, E. coli,	Fadhilah dkk. (2023)

No	Nomor SNI	Ruang Lingkup	Parameter Kunci	Dikutip dalam Bab Ini
			Salmonella, Vibrio cholerae	

Sumber: Disintesis oleh penulis dari SNI dan literatur yang dikutip dalam bab ini, 2026.

Ketiga standar tersebut menunjukkan pola yang konsisten: setiap kategori produk memiliki parameter kunci yang berbeda sensori untuk ikan segar, fisikokimia untuk ikan asin, dan mikrobiologis untuk fillet beku namun seluruhnya bertumpu pada pemahaman karakteristik biologis ikan. Kerangka regulasi ini, dengan demikian, bukan sekadar daftar ambang batas administratif, melainkan kodifikasi ilmiah atas karakteristik ikan dan produk perikanan yang menjadi inti pembahasan bab ini.

2.2.9 Diversifikasi Produk dan Hilirisasi: Konteks Ekonomi Biru Indonesia

Karakteristik produk perikanan menjadi landasan teknis bagi agenda hilirisasi yang tengah didorong pemerintah Indonesia melalui kerangka ekonomi biru. Kementerian Kelautan dan Perikanan, bekerja sama dengan United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) dan Swiss Economic Cooperation and Development melalui Global Quality and Standards Programme, memprioritaskan peningkatan daya saing produk perikanan pada komoditas seperti udang, rumput laut, dan bandeng melalui pelatihan, bimbingan teknis, dan penerapan Standar Operasional Prosedur

(SOP) di 16 kabupaten pada 11 provinsi sepanjang 2024 (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2025).

Salah satu capaian program tersebut adalah peningkatan mutu produk olahan rumput laut oleh enam kelompok pengolah ulva chip, yang berhasil mencatatkan peningkatan pendapatan sekitar seratus juta rupiah serta menggandeng mitra investor, sementara delapan usaha kecil dan menengah rumput laut memperoleh sertifikasi HACCP, halal, dan PIRT (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, 2025). Capaian ini menggambarkan bahwa pemahaman karakteristik bahan baku sebagaimana dibahas sepanjang bab ini untuk komoditas ikan dapat direplikasi pada komoditas kelautan lain untuk mendorong nilai tambah ekonomi.

Signifikansi hilirisasi ini sejalan dengan temuan mengenai potensi pemanfaatan hasil samping seperti gelatin dan kulit ikan, serta mengenai produk fermentasi tradisional yang sarat kearifan lokal. Ketiganya menunjukkan pola yang sama: karakteristik biologis dan kimiawi bahan baku, ketika dipahami secara mendalam, membuka ruang inovasi produk yang tidak hanya meningkatkan daya simpan, tetapi juga nilai ekonomi dan gizi bagi masyarakat.

2.2.10 Sinkronisasi Karakteristik Ikan dan Teknologi Pengolahan: Refleksi dari Lapangan

Sebagai penutup subbab ini, ada baiknya kita kembali pada data lapangan. Inventarisasi di Pelabuhan Pendaratan Ikan Kijang menunjukkan keragaman spesies pelagis dan demersal yang didaratkan dalam satu lokasi yang sama, masing-masing dengan karakteristik biologis dan nilai ekonomi berbeda (Lubis,

Sinaga, & Susiana, 2021). Keragaman semacam ini adalah realitas yang dihadapi hampir setiap pelabuhan perikanan di Indonesia, dan ia menuntut fleksibilitas teknologi pengolahan yang mampu menyesuaikan diri dengan karakteristik spesifik setiap spesies, bukan pendekatan seragam untuk seluruh hasil tangkapan.

Sinkronisasi antara karakteristik ikan dan pilihan teknologi pengolahan apakah suatu spesies lebih tepat diolah menjadi produk beku, surimi, produk asin, atau fermentasi pada akhirnya bergantung pada pemahaman mendalam atas komposisi kimia, struktur anatomis, dan kondisi fisiologis yang telah diuraikan secara sistematis sepanjang bab ini. Pemahaman inilah yang menjadi jembatan menuju sintesis penutup pada subbab berikutnya.

2.2.11 Tantangan dan Rekomendasi Penanganan Karakteristik Produk Perikanan

Merangkum seluruh temuan, setidaknya tiga tantangan utama dapat diidentifikasi dalam pengelolaan karakteristik produk perikanan di Indonesia. Pertama, konsistensi rantai dingin yang masih bervariasi antarwilayah, berisiko mengorbankan karakteristik mutu yang telah dicapai pada tahap produksi. Kedua, keamanan pangan terkait histamin menuntut pengendalian di setiap simpul rantai pasok, bukan hanya pada titik akhir produksi. Ketiga, adopsi teknologi deteksi mutu modern seperti QIM dan electronic nose masih terbatas pada skala penelitian dan belum banyak diterapkan pada skala industri kecil dan menengah yang mendominasi sektor pengolahan hasil perikanan nasional.

Berdasarkan tantangan tersebut, penguatan kapasitas pelaku usaha kecil dan menengah sebagaimana dicontohkan pada program hilirisasi rumput laut layak direplikasi untuk komoditas ikan bersirip. Integrasi antara kearifan penanganan tradisional dan instrumen mutu berbasis sains, alih-alih mempertentangkan keduanya, tampak sebagai jalan paling realistis untuk meningkatkan daya saing produk perikanan Indonesia tanpa mengabaikan struktur industri yang didominasi usaha skala kecil.

2.2.12 Interaksi Rantai Dingin dan Kemasan terhadap Retensi Karakteristik Mutu

Karakteristik mutu produk beku yang telah dicapai melalui kontrol suhu berlapis, hanya dapat dipertahankan hingga ke tangan konsumen apabila diimbangi dengan sistem kemasan yang memadai. Kontrol suhu bahan baku di bawah 4,4°C dan produk beku pada -18°C atau lebih rendah (Fadhilah, Sayuti, & Salampessy, 2023) menjadi tidak bermakna apabila kemasan produk tidak mampu mencegah fluktuasi suhu selama transportasi dan penyimpanan di tingkat pengecer sebuah titik lemah yang kerap luput dari perhatian dibandingkan tahap produksi itu sendiri.

Kesenjangan antara mutu di titik produksi dan mutu di titik konsumsi ini menjadi salah satu argumen kuat bagi penguatan infrastruktur rantai dingin nasional. Karakteristik produk perikanan, betapapun optimal dirancang pada tahap pengolahan, pada akhirnya tetap bergantung pada konsistensi penanganan di sepanjang rantai pasok.

2.3 Sintesis Karakteristik sebagai Fondasi Teknologi

Setiap kategori produk yang diuraikan di atas pada dasarnya adalah jawaban teknologis atas kerapuhan biologis ikan. Produk beku menjawabnya melalui suhu, produk asin melalui rekayasa aktivitas air, produk fermentasi melalui pengendalian mikroba, dan produk surimi melalui penataan ulang struktur protein. Pemahaman mendalam atas karakteristik ikan spesies, musim tangkap, komposisi kimia, dan struktur anatomisnya dengan demikian menjadi prasyarat mutlak bagi perancangan teknologi pengolahan hasil perikanan yang tepat sasaran, bukan sekadar pelengkap teoretis.

DAFTAR PUSTAKA

Al Anshary, M. H. (2023). *Korelasi antara nilai Quality Index ikan tongkol segar dengan nilai penerimaan ikan tongkol (Euthynnus affinis) goreng* [Skripsi S1, Universitas Gadjah Mada].

Andhikawati, A., Junianto, Permana, R., & Oktavia, Y. (2021). A review: Nutritional composition of fish for human health. *MARINADE*, 4(2), 76–84.

Ernitasari, Nur, F., & Hafsan. (2023). Ikan fermentasi nusantara: Tradisi, manfaat gizi, dan kekayaan budaya (review). *Teknosains: Media Informasi dan Teknologi*, 17(3), 372–381.

Fadhilah, M. N., Sayuti, M., & Salampessy, R. B. S. (2023). Karakteristik fillet ikan patin (Pangasius sp.) beku. *Journal Perikanan*, 13(1), 180–191.

Fadillah, L. (2022). *Implementasi electronic nose dengan sistem penyaji sampel terkendali untuk identifikasi kesegaran ikan kembung (Rastrelliger sp.)* [Tesis, Universitas Gadjah Mada].

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue Transformation in Action.* Roma: FAO.

Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish* (FAO Fisheries Technical Paper No. 348). Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2023, 5 Oktober). *KKP catat angka konsumsi ikan capai 58,48 kilogram* [Siaran pers].

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024, 27 Juli). *Lampaui target, produksi perikanan tangkap tembus 111,33% di semester I 2024* [Siaran pers].

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2025, 17 Februari). *Strategi KKP bikin produk perikanan berdaya saing global* [Siaran pers].

Korsching, S. I. (2001). Odor maps in the brain: Spatial aspects of odor representation in sensory surface and olfactory bulb. *Cell and Tissue Research*, 303, 275–283.

Lubis, E. K., Sinaga, T. Y., & Susiana. (2021). Inventarisasi ikan demersal dan ikan pelagis yang didaratkan di PPI Kijang Kecamatan Bintan Timur Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 4(2), 47–57.

Masengi, S., Sary, W., & Sipahutar, Y. H. (2021). Pengaruh cara kematian dan tahap penurunan mutu filet ikan nila merah (Oreochromis niloticus). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(2), 284–291.

Muchtadi, D. (t.t.). *Pengetahuan bahan hasil perikanan* (Modul 1, MMPI5303). Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.

Nurfitriyani, A., Triyastuti, M. S., Shitophyta, L. M., Wahidi, B. R., & Mukhaimin, I. (2024). Perhitungan kadar air, rendemen dan uji organoleptik pada ikan asin. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 12(1), 45–55.

Nurilmala, M., Nasirullah, M. T., Nurhayati, T., & Darmawan, N. (2021). Karakteristik fisik-kimia gelatin dari kulit ikan patin, ikan nila, dan ikan tuna. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 71–77.

Shodiqi, M. A. (2018). *Optimalisasi cold chain untuk sektor perikanan Indonesia.* Kanal Pengetahuan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

Syamsir, Naiu, A. S., & Yusuf, N. (2022). Karakteristik mutu surimi berbagai ikan dari perairan Kota Gorontalo. *Nikè: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(2), 84–91.

Tarigan, A., Bakti, D., & Desrita. (2017). Catch and gonadal maturity level of yellow stripe trevally (Selaroides leptolepis) in the Strait of Malacca. *Acta Aquatica*, 4(2), 44–52.

Untari, D. S., Wibowo, T. A., & Pamungkas, I. W. (2023). Identifikasi kualitas kesegaran dan nilai keasaman (pH) ikan laut di Kota Metro Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmiah AgriSains*, 24(3), 159–169.

Wiraguna, I. G. A., & Khairunnisa, A. (2025). Pengaruh suhu terhadap kandungan histamin Thunnus albacares menggunakan metode Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia ke-26*, 1059–1069.

BAB 3

PRINSIP DASAR PENGAWETAN HASIL PERIKANAN

Oleh Nurfadilah

3.1 Karakteristik Hasil Perikanan dan Penyebab Kerusakan

Hasil perikanan merupakan komoditas pangan yang memiliki nilai gizi tinggi karena kaya akan protein berkualitas, asam lemak esensial, vitamin, dan mineral yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi manusia. Namun, di balik keunggulan tersebut, hasil perikanan juga dikenal sebagai bahan pangan yang sangat mudah mengalami kerusakan (*highly perishable*) (Amahorseja *et al.*, 2025). Sejak ikan ditangkap atau organisme perairan dipanen, berbagai proses biologis, kimiawi, dan mikrobiologis mulai berlangsung yang secara bertahap menurunkan mutu produk. Penurunan mutu dapat ditandai dengan perubahan tekstur, warna, aroma, cita rasa, hingga berkurangnya keamanan pangan sehingga produk tidak lagi layak dikonsumsi (Yanuar *et al.*, 2026). Tingginya kadar air, kandungan protein yang mudah terurai, aktivitas enzim endogen, serta pertumbuhan mikroorganisme menjadi faktor utama yang mempercepat proses pembusukan (Riyadi *et al.*, 2025).

Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik hasil perikanan beserta faktor-faktor penyebab kerusakannya merupakan landasan penting dalam menentukan metode penanganan dan pengawetan yang tepat. Dengan memahami sifat dasar komoditas perikanan, berbagai upaya pengawetan dapat dirancang secara lebih efektif untuk mempertahankan mutu, memperpanjang umur simpan, serta menjamin keamanan dan nilai ekonominya.

Sub bab ini membahas sifat khas hasil perikanan yang menyebabkan ikan dan produk perikanan mudah mengalami penurunan mutu, meliputi:

1. Karakteristik kimia, fisik, dan biologis hasil perikanan.
2. Komposisi utama ikan (air, protein, lemak, mineral, dan vitamin).
3. Faktor intrinsik dan ekstrinsik yang memengaruhi daya simpan.
4. Dampak kerusakan terhadap mutu, keamanan pangan, dan nilai ekonomi.

3.1.1 Karakteristik Kimia, Fisik dan Biologis Hasil Perikanan

Hasil perikanan memiliki karakteristik kimia yang berbeda dengan sebagian besar bahan pangan lainnya sehingga menjadikannya sangat rentan mengalami penurunan mutu (Muctadi, 2016). Secara umum, daging ikan mengandung kadar air yang tinggi, berkisar antara 70–80%, protein sekitar 15–22%, lemak 0,5–25% tergantung spesies, serta mineral, vitamin, dan senyawa ekstraktif yang berkontribusi terhadap cita rasa khas (Amahorseja *et al.*, 2025). Tingginya kadar air menyebabkan aktivitas air (*water activity*) pada ikan juga tinggi, sehingga menciptakan lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan bakteri, kapang, dan khamir (Meiyasa, 2021). Selain itu, protein ikan memiliki

struktur yang relatif sederhana dan mudah terdegradasi oleh enzim maupun mikroorganisme menjadi senyawa-senyawa seperti amonia, trimetilamina (TMA), dan berbagai amina volatil yang menimbulkan bau tidak sedap. Pada jenis ikan berlemak, kandungan asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acids atau PUFA*) yang tinggi juga menyebabkan produk mudah mengalami oksidasi sehingga memicu ketengikan, perubahan warna, serta penurunan nilai gizi (Fitri *et al.*, 2026).

Dari aspek fisik, hasil perikanan memiliki tekstur yang lunak karena jaringan ikatnya lebih sedikit dibandingkan daging ternak darat (Paulini, 2025). Serat otot ikan tersusun dalam segmen-segmen pendek (*myotome*) yang dipisahkan oleh jaringan ikat tipis (*myocommata*), sehingga daging ikan mudah mengalami kerusakan mekanis selama penangkapan, penanganan, pengangkutan, maupun penyimpanan. Setelah ikan mati, cadangan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) semakin berkurang sehingga terjadi proses rigor mortis yang diikuti fase pelunakan daging akibat aktivitas enzim proteolitik. Perubahan fisik ini menyebabkan tekstur ikan menjadi semakin lembek, kemampuan mengikat air menurun, serta penampilan produk menjadi kurang menarik (Suprayitno and Sulistiyati, 2017). Karakteristik tersebut menjadikan hasil perikanan memerlukan penanganan yang cepat, hati-hati, dan mempertahankan suhu rendah sejak proses penangkapan hingga pengolahan untuk meminimalkan kerusakan mutu (Sahubawa, 2018).

Secara biologis, hasil perikanan merupakan substrat yang sangat sesuai untuk pertumbuhan berbagai mikroorganisme pembusuk maupun mikroorganisme patogen (Luthfiyana *et al.*, 2024). Permukaan kulit, insang, dan saluran pencernaan ikan

secara alami mengandung berbagai jenis bakteri yang berasal dari lingkungan perairan, seperti *Pseudomonas* spp., *Shewanella putrefaciens*, *Aeromonas* spp., dan *Vibrio* spp. (Fitri *et al.*, 2026). Setelah ikan mati, sistem pertahanan tubuh tidak lagi berfungsi sehingga mikroorganisme tersebut berkembang biak dengan cepat, terutama apabila ikan disimpan pada suhu ruang. Selain aktivitas mikroba, berbagai enzim endogen seperti protease, lipase, dan katepsin tetap aktif setelah kematian ikan dan memicu proses autolisis, yaitu penguraian jaringan tubuh oleh enzim yang berasal dari tubuh ikan sendiri. Interaksi antara aktivitas enzim, pertumbuhan mikroorganisme, dan reaksi kimia seperti oksidasi lemak menyebabkan mutu hasil perikanan menurun secara cepat, baik dari aspek sensori, kandungan gizi, maupun keamanan pangan (Meiyasa, 2021). Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik biologis ini menjadi dasar dalam menentukan metode pengawetan yang efektif untuk menghambat proses pembusukan dan memperpanjang umur simpan produk perikanan.

3.1.2 Komposisi Utama Ikan (Air, Protein, Lemak, Mineral, dan Vitamin)

Komposisi kimia ikan merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kualitas, nilai gizi, serta daya simpan hasil perikanan. Secara umum, daging ikan tersusun atas air (70–80%), protein (15–22%), lemak (0,5–25%), mineral (1–2%), vitamin, dan karbohidrat dalam jumlah yang sangat kecil, umumnya kurang dari 1%. Persentase masing-masing komponen dapat bervariasi tergantung pada spesies, umur, jenis kelamin, musim penangkapan, habitat, status reproduksi, dan kondisi nutrisi ikan (Muctadi, 2016). Dibandingkan dengan daging ternak (Al Awwaly, 2017), ikan memiliki

kadar air yang lebih tinggi dan jaringan ikat yang lebih sedikit, sehingga teksturnya lebih lunak dan lebih mudah mengalami perubahan mutu (Aisyah, 2024). Kandungan nutrisi yang lengkap menjadikan ikan sebagai sumber pangan bergizi tinggi, namun di sisi lain juga menyediakan media yang sangat baik bagi aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk apabila tidak segera ditangani atau diawetkan (Akoit, 2026).

Air merupakan komponen terbesar dalam tubuh ikan dan memiliki peranan penting dalam menentukan kesegaran serta umur simpan produk. Tingginya kadar air menyebabkan nilai aktivitas air (water activity/aw) ikan mendekati 1,0, sehingga hampir semua jenis bakteri pembusuk dapat tumbuh dengan cepat. Selain itu, air berfungsi sebagai media berlangsungnya berbagai reaksi biokimia, seperti aktivitas enzim, hidrolisis, dan oksidasi yang mempercepat proses penurunan mutu (Ayustaningwarno *et al.*, 2021). Protein ikan yang sebagian besar tersusun atas protein miofibril, protein sarkoplasma, dan protein jaringan ikat memiliki nilai biologis tinggi karena mengandung asam amino esensial yang lengkap serta mudah dicerna. Namun, protein tersebut juga bersifat mudah terdenaturasi dan mengalami degradasi oleh enzim proteolitik maupun mikroorganisme setelah ikan mati. Proses penguraian protein menghasilkan berbagai senyawa volatil, seperti amonia, trimetilamina (TMA), dan hidrogen sulfida, yang menjadi penyebab utama munculnya bau busuk pada ikan yang telah mengalami pembusukan (Nafsiyah *et al.*, 2024).

Komponen lemak, mineral, dan vitamin turut memengaruhi karakteristik mutu hasil perikanan selama penyimpanan. Lemak ikan, khususnya pada ikan laut, kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated*

fatty acids atau PUFA), seperti *asam eikosapentaenoat* (EPA) dan *asam dokosaheksaenoat* (DHA), yang memiliki manfaat besar bagi kesehatan (Andhikawati *et al.*, 2021). Akan tetapi, tingginya kandungan PUFA menyebabkan lemak ikan sangat rentan mengalami oksidasi sehingga memicu ketengikan, perubahan warna, serta penurunan cita rasa dan nilai gizi (Loppies *et al.*, 2021). Mineral utama yang terdapat pada ikan meliputi kalsium, fosfor, kalium, magnesium, besi, seng, dan selenium, sedangkan vitamin yang dominan antara lain vitamin A, D, E, K, serta vitamin B kompleks (Amahorseja *et al.*, 2025). Sebagian vitamin, terutama vitamin A dan E, mudah mengalami degradasi akibat paparan cahaya, oksigen, dan suhu tinggi selama proses penyimpanan maupun pengolahan. Oleh karena itu, karakteristik komposisi kimia ikan yang kaya nutrisi tetapi mudah mengalami perubahan menjadikan hasil perikanan sebagai komoditas yang memerlukan penanganan cepat dan metode pengawetan yang tepat untuk mempertahankan mutu, keamanan, dan nilai gizinya (Adawyah, 2023).

3.1.3 Faktor Intrinsik dan Ekstrinsik yang Memengaruhi Daya Simpan

Daya simpan hasil perikanan dipengaruhi oleh dua kelompok faktor utama, yaitu faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik. Faktor intrinsik merupakan karakteristik yang secara alami dimiliki oleh ikan atau produk perikanan, meliputi kadar air, aktivitas air (*water activity*), nilai pH, komposisi nutrisi, aktivitas enzim, struktur jaringan, serta keberadaan mikroflora alami (Muctadi, 2016). Tingginya kadar air dan aktivitas air pada ikan menciptakan kondisi yang sangat mendukung pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, sedangkan pH daging ikan yang umumnya berada pada kisaran 6,0–6,8 merupakan lingkungan yang sesuai bagi

perkembangan sebagian besar bakteri. Selain itu, kandungan protein yang tinggi menjadi sumber nutrien bagi mikroorganisme, sementara enzim endogen seperti protease dan lipase tetap aktif setelah ikan mati sehingga memicu proses autolisis dan mempercepat pelunakan jaringan. Kombinasi karakteristik tersebut menyebabkan hasil perikanan memiliki umur simpan yang relatif pendek apabila tidak segera ditangani dengan baik (Ayustaningwarno *et al.*, 2021).

Di samping faktor intrinsik, daya simpan hasil perikanan juga sangat dipengaruhi oleh faktor ekstrinsik, yaitu kondisi lingkungan selama penanganan, penyimpanan, distribusi, dan pemasaran (Yanuar *et al.*, 2026). Faktor-faktor tersebut meliputi suhu, kelembapan relatif, ketersediaan oksigen, jenis dan kondisi kemasan, paparan cahaya, sanitasi lingkungan, serta cara penanganan produk. Suhu merupakan faktor yang paling menentukan karena berpengaruh langsung terhadap laju pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim, dan kecepatan reaksi kimia, termasuk oksidasi lemak. Penyimpanan pada suhu rendah mampu memperlambat proses pembusukan, sedangkan fluktuasi suhu selama distribusi dapat mempercepat penurunan mutu meskipun produk telah didinginkan. Selain itu, kemasan yang tidak memadai, kontaminasi silang akibat sanitasi yang buruk, serta paparan oksigen dan cahaya yang berlebihan dapat mempercepat kerusakan fisik, kimia, maupun mikrobiologis (Riyadi *et al.*, 2025). Oleh karena itu, keberhasilan mempertahankan mutu hasil perikanan tidak hanya ditentukan oleh karakteristik alami bahan, tetapi juga oleh pengendalian faktor-faktor lingkungan melalui penerapan rantai dingin (*cold chain*), sanitasi yang baik, serta penggunaan teknologi pengemasan yang sesuai (Yanuar *et al.*, 2026).

3.1.4 Dampak Kerusakan Terhadap Mutu, Keamanan Pangan, dan Nilai Ekonomi

Kerusakan pada hasil perikanan memberikan dampak yang signifikan terhadap mutu produk, baik dari aspek sensori, fisik, kimia, maupun nilai gizi. Penurunan mutu sensori umumnya ditandai dengan perubahan warna daging yang menjadi kusam, tekstur yang semakin lunak, munculnya lendir pada permukaan, serta timbulnya bau tidak sedap akibat pembentukan senyawa *volatil* seperti amonia, *trimetilamina* (TMA), dan *hidrogen sulfida* (Luthfiyana *et al.*, 2024). Dari sisi kimia, proses oksidasi lemak menyebabkan ketengikan, sedangkan degradasi protein mengakibatkan berkurangnya kualitas nutrisi dan terbentuknya senyawa hasil pembusukan. Bersamaan dengan itu, kandungan beberapa vitamin yang peka terhadap panas, cahaya, dan oksigen juga mengalami penurunan selama penyimpanan. Kerusakan tersebut tidak hanya menurunkan daya terima konsumen, tetapi juga mengurangi nilai fungsional hasil perikanan sebagai sumber protein hewani berkualitas tinggi (Yusra *et al.*, 2026). Apabila proses pembusukan terus berlanjut, produk akan kehilangan karakteristik kesegarannya dan tidak lagi memenuhi standar mutu yang dipersyaratkan untuk dikonsumsi maupun dipasarkan (Mardiah, Karina and Fitria, 2022).

Selain menurunkan mutu, kerusakan hasil perikanan juga berdampak langsung terhadap keamanan pangan dan nilai ekonomi. Pertumbuhan mikroorganisme patogen, seperti *Vibrio* spp., *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, dan *Staphylococcus aureus*, dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit bawaan pangan (*foodborne diseases*) apabila produk dikonsumsi tanpa penanganan yang tepat (Fitri *et al.*, 2026). Pada beberapa jenis ikan, aktivitas bakteri tertentu juga dapat

menghasilkan senyawa berbahaya, seperti histamin, yang berpotensi menyebabkan keracunan apabila kadarnya melebihi batas yang diizinkan (Luthfiyana *et al.*, 2024). Dari aspek ekonomi, penurunan mutu menyebabkan harga jual produk menurun, meningkatnya jumlah produk yang ditolak oleh konsumen maupun industri pengolahan, serta bertambahnya kehilangan hasil (*post-harvest losses*) sepanjang rantai pasok (Yanuar *et al.*, 2026). Bagi nelayan, pembudidaya, pedagang, dan pelaku industri perikanan, kondisi tersebut berimplikasi pada berkurangnya pendapatan, meningkatnya biaya penanganan dan distribusi, serta menurunnya daya saing produk di pasar domestik maupun internasional. Oleh karena itu, penerapan penanganan pascapanen yang baik dan teknologi pengawetan yang tepat menjadi langkah penting untuk menjaga mutu, menjamin keamanan pangan, serta mempertahankan nilai ekonomi hasil perikanan (Ramli, 2022).

3.2 Konsep dan Tujuan Pengawetan Hasil Perikanan

Pengawetan hasil perikanan merupakan salah satu upaya penting dalam menjaga mutu, keamanan, dan ketersediaan produk perikanan sejak proses penangkapan atau panen hingga sampai ke tangan konsumen. Mengingat hasil perikanan memiliki sifat mudah rusak (*highly perishable*), penanganan yang tepat setelah panen menjadi faktor penentu dalam mempertahankan kesegaran dan memperpanjang umur simpannya (Nafsiyah *et al.*, 2025). Berbagai metode pengawetan telah dikembangkan, mulai dari teknik tradisional hingga teknologi modern, dengan tujuan menghambat proses pembusukan tanpa menghilangkan nilai gizi dan karakteristik produk secara

signifikan (Tega *et al.*, 2023). Pada dasarnya, setiap metode pengawetan bekerja berdasarkan prinsip ilmiah yang sama, yaitu mengendalikan faktor-faktor penyebab kerusakan seperti aktivitas mikroorganisme, enzim, dan reaksi kimia yang berlangsung selama penyimpanan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai konsep dasar dan tujuan pengawetan menjadi landasan penting sebelum mempelajari berbagai teknik pengawetan hasil perikanan yang diterapkan dalam industri maupun skala rumah tangga (Adawyah, 2023).

Sub bab ini menjelaskan mengapa pengawetan diperlukan serta prinsip-prinsip umum yang digunakan dalam memperpanjang umur simpan produk. Materi yang dapat dibahas meliputi:

1. Definisi dan tujuan pengawetan hasil perikanan.
2. Prinsip dasar pengawetan: menghambat pertumbuhan mikroba, menonaktifkan enzim, menghambat reaksi kimia, mengurangi kadar air dan aktivitas air (water activity).
3. Hubungan pengawetan dengan mutu, keamanan pangan, dan keberlanjutan industri perikanan.

3.2.1 Definisi dan Tujuan Pengawetan Hasil Perikanan

Pengawetan hasil perikanan adalah serangkaian upaya atau perlakuan yang dilakukan untuk memperlambat, menghambat, atau menghentikan proses penurunan mutu pada ikan dan produk perikanan sehingga umur simpannya menjadi lebih panjang tanpa mengurangi keamanan dan nilai gizinya secara signifikan. Proses pengawetan dilakukan dengan mengendalikan faktor-faktor penyebab kerusakan, seperti aktivitas mikroorganisme, enzim endogen, dan reaksi kimia, melalui berbagai metode, antara lain pendinginan, pembekuan, pengeringan, penggaraman, pengasapan, fermentasi, pengalengan, serta penggunaan

teknologi pengemasan modern. Pada prinsipnya, pengawetan tidak bertujuan mengembalikan mutu ikan yang telah menurun, melainkan mempertahankan mutu awal produk selama mungkin sejak ikan ditangkap atau dipanen. Oleh karena itu, keberhasilan pengawetan sangat dipengaruhi oleh tingkat kesegaran bahan baku, penerapan sanitasi yang baik, serta ketepatan metode yang digunakan sesuai dengan karakteristik produk perikanan (Adawyah, 2023).

Tujuan utama pengawetan hasil perikanan adalah memperpanjang umur simpan produk dengan tetap mempertahankan mutu sensori, kandungan gizi, keamanan pangan, dan nilai ekonominya. Selain itu, pengawetan bertujuan mengurangi kehilangan hasil (*post-harvest losses*) akibat pembusukan, memperluas jangkauan distribusi dan pemasaran, serta menjamin ketersediaan produk perikanan sepanjang tahun meskipun produksi bersifat musiman. Dalam konteks industri, pengawetan juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok, memenuhi standar mutu dan keamanan pangan nasional maupun internasional, serta mendukung daya saing produk perikanan di pasar global. Sementara itu, bagi masyarakat dan pelaku usaha skala kecil, teknologi pengawetan memungkinkan pemanfaatan hasil tangkapan secara lebih optimal, mengurangi pemborosan pangan, meningkatkan nilai tambah produk, dan memberikan peluang pengembangan berbagai produk olahan yang memiliki daya simpan lebih lama serta nilai jual yang lebih tinggi (Ayustaningwarno *et al.*, 2021).

3.2.2 Prinsip Dasar Pengawetan

Prinsip dasar pengawetan hasil perikanan pada dasarnya bertujuan untuk memperlambat atau menghentikan berbagai proses yang menyebabkan penurunan mutu produk. Salah satu prinsip yang paling penting adalah menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen. Mikroorganisme seperti bakteri, kapang, dan khamir memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai, seperti suhu optimum, kadar air yang tinggi, oksigen, dan nutrisi yang cukup untuk berkembang (Rahmi, Wulandari and Advinda, 2021). Oleh karena itu, berbagai metode pengawetan dirancang untuk menciptakan kondisi yang tidak mendukung pertumbuhan mikroba, misalnya melalui penyimpanan pada suhu rendah, pengurangan kadar oksigen dengan pengemasan vakum atau modified atmosphere packaging (MAP), penambahan garam atau bahan pengawet yang diizinkan, serta perlakuan panas yang mampu menurunkan jumlah mikroorganisme. Selain menghambat pertumbuhan mikroba, pengawetan juga bertujuan menonaktifkan aktivitas enzim endogen yang tetap bekerja setelah ikan mati. Enzim seperti *protease, lipase*, dan *katepsin* dapat menguraikan protein dan lemak sehingga menyebabkan pelunakan tekstur, perubahan cita rasa, serta penurunan mutu produk. Perlakuan seperti *blanching, pasteurisasi, sterilisasi*, pembekuan, maupun penyimpanan pada suhu rendah mampu memperlambat atau menghentikan aktivitas enzim tersebut sehingga proses autolisis dapat dikendalikan (Herlina, Prabowo and Nuraida, 2021).

Prinsip berikutnya adalah menghambat terjadinya reaksi kimia yang dapat menurunkan mutu hasil perikanan selama penyimpanan. Reaksi kimia yang paling sering terjadi adalah oksidasi lemak, terutama pada ikan yang kaya akan asam lemak tak jenuh ganda

(polyunsaturated fatty acids atau PUFA). Oksidasi lemak menghasilkan senyawa peroksida, aldehid, dan keton yang menyebabkan ketengikan, perubahan warna, serta hilangnya aroma khas produk. Selain itu, berbagai vitamin yang sensitif terhadap panas, cahaya, dan oksigen juga dapat mengalami degradasi sehingga menurunkan nilai gizi hasil perikanan (Riyadi *et al.*, 2025). Untuk mengendalikan reaksi tersebut, diterapkan berbagai strategi seperti penyimpanan pada suhu rendah, penggunaan kemasan kedap oksigen, pengurangan paparan cahaya, serta penambahan antioksidan alami maupun sintetis yang diizinkan. Dengan menghambat reaksi kimia tersebut, mutu sensori dan kandungan gizi produk dapat dipertahankan lebih lama selama distribusi dan penyimpanan (Sahubawa, 2018).

Prinsip dasar lainnya adalah mengurangi kadar air dan aktivitas air *(water activity atau aw)* karena kedua faktor tersebut sangat menentukan kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang. Aktivitas air menggambarkan jumlah air bebas yang tersedia untuk digunakan oleh mikroorganisme maupun berlangsungnya reaksi enzimatik dan kimia (Amahorseja *et al.*, 2025). Semakin tinggi nilai aw, semakin besar peluang terjadinya pembusukan. Oleh sebab itu, metode seperti pengeringan, penggaraman, pengasapan, pemekatan, dan pembekuan diterapkan untuk mengurangi jumlah air bebas di dalam produk sehingga aktivitas mikroba dan enzim dapat ditekan. Pada proses penggaraman, misalnya, garam menarik air keluar dari jaringan ikan melalui proses osmosis sehingga nilai aw menurun dan mikroorganisme mengalami kesulitan untuk berkembang (Adawyah, 2023). Demikian pula pada proses pengeringan, berkurangnya kadar air menyebabkan laju reaksi

biologis dan kimia menjadi lebih lambat. Dengan demikian, pengendalian kadar air dan aktivitas air merupakan salah satu prinsip paling efektif dalam memperpanjang umur simpan hasil perikanan sekaligus menjaga mutu, keamanan pangan, dan stabilitas produk selama penyimpanan (Nafsiyah *et al.*, 2024).

3.3 Prinsip Ilmiah dalam Pengawetan Hasil Perikanan

Prinsip dasar pengawetan hasil perikanan pada dasarnya bertujuan untuk memperlambat atau menghentikan berbagai proses yang menyebabkan penurunan mutu produk. Salah satu prinsip yang paling penting adalah menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen. Mikroorganisme seperti bakteri, kapang, dan khamir memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai, seperti suhu optimum, kadar air yang tinggi, oksigen, dan nutrisi yang cukup untuk berkembang (Adawyah, 2023). Oleh karena itu, berbagai metode pengawetan dirancang untuk menciptakan kondisi yang tidak mendukung pertumbuhan mikroba, misalnya melalui penyimpanan pada suhu rendah, pengurangan kadar oksigen dengan pengemasan vakum atau *modified atmosphere packaging* (MAP), penambahan garam atau bahan pengawet yang diizinkan, serta perlakuan panas yang mampu menurunkan jumlah mikroorganisme (Akoit, 2026). Selain menghambat pertumbuhan mikroba, pengawetan juga bertujuan menonaktifkan aktivitas enzim endogen yang tetap bekerja setelah ikan mati (Riyadi *et al.*, 2025). Enzim seperti protease, lipase, dan katepsin dapat menguraikan protein dan lemak sehingga menyebabkan pelunakan tekstur, perubahan cita rasa, serta penurunan mutu produk. Perlakuan seperti blanching, pasteurisasi, sterilisasi, pembekuan, maupun penyimpanan pada suhu rendah mampu memperlambat atau

menghentikan aktivitas enzim tersebut sehingga proses autolisis dapat dikendalikan (Luthfiyana *et al.*, 2024).

Prinsip berikutnya adalah menghambat terjadinya reaksi kimia yang dapat menurunkan mutu hasil perikanan selama penyimpanan. Reaksi kimia yang paling sering terjadi adalah oksidasi lemak, terutama pada ikan yang kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acids atau PUFA*). Oksidasi lemak menghasilkan senyawa peroksida, aldehid, dan keton yang menyebabkan ketengikan, perubahan warna, serta hilangnya aroma khas produk (Luthfiyana *et al.*, 2024). Selain itu, berbagai vitamin yang sensitif terhadap panas, cahaya, dan oksigen juga dapat mengalami degradasi sehingga menurunkan nilai gizi hasil perikanan. Untuk mengendalikan reaksi tersebut, diterapkan berbagai strategi seperti penyimpanan pada suhu rendah, penggunaan kemasan kedap oksigen, pengurangan paparan cahaya, serta penambahan antioksidan alami maupun sintetis yang diizinkan. Dengan menghambat reaksi kimia tersebut, mutu sensori dan kandungan gizi produk dapat dipertahankan lebih lama selama distribusi dan penyimpanan (Yusra *et al.*, 2026).

Prinsip dasar lainnya adalah mengurangi kadar air dan aktivitas air (*water activity* atau *aw*) karena kedua faktor tersebut sangat menentukan kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang. Aktivitas air menggambarkan jumlah air bebas yang tersedia untuk digunakan oleh mikroorganisme maupun berlangsungnya reaksi enzimatik dan kimia. Semakin tinggi nilai *aw*, semakin besar peluang terjadinya pembusukan (Luthfiyana *et al.*, 2024). Oleh sebab itu, metode seperti pengeringan, penggaraman, pengasapan, dan pembekuan diterapkan untuk mengurangi jumlah air bebas di dalam produk sehingga aktivitas mikroba dan enzim dapat ditekan (Yusran, 2026). Pada proses penggaraman, misalnya, garam menarik air keluar dari jaringan ikan melalui proses osmosis sehingga

nilai *aw* menurun dan mikroorganisme mengalami kesulitan untuk berkembang. Demikian pula pada proses pengeringan, berkurangnya kadar air menyebabkan laju reaksi biologis dan kimia menjadi lebih lambat. Dengan demikian, pengendalian kadar air dan aktivitas air merupakan salah satu prinsip paling efektif dalam memperpanjang umur simpan hasil perikanan sekaligus menjaga mutu, keamanan pangan, dan stabilitas produk selama penyimpanan (Adawyah, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

Adawyah, R. (2023) *Pengolahan dan Pengawetan Ikan*. Bumi Aksara.

Aisyah, S. (2024) 'Produk Perikanan', in *Inovasi Dan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan: Strategi Meningkatkan Nilai Tambah Produk*, p. 49.

Akoit, M.Y. (2026) *Tekhnologi Pengelolaan Hasil Perikanan Tradisional*. CV. AZKA PUSTAKA.

Amahorseja, A.L. *et al.* (2025) *Buku Ajar Bahan Baku Hasil Perikanan*. Kamiya Jaya Aquatic.

Andhikawati, A. *et al.* (2021) 'Komposisi Gizi ikan terhadap kesehatan tubuh manusia', *Marinade*, 4(02), pp. 76–84.

Al Awwaly, K.U. (2017) *Protein Pangan Hasil Ternak dan Aplikasinya*. Universitas Brawijaya Press.

Ayustaningwarno, F. *et al.* (2021) *Teori dan Aplikasi Teknologi Pangan*. Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro.

Fitri, S.A. *et al.* (2026) *MIKROBIOLOGI PANGAN PRODUK PERIKANAN*. CV. Gita Lentera.

Herlina, E., Prabowo, F.H.E. and Nuraida, D. (2021) 'Analisis pengendalian mutu dalam meningkatkan proses produksi', *Jurnal Fokus Manajemen Bisnis*, 11(2), p. 173.

Loppies, C.R.M. *et al.* (2021) 'Profil Asam Lemak Tuna (Thunnus albacares) Loin dengan Penyemprotan Filtered Smoke selama Penyimpanan Beku', *The profile of fatty acid of Tuna Loin (Thunnus albacores) sprayed by Filtered Smoke during frozen storage*, 24(1), pp. 60–69.

Luthfiyana, N. *et al.* (2024) *Fisiologi Pasca Panen Hasil Perikanan*. Tohar Media.

Mardiah, A., Karina, I. and Fitria, E.A. (2022) 'Uji organoleptik kesegaran ikan layang (Decapterus, sp) selama penanganan suhu dingin', *SEMAH Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 6(2), pp. 97–111.

Meiyasa, F. (2021) *Mikrobiologi hasil perikanan*. Syiah Kuala University Press.

Muctadi, D. (2016) *Pengetahuan Bahan Hasil Perikanan*, *Modul*.

Nafsiyah, I. *et al.* (2024) *Produk hasil perikanan*. Kamiya Jaya Aquatic.

Nafsiyah, I. *et al.* (2025) *Teknologi Diversifikasi Hasil Perikanan*. Kamiya Jaya Aquatic.

Paulini, P. (2025) *Teknologi Hasil Ternak*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Rahmi, N., Wulandari, P. and Advinda, L. (2021) 'Pengendalian cemaran mikroorganisme pada ikan - Mini Review', in *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, pp. 611–623.

Ramli, N. (2022) *Analisis Nilai Tambah Dan Pengembangan Usaha Pengolahan Perikanan Skala Usaha Mikro Di Kota Makassar*, *The analysis of value added and development of micro-scale fishery processing businesses in the City of Makassar*. Universitas Hasanuddin.

Riyadi, F.M. *et al.* (2025) *Keamanan Pangan dan Teknologi Pengawetan Ikan*. Kamiya Jaya Aquatic.

Sahubawa, L. (2018) *Teknik penanganan hasil perikanan*. Ugm Press.

Suprayitno, E. and Sulistiyati, T.D. (2017) *Metabolisme protein*. Universitas Brawijaya Press.

Tega, Y.R. *et al.* (2023) *Diversifikasi Olahan Ikan*. Mega Press Nusantara.

Yanuar, V. *et al.* (2026) *Mutu dan Keamanan Produk Perikanan: Dari Penanganan hingga Konsumsi*. Kamiya Jaya Aquatic.

Yusra, I. *et al.* (2026) *Sains dan Teknologi Penanganan Hasil Tangkapan di Atas Kapal*. Penerbit Bashaedu.

Yusran, Y. (2026) 'Quality and Food Safety of Smoked Fish in Pappolo Village, Tanete Riattang Timur District, Bone Regency', *Agrikan Jurnal Agribisnis Perikanan*, 19(1), pp. 159–170.

BAB 4

TEKNOLOGI PENANGANAN DAN PENDINGINAN IKAN

Oleh Reski Fitriah

Hasil perikanan atau ikan memegang peranan krusial dalam keamanan pangan global dan perekonomian nasional. Namun, potensi ekonomi dan gizi yang besar ini terancam oleh sifat produk perikanan yang sangat mudah rusak (*perishable*). Produk perikanan khususnya ikan mudah mengalami kemunduran mutu karena mengandung air yang tinggi sekitar 80 % dan nilai gizi yang tinggi, sehingga menjadi media yang sangat cocok untuk pertumbuhan bakteri. Menurunnya mutu ikan ditentukan mulai dari penangkapan, penanganan, pengolahan, hingga saat disajikan. Penurunan tersebut dapat dilihat dengan beberapa tes yaitu uji sensori, pH, total volatile base (TVB), total plate count (TPC). Ikan yang disimpan selama tiga hari, terdapat peningkatan jumlah bakteri dan total volatile basenya (Nurilmala *et al.*, 2021).

Dengan melihat sifat ikan yang mudah mengalami penurunan mutu diperlukan upaya untuk mempertahankan mutunya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan cara penanganan ikan yang baik. Cara penanganan ikan yang baik adalah dengan menerapkan prinsip penanganan. Prinsip penanganan diantaranya cepat, cermat/hati-hati, bersih dan penerapan suhu rendah. Dan perlu penerapan yang sungguh-sungguh dari semua pihak yang terlibat dalam rantai nilai, mulai dari kapal hingga

pemprosesan, untuk secara konsisten menerapkan Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB)**.** Penerapan CPIB ini bertujuan untuk menjamin kualitas, keamanan, dan nilai jual produk hasil tangkapan atau dengan kata lain untuk mempertahankan kesegaran ikan.

Nelayan, khususnya nelayan tradisional sering melakukan penanganan ikan dengan cara yang tidak benar. Salah satu kesalahan yang sering dilakukan adalah tidak menerapkan rantai dingin, sehingga pembusukan ikan dapat berlangsung cepat.

4.1 Kemunduran Mutu Pada Ikan

Ikan merupakan produk yang mudah mengalami penurunan mutu dibandingkan dengan makanan berdaging lainnya. Mutu ikan disebabkan banyak faktor instrinsik dan ekstrinsik. Faktor instrinsik diantaranya jenis, ukurannya, kelamin, kandungan gizi pada ikan, sifat biokimia ikan, dan lain sebagainya. Faktor ekstrinsik dipengaruhi oleh cara penangkapan, lokasi atau pun tempat penangkapan, kondisi kapal termasuk kebersihan kapal, terutama cara penanganannya setelah ditangkap. Berikut fase yang dilalui setelah ikan mati.

1. Prerigor

   Pre rigor terjadi pada saat setelah ikan mati, di fase tersebut otot ikan menjadi lemas. Fase pre rigor ini, terjadi lepasnya lendir dari kelenjar yang ada di bawah kulit dalam jumlah yang banyak dan menjadi lapisan lendir yang tebal pada tubuh ikan Hadiwijayanto (1993) dalam Naiu *et al*., (2018). Keadaan pada saat otot lemas, ditandai dengan kurangnya ATP dan creatin phosphate. Pada fase ini glikogen berubah menjadi asam laktat serta turunnya pH. Nilai pHnya berkisar 6,4 sampai 6,8 tergantung pada jenis ikan. Dibandingkan dengan

produk lainnya, produk perikanan mencapai pH yang cukup tinggi. Hal tersebut yang menyebabkan produk ternak lebih tahan dibanding dengan produk perikanan (Naiu *et al.*, 2018).

Pada fase pre rigor, ikan masih segar karena memiliki karakteristik yang sama dengan ikan hidup yaitu daging kering, tidak ada cairan, pH netral. Permukaan ikan akan kembali seperti semula apabila ditekan dengan jari, dengan tidak keluarnya zat alir dari jaringan tubuh ikan (Naiu *et al.*, 2018). Badan Standardisasi Nasional, (2013) menyatakan salah satu ciri ikan segar yaitu teksturnya sangat elastis, kompak, dan padat.

Fase pre rigor terjadi sangat cepat, tergantung pada jenis, kondisi ikan, serta suhu lingkungannya. Ikan yang memiliki kandungan protein, lemak, dan air yang tinggi, fase pre rigornya berlangsung sangan cepat (Naiu *et al.*, 2018).

2. Rigor mortis

Mengejangnya tubuh ikan setelah fase pre rigor dinamakan fase rigor mortis. Waktu rigor dipengaruhi glikogen yang ada pada ikan serta suhu lingkungan. Masa ini dapat berlangsung hanya dalam hitungan jam atau pun beberapa hari. Rigor mortis dapat tertunda apabila kandungan glikogen ikan tinggi, sehingga mutu ikan tetap terjaga. Rigor mortis berhubungan dengan menurunnya ATP. Pada fase ini, meskipun dirangsang otot tidak mau berkontraksi serta tidak dapat mempertahankan kekenyalannya, yang mengakibatkan otot mengejang (Naiu *et al.*, 2018).

Kejangnya ikan dimulai dari ekor sampai ke kepala. Ekor merupakan bagian yang kecil kandungan ATPnya, karena ekor merupakan bagian dari tubuh ikan yang secara aktif bergerak. Oleh karena itu, bagian ekor paling

singkat tahap pre rigornya dibanding bagian yang lainnya (Naiu *et al.*, 2018).

Lamanya fase rigor mortis juga dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya jenis ikan, keadaan ikan, serta suhu lingkungan, lamanya antara 30 sampai 120 jam (Naiu *et al.*, 2018).

Fase rigor mortis dapat mempengaruhi cara penanganan serta pengolahannya. Tekstur bergelombang seperti karet akan terbentuk dari pemotongan ikan dalam masa rigor mortis (Wheaton and lawson, 1985) dalam (Naiu *et al.*, 2018). Diakhir fase rigor mortis, pH akan meningkat sehingga menjadi basa disebabkan karena senyawa volatile yang terbentuk.

3. Post rigor

Setelah fase kejang atau rigor mortis, melunaknya kembali daging ikan disebut dengan post rigor. Melunaknya tekstur daging ikan merupakan tanda awal dari proses penurunan mutu ikan. Yaitu proses autolisis dan kemudian proses pembusukan karena aktivitas mikroorganisme. Autolisis pada ikan merupakan aktivitas enzimatis yang menguraikan daging dalam tubuh ikan sehingga merusak organ lainnya karena tidak adanya kendali dari otak. Jumlah bakteri meningkat karena mengikuti proses autolisis. Ini disebabkan karena hasil dari uraian enzim merupakan media yang cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Perubahan yang terjadi pada ikan pada fase pre rigor dan post rigor belum memperlihatkan perubahan yang signifikan, sehingga masih digolongkan ikan segar. Ikan mulai mengalami pembusukan Ketika masuk ke fase post rigor. Pada fase post rigor terjadi perubahan rasa, warna, bau, serta tekstur yang tidak diinginkan dan dapat dijadikan indikator dalam menilai tingkat kesegaran ikan

4.2 Penanganan Ikan Hasil Tangkapan

A. Prinsip dan Tujuan Penanganan Pasca Panen

Penanganan ikan yang telah ditangkap tergantung dari beberapa hal menurut Zailanie, (2015) dalam Naiu *et al*.,(2018):

1. Bentuk Ikan yang akan disalurkan (kering, diasap, dan lain sebagainya)
2. Permintaan pasar (utuh, fillet, dan lain sebagainya)
3. Ukuran serta bentuk ikan
4. Jenis ikan

Sebagian besar ikan yang dipasarkan adalah bentuk ikan segar khususnya ikan basah. Ikan segar menurut SNI 2729:2013 adalah ikan yang belum diberikan perlakuan apa pun kecuali pendinginan. Secara organoleptik mempunyai ciri-ciri mata cerah dan cemerlang, bau segar spesifik jenis, teksturnya padat, kompak dan elastis. Ikan segar banyak digunakan sebagai bahan mentah dalam proses pengolahan berbagai produk. Hasil tangkapan yang disalurkan harus dalam keadaan segar sehingga memerlukan aturan dalam penanganannya. Prinsip dalam penanganan ikan segar adalah cepat atau segera, cermat atau hati-hati, bersih, serta menerapkan suhu rendah.

Ikan yang dijual dalam bentuk segara harus ditangani dengan baik agar mutunya tetap terjaga dan nilai jualnya tetap tinggi. Aturan dalam penanganan berlaku untuk semua jenis ikan baik yang ditangkap di laut, perairan umum, atau pun ikan yang diperoleh dari perairan yang ada di darat (tambak, kolam, dan lain sebagainya) (Naiu *et al.*, 2018).

Dalam SNI 2729:2013 Penanganan ikan segar adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku ikan utuh segar

   Ikan utuh segara memiliki resiko terkontaminasi bakteri yang menyebabkan penyakit jika tidak ditangani dengan menerapkan prinsip sanitasi dan hygiene, juga memiliki resiko penurunan mutu disebabkan salahnya dalam penanganan. Oleh karena itu, bahan baku harus ditangani dengan dengan cepat, saniter, cermat dalam suhu yang rendah.
2. Sortasi

   Dalam proses sortasi resiko terkontaminasinya ikan dengan bakteri patogen tetap ada jika sanitasi dan hygienenya kurang. Begitu pun dengan kerusakan fisik masih bisa terjadi karena kesalahan dalam penanganan. Oleh karena itu, ikan yang dipisahkan menurut jenis, ukuran, serta mutunya harus dilakukan dengan cepat, cermat, siniter pada suhu yang rendah atau dingin.
3. Pencucian 1

   Dalam proses pencucian 1 resiko terkontaminasinya ikan dengan bakteri patogen tetap ada jika sanitasi dan hygienenya kurang. Begitu pun dengan kerusakan fisik masih bisa terjadi karena kesalahan dalam penanganan. Oleh karena itu, ikan perlu dicuci dengan air yang mengalir dengan cermat, cepat, siniter pada suhu yang rendah atau dingin.
4. Penyiangan

   Ikan dibuang insang serta isi perutnya dengan cermat, cepat, saniter, serta dalam keadaan dingin karena dalam proses penyiangan resiko terkontaminasinya ikan dengan bakteri patogen tetap ada jika sanitasi dan hygienenya kurang.

Begitu pun dengan kerusakan fisik masih bisa terjadi karena kesalahan dalam penanganan. Tujuannya agar diperoleh ikan dalam keadaan yang bersih dari insang atau isi perut dan mengurangi kontaminasi bakteri penyebab penyakit atau patogen.

5. Pencucian 2

   Dalam proses pencucian 2 resiko terkontaminasinya ikan dengan bakteri patogen tetap ada jika sanitasi dan hygienenya kurang. Begitu pun dengan kerusakan fisik masih bisa terjadi karena kesalahan dalam penanganan. Oleh karena itu, ikan perlu dicuci dengan air yang mengalir dengan cermat, cepat, siniter pada suhu yang rendah atau dingin. Tujuannya adalah untuk memperoleh ikan yang sesuai dengan spesifikasi terutama kebersihannya.

6. Penimbangan

   Ikan ditimbang sesuai dengan spesifikasinya dengan cermat, cepat, saniter, serta dalam keadaan dingin karena dalam proses penimbangan resiko terkontaminasinya ikan dengan bakteri patogen tetap ada jika sanitasi dan hygienenya kurang. Begitu pun dengan kerusakan fisik masih bisa terjadi karena kesalahan dalam penanganan. Tujuannya agar diperoleh ikan yang cocok dengan spesifikasi.

7. Pengemasan dan pelabelan

   Ikan dimasukkan kedalam wadah yang berinsulasi (*Styrofoam*) secara bersusun kemudian dipertahankan suhu dinginnya dengan menggunakan es. Pada proses pengemasan dan pelabelan resiko terkontaminasinya ikan kerena kurangnya sanitasi dan higiene masih bisa terjadi. Dalam proses pelabelan dan pengemasan juga dapat terjadi kesalahan label dan mutu ikan dapat

menurun karena kesalahan penanganan. Oleh karena itu diperlukan pengemasan dan pelabelan yang baik untuk melindungi ikan selama diangkut atau transportasi serta keselahan dalam pelabelan.

8. Pemuatan

   Dalam proses pemuatan resiko terkontaminasinya bakteri patogen masih dapat terjadi karena tidak adanya atau kurangnya sinitasi dan hygiene begitu pun dengan kemunduran mutu karena salahnya penanganan. Oleh karena itu dalam proses pemuatan ikan harus dikemas dengan alat transportasi yang terlindung dari segala hal yang dapat menyebabkan rusaknya atau turunnya mutu ikan. Tujuannya adalah untuk memperoleh ikan yang aman untuk dimakan serta terlindung dari rusaknya fisik ikan dalam proses pemuatan.

Pada semua tahapan proses penanganan di atas harus menerapkan prinsip penanganan yaitu cepat, cermat/hati-hati, bersih sehat atau penerapan sanitasi dan hygiene, dan penerapa suhu rendah. Jenis ikan tertentu seperti jenis ikan scombroid, suhu harus dijaga anatar 0^{o} C samapi 4.4^{o} C pada semua rangkaian prosesnya untuk mencegah peningkatan histamin. Menurut Metusalach *et al*., (2014)suhu dalam penanganan ikan harus dijaga agar tetap rendah yaitu sekitar 0^{o} C dan dihindarkan dari sinar matahari agar suhunya tetap dingin. Pendinginan dapat dilakukan dengan es dengan perbandingan 1 : 1.

Peralatan yang dipakai untuk penanganan memilik permukaan yang rata dan halus, tidak terkelupas, tidak korosi, bukan sumber cemaran mikroorganisme, air tidak dapat meresap pada peralatan, tidak retak, tidak dapat berpengaruh terhadap kualitas produk serta dapat dengan gampang dibersihkan. Peralatan penanganan tersebut harus dalam keadan bersih baik sebelum,

selama dipakai, dan sesudah dipakai. Peralatan tersebut antara lain pisau atau alat yang dapat dipakai untuk memotong, tempat penampungan, kotak yang memiliki insulasi, keranjang yang terbuat dari plastik, meja proses serta timbangan.

B. Penanganan ikan di atas kapal dan di darat

Bagian yang paling penting dalam rantai industri perikanan adalah penanganan ikan segar karena akan menentukan mutu dari ikan tersebut. Pada dasarnya penanganan ikan terbagi dua yaitu penanganan di atas kapal dan penanganan di darat.

1. Penanganan ikan di atas kapal

   Di atas kapal penanganan ikan dapat berhasil, tergantung dari beberapa hal di bawah ini :

   a. Pengetahuan serta kesadaran para anak buah kapal tentang pentingnya penanganan ikan yang baik.
   b. Tersedianya peralatan penanganan khususnya penyimpanan, contohnya wadah yang berisolasi dengan jumlah yang cukup.
   c. Banyaknya es yang dibawa saat melakukan operasi penangkapan ikan.

   Bagian kapal yang umum digunakan saat penanganan adalah dek. Pada bagian dek kapal perlu dilapisi aluminium atau bahan lain yang dapat memudahkan abk untuk membersihkannya, kemudian bagian dek dapat disiram dengan air laut menggunakan pompa, dek juga perlu disikat agar bersih dari kotoran, peralatan yang digunakan juga perlu dibersihkan dan disimpan di tempat yang memudahkan para abk untuk menjangkaunya. Jika penanganan dilakukan pada siang hari perlu diperlukan tenda atau terpal untuk menutup bagian atas dek agar lantainya tidak terkena panas, ikan

yang ditangani juga tidak terkena sinar matahari yang dapat menurunkan mutunya. Tetapi jika penanganan dilakukan pada malam hari, diperlukan lampu-lampu penerangan.

Tahapan penanganan ikan di atas kapa sebagai berikut:

a. Pengangkatan ikan dari alat tangkap

Ikan yang ditangkap harus segara diangkat untuk mendapatkan penanganan berikutnya. Pengangkatan pun harus dilakukan secara hati-hati. Terlambatnya proses pengangkatan ikan akan menambah resiko menurunnya mutu hasil tangkapan. Ketidak hati-hatian juga dapat meningkatkan resiko penurunan mutu. Menurut Handoko and Yuniarti, (2023), prinsip kehati-hatian dalam penanganan ikan dapat menghindarkan ikan dari kerusakan fisik seperti terkelupas, memar, dan pecahnya perut.

b. Sortasi

Dalam proses sortasi ikan kecil dipisahkan dengan ikan besar begitu pun dengan jenisnya. Tujuan sortasi adalah mempermudah proses penanganan selanjutnya. Dalam SNI 2729:2013 tentang ikan segar mengatakan bahwa sortasi harus dilakukan dengan cermat, cepat, bersih, serta menjaga agar suhunya tetap rendah.

c. Pengeluaran isi perut dan darah

Pengeluaran isi perut dan darah ini dilakukan pada ikan tuna yang berukuran besar. Pada proses ini harus dilakukan dengan hati-hati serta rapi agar tidak mengenai bagian lain (Astawan, 2022).

d. Pencucian

Pencucian ikan dapat dilakukan dengan air tawar atau pun air laut. Tujuan dari pencucian adalah untuk menghilangkan sisa darah dan bakteri yang berada pada kulit, serta menghilangkan lapisan lender. Sisa air pencucian ikan harus segera dibuang.

e. Pendinginan dan penyimpanan

2. Penanganan ikan di darat

Ikan yang telah didaratkan harus segera ditangani agar ikan yang sampai ke konsumen tetap dalam keadaan yang segar. Berikut cara penangan ikan di darat (Naiu *et al.*, 2018):

a. Ikan yang akan dilelang atau dijual harus selalu dalam keadaan dingin.
b. Pencucian ikan harus menggunakan air yang bersih.
c. Ikan tidak boleh disimpan dilantai dan harus selalu dalam keadaan dingin.
d. Ikan dikelompokkan berdasarkan mutu, jenis, serta ukurannya.
e. Dalam proses penyiangan dan pencucian suhu ikan harus dalam keadaan dingin.
f. Ikan yang akan dikirim dan memerlukan waktu yang cukup lama untuk menunggu, sebaiknya menggunakan es baru dan diatur ulang.

Mutu ikan hasil tangkapan saat di atas kapal dan di darat akan berbeda atau terdapat penurunan nilai organoleptik. Nilai organleptik ikan di atas kapal lebih tinggi dibandingkan ketika sudah diturunkan ke darat ini disebabkan karena waktu transit yang lama serta kurang higienisnya peralatan penanganan yang digunakan (Hutapea *et al.*, 2025).

Penanganan ikan di darat meliputi pembongkaran, diangkut ke tempat pelelangan ikan, kemudian ke cold storage, dan setelah itu diangkut oleh pengepul atau tengkulak (Junianto and Lail. Dede Nishfi Tamamul Lail, 2025).

4.3 Pendinginan Ikan

Pendinginan ikan adalah menghilangkan panas dari tubuh ikan tujuannya untuk pengawetan. Pada pendinginan ini, suhu ikan diturunkan sangat rendah tetapi tidak sampai menyebabkan pembekuan. Pendinginan tidak dapat mengawetkan ikan secara total tetapi, semakin rendah suhu pendinginan ikan, maka aktivitas mikrobiologi dan enzimatis semakin berkurang (Irianto and Giyatmi, 2015).

1. Pendinginan dengan Es

   Pendinginan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu cara yang umum digunakan nelayan adalah dengan menggunakan es. Menurut Handoko and Yuniarti (2023), pendinginan yang dilakukan nelayan ada juga yang menggunakan freezer.

   Ikan yang didinginkan dengan menggunakan es biasanya disimpan dalam palka dengan suhu sekitar 2^{o} C sampai 5^{o} C. berikut beberapa cara penyimpanan ikan dalam palka:

   a. Bulking : cara ini dilakukan dengan mencampurkan ikan dan es atau ikan dan es disusun berlapis dalam sebuah rak. Ikan yang saling bersentuhan tidak akan mengalami proses pendinginan dengan cepat. Menurut (Astawan, 2022) cara ini tidak dianjurkan dan kadang kala dipakai untuk ikan dengan nilai ekonomis yang rendah.
   b. Shelfing : Ini dilakukan dengan cara ikan yang disimpan tidak boleh bersentuhan langsung dengan

ikan yang lain tetapi dibatasi dengan es. Ikan disimpan di dalam rak yang hanya boleh menyimpan satu lapis ikan saja (Astawan, 2022). Dan biasanya dilakukan pada ikan yang berukuran besar dan posisi perut ikan menghadap kebawah dan pada akhirnya penampakan ikannya akan lebih menarik di banding ikan yang bertumpuk (Kementerian Pedidikan dan Kebudayaan RI, 2013).

c. Boxing : Pada palka kapal disiapkan peti untuk menyimpan ikan. Peti harus cukup besar agar mampu menampung ikan dan es dalam jumlah yang banyak. Hal yang harus dihindari adalah ikan bersentuhan langsung dengan peti (Kementerian Pedidikan dan Kebudayaan RI, 2013).

Ikan yang diberi lapisan es memiliki tujuan untuk mendinginkan ikan sehingga dapat menghambat aktivitas enzim dan mikroorganisme pembusuk (Kementerian Pedidikan dan Kebudayaan RI, 2013).

Ikan dapat didinginkan dengan beberapa jenis es di bawah ini (Irianto and Giyatmi, 2015):

a. Es balok (*block ice*), dapat disimpan pada peralatan yang berinsulasi juga bisa diangkut oleh kapal dalam keadaan utuh atau pun telah dihancurkan.
b. Es hancuran (*crushed ice*), memiliki risiko yaitu dapat merusuk bagian tubuh ikan karena potongannya yang terkadang tajam.
c. Es kecil (*small ice*), diproduksi dalan bentuk potongan kecil secara kontinu.
d. Es serpihan (*flake ice*) , dibuat dengan menggunakan *refrigerated drum*. Es ini mudah diaplikasikan pada ikan dan lapisan es dapat merata pada semua ikan.
e. Es lempengan (*plate ice*), dibuat dengan menggunakan *refrigerated plate*. Es ini juga mudah

diaplikasikan pada ikan dan dapat merata pada seluruh lapisan ikan.

f. Es dalam bentuk pipa (*tube ice*), dibuat dengan menggunakan *refrigerated tube.*

Perbandingan ikan dan es yang baik ialah 1 : 1, tetapi dapat pula menggunakan perbandingan 3 : 1 jika wadahnya berinsulasi baik tetapi penyimpanannya memiliki waktu yang sangat terbatas.

2. Pendinginan dengan Media Cair (*Chilled Water*)
   a. Air Laut Dingin (*Chilled Sea Water / CSW*): Ikan direndam dalam campuran air laut dan es.
   b. Air Laut Refrigirasi (*Refrigerated Sea Water / RSW*): Air laut didinginkan menggunakan mesin kompresor mekanis (refrigerasi) tanpa penambahan es. Cocok untuk palka kapal penangkap skala besar.

   Perbandingan ikan dan air laut dingin sebaiknya antara 3 : 1 dan 4 : 1 (Irianto and Giyatmi, 2015).
3. Pendinginan Mekanis (*Chiller*)

   Penggunaan unit refrigirasi udara (*air cooling*) pada ruang pendingin (*chilled room*) bertemperatur 0^{o} C hingga 4^{o} C. Biasanya digunakan untuk penyimpanan sementara sebelum pemrosesan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Astawan, M. (2022), *Penanganan Dan Pengolahan Hasil Perikanan*, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan.

Badan Standardisasi Nasional. (2013), *Ikan Segar*, *Badan Standardisasi Nasional*, Indonesia.

Handoko, P.Y. and Yuniarti, T. (2023), "Penanganan Ikan Hasil Tangkapan di Atas Kapal dan di Pendaratan: Penerapan, Dampak, dan Upaya Perbaikan", *Kelautan Dan Perikanan Terapan*.

Hutapea, R.Y.F., Achmad, A. and Pramesthy, T.D. (2025), "Identifikasi Hasil Tangkapan dan Tingkat Kesegaran Hasil Tangkapan Pada KM Sari Usaha 09 di Kota Bitung", *Aurelia Journal*, Vol. 7 No. 1, pp. 21–32.

Irianto, E.H. and Giyatmi, S. (2015), *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*, 2nd ed., Universitas Terbuka, Tangerang Selatan.

Junianto and Lail. Dede Nishfi Tamamul Lail. (2025), "Analisis Penanganan Ikan Pasca Tangkap Pada Kapal Nelayan di Karangsong, Indramayu Jawa Barat", *Journal of Indonesian Tropical Fisheries*, Vol. 8 No. 1.

Kementerian Pedidikan dan Kebudayaan RI. (2013), *Dasar-Dasar Teknik Penangkapan Ikan, Penanganan Dan Penyimpanan Hasil Tangkap*, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI, Jakarta.

Metusalach, Kasmiati, Fahrul and Jaya, I. (2014), "Pengaruh Cara Penangkapan, Fasilitas Penanganan, dan Cara Penanganan Ikan Terhadap Kualitas Ikan Yang Dihasilkan", *Ipteks PSP*, Vol. 1 No. 1, pp. 45–52.

Naiu, S.A., Koniyo, Y., Nursinar, S. and Kasim, F. (2018), *Penanganan Dan Pengolahan Hasi Perikanan*, Athra Samudra, Gorontalo.

Nurilmala, M., Nurjanah, Fatriani, A., Indarwati, A.R. and Pertiwi, M.R. (2021), "Kemunduran Mutu Ikan Baronang (siganus javus) Pada Penyimpanan Suhu Chilling", *Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, Vol. 12 No. 1.

BAB 5

TEKNOLOGI PEMBEKUAN DAN *THAWING*

Oleh Dian Purnamasari Anwar

Ikan dan produk perikanan merupakan bahan pangan bernilai gizi tinggi yang kaya akan protein, asam lemak tidak jenuh, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif. Namun, kandungan air yang tinggi, aktivitas enzim endogen, pertumbuhan mikroorganisme, serta kerentanan lipid terhadap oksidasi menyebabkan hasil perikanan mudah mengalami penurunan mutu setelah penangkapan atau pemanenan. Oleh karena itu, penerapan teknologi pengolahan dan pengawetan yang tepat diperlukan untuk mempertahankan mutu, keamanan, dan nilai ekonomis produk perikanan

Penggunaan suhu rendah merupakan salah satu metode penting dalam pengawetan hasil perikanan. Pendinginan dapat memperlambat proses kerusakan untuk penyimpanan jangka pendek, sedangkan pembekuan memungkinkan produk disimpan dalam waktu yang lebih lama. Proses pembekuan dilakukan dengan menurunkan suhu bahan hingga sebagian besar air dalam jaringan berubah menjadi kristal es. Kondisi tersebut dapat mengurangi ketersediaan air bagi mikroorganisme dan memperlambat berbagai reaksi kimia maupun biokimia. Meskipun demikian, pembekuan tidak sepenuhnya menghentikan perubahan mutu karena beberapa reaksi, seperti denaturasi protein dan oksidasi lipid,

masih dapat berlangsung selama penyimpanan beku (Nakazawa & Okazaki, 2020).

Mutu produk perikanan beku dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama laju pembekuan, ukuran dan distribusi kristal es, suhu dan lama penyimpanan, kestabilan rantai dingin, jenis kemasan, penggunaan *glazing*, serta kondisi dan kesegaran bahan baku sebelum pembekuan. Pembekuan dengan laju yang lebih cepat pada umumnya menghasilkan kristal es yang lebih kecil dan tersebar lebih merata sehingga potensi kerusakan fisik terhadap struktur jaringan dapat dikurangi. Kondisi tersebut dapat membantu mempertahankan tekstur dan kemampuan jaringan dalam mengikat air setelah proses pencairan. Sebaliknya, pembekuan yang berlangsung lambat atau fluktuasi suhu selama penyimpanan dapat mendorong pertumbuhan dan rekristalisasi kristal es, yang berpotensi memperbesar kerusakan jaringan dan menurunkan mutu produk. Namun, pengaruh ukuran kristal es terhadap mutu akhir juga berkaitan dengan karakteristik spesies, kondisi protein, tingkat kesegaran bahan baku, dan kondisi pengolahan produk (FAO, 2001; Nakazawa & Okazaki, 2020).

Tahap *thawing* atau pencairan kembali merupakan bagian penting dalam teknologi produk perikanan beku. Proses *thawing* yang tidak tepat dapat menyebabkan peningkatan *drip loss*, penurunan *water-holding capacity*, perubahan tekstur, serta mempercepat perubahan oksidatif pada lipid dan protein. Selain itu, peningkatan suhu yang tidak terkendali selama pencairan dapat meningkatkan risiko pertumbuhan mikroorganisme. Oleh karena itu, proses pembekuan dan *thawing* perlu dipandang sebagai satu kesatuan dalam sistem rantai dingin untuk menghasilkan produk perikanan yang aman dan bermutu tinggi (Erikson *et al.*, 2021; Chan *et al.,* 2022;).

5.1 Pembekuan

Pembekuan merupakan salah satu metode pengawetan yang bertujuan memperpanjang umur simpan hasil perikanan dengan mempertahankan mutu produk sedekat mungkin dengan kondisi awalnya. Melalui penurunan suhu hingga sebagian besar air dalam jaringan membeku, pertumbuhan mikroorganisme dapat dihambat dan aktivitas enzim serta berbagai reaksi penyebab kerusakan dapat diperlambat. Meskipun pembekuan tidak sepenuhnya menghentikan seluruh perubahan mutu, penerapan proses pembekuan dan penyimpanan beku yang tepat dapat mempertahankan karakteristik fisik, kimia, sensori, dan nilai gizi produk selama periode penyimpanan yang lebih lama (Erikson *et al*., 2021).

Secara khusus, pembekuan hasil perikanan bertujuan untuk:

1. menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme;
2. memperlambat aktivitas enzim yang berperan dalam penurunan mutu;
3. memperlambat reaksi kimia dan biokimia, termasuk perubahan oksidatif;
4. mempertahankan karakteristik sensori, seperti warna, aroma, tekstur, dan cita rasa;
5. mempertahankan nilai gizi selama penyimpanan;
6. memperpanjang masa simpan produk;
7. mengurangi kehilangan pascapanen dan kerugian ekonomi;
8. memungkinkan penyimpanan dalam jumlah besar untuk menjaga ketersediaan produk ketika pasokan hasil tangkapan berkurang;

9. mendukung distribusi produk ke daerah yang jauh dari lokasi produksi atau penangkapan; dan
10. menyediakan bahan baku beku yang dapat digunakan untuk proses pengolahan lebih lanjut.

Pembekuan juga memiliki peran penting dalam menjaga keberlangsungan rantai pasok hasil perikanan. Produk yang berasal dari daerah penangkapan atau produksi yang jauh dari pusat pengolahan dan konsumsi dapat disimpan serta didistribusikan dalam kondisi beku sehingga mutu dapat dipertahankan selama transportasi. Dengan demikian, pembekuan tidak hanya berfungsi sebagai teknologi pengawetan, tetapi juga mendukung pengurangan kehilangan hasil, penyimpanan jangka panjang, distribusi, perdagangan, dan pengembangan industri pengolahan hasil perikanan. Hal ini menjadikan pembekuan sebagai salah satu komponen utama dalam sistem rantai dingin produk perikanan modern (Svendsen *et al.,* 2022)

5.1.1 Prinsip Dasar Pembekuan

Pembekuan merupakan proses penghilangan panas dari suatu bahan sehingga suhu bahan turun sampai di bawah titik bekunya dan sebagian air berubah menjadi kristal es. Pada bahan pangan, proses pembekuan tidak terjadi pada satu suhu tertentu karena air di dalam bahan mengandung berbagai zat terlarut seperti garam, protein, gula, mineral, dan senyawa nitrogen lainnya.

Ketika suhu bahan mulai diturunkan, air bebas mulai mengalami pembentukan kristal es. Pembentukan es menyebabkan konsentrasi zat terlarut pada fase cair meningkat. Akibatnya, titik beku bahan semakin rendah dan proses pembekuan berlangsung secara bertahap.

Pada ikan, sebagian besar air berada di dalam jaringan otot, baik sebagai air bebas maupun air yang berasosiasi dengan protein. Ketika air berubah menjadi

es, distribusi air di dalam jaringan berubah dan dapat memengaruhi struktur protein serta kemampuan jaringan mempertahankan air.

Pada prinsipnya, pembekuan terjadi akibat perpindahan panas dari produk menuju media yang memiliki suhu lebih rendah. Panas yang dikeluarkan selama proses ini terdiri atas panas sensibel dan panas laten. Panas sensibel merupakan energi yang dilepaskan ketika suhu produk mengalami penurunan tanpa disertai perubahan fase, sedangkan panas laten dilepaskan ketika air dalam jaringan berubah dari bentuk cair menjadi kristal es. Pada tahap awal, suhu produk menurun hingga mencapai titik beku awal. Selanjutnya, sebagian besar energi yang dikeluarkan digunakan dalam proses pembentukan kristal es sehingga penurunan suhu berlangsung lebih lambat. Setelah sebagian besar air mengalami pembekuan, suhu produk kembali menurun hingga mencapai suhu akhir pembekuan dan kemudian dipertahankan pada suhu penyimpanan beku (Fellows, 2017).

5.1.2 Perpindahan Panas dalam Proses Pembekuan

Prinsip dasar pembekuan hasil perikanan melibatkan perpindahan panas dari produk yang memiliki suhu lebih tinggi menuju lingkungan atau media pembeku yang suhunya lebih rendah. Selama proses ini, panas secara bertahap dikeluarkan dari bagian dalam produk menuju permukaan, kemudian dipindahkan ke media pendingin. Perpindahan panas tersebut berlangsung secara tidak tunak (*unsteady-state heat transfer*) karena suhu produk terus berubah selama pembekuan, terutama ketika terjadi perubahan fase air menjadi kristal es. Oleh karena itu, proses pembekuan tidak hanya dipengaruhi oleh suhu media pembeku,

tetapi juga oleh distribusi suhu dan sifat termal produk selama proses berlangsung (Fellows, 2017).

Mekanisme perpindahan panas dalam pembekuan dapat terjadi melalui konduksi, konveksi, atau kombinasi keduanya, bergantung pada metode pembekuan yang digunakan. Pada pembekuan menggunakan udara dingin atau *air-blast freezing*, panas dari permukaan ikan ditransfer ke aliran udara dingin melalui konveksi. Selanjutnya, panas dari bagian tengah atau pusat termal produk bergerak menuju permukaan melalui konduksi. Efektivitas proses konveksi dipengaruhi oleh suhu, kecepatan, turbulensi, dan pola distribusi aliran udara. Aliran udara yang lebih seragam dapat meningkatkan keseragaman pembekuan, sedangkan kondisi aliran yang tidak merata dapat menyebabkan perbedaan laju pembekuan pada bagian produk tertentu (Xu *et al*., 2025).

Pada metode pembekuan dengan pelat kontak (*plate freezing*), mekanisme utama perpindahan panas adalah konduksi. Produk ditempatkan di antara atau bersentuhan langsung dengan pelat pendingin sehingga panas dapat berpindah dari produk menuju permukaan pelat. Efisiensi perpindahan panas pada metode ini dipengaruhi oleh luas dan kualitas kontak antara produk dengan pelat. Adanya rongga udara, ketidakteraturan bentuk produk, atau kemasan yang terlalu tebal dapat meningkatkan hambatan termal dan memperpanjang waktu pembekuan. Oleh karena itu, *plate freezing* umumnya lebih sesuai untuk produk yang memiliki bentuk dan ketebalan relatif seragam, seperti blok ikan, fillet yang dikemas, atau produk perikanan dalam kemasan berbentuk datar.

Kecepatan perpindahan panas selama pembekuan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Perbedaan suhu antara produk dan media pembeku merupakan faktor penggerak utama perpindahan panas; semakin besar perbedaan suhu, semakin besar potensi laju perpindahan panas. Selain itu, ukuran dan ketebalan produk, luas permukaan, bentuk produk, jenis dan ketebalan kemasan, serta sifat fisik dan komposisi bahan juga menentukan kecepatan pembekuan. Produk yang lebih tebal atau berukuran lebih besar umumnya membutuhkan waktu lebih lama karena panas dari pusat termal harus menempuh jarak yang lebih jauh sebelum mencapai permukaan. Sebaliknya, produk dengan rasio luas permukaan terhadap volume yang lebih besar cenderung lebih cepat melepaskan panas.

5.1.3 Titik Beku dan Pembentukan Kristal Es

Titik beku produk perikanan tidak sama dengan titik beku air murni. Air murni secara teoritis mulai membeku pada suhu 0 °C, sedangkan jaringan ikan mengandung berbagai komponen terlarut, antara lain garam mineral, protein, asam amino, dan senyawa organik lainnya. Keberadaan komponen tersebut menyebabkan terjadinya penurunan titik beku (*freezing point depression*), sehingga air dalam jaringan ikan tidak seluruhnya mulai membeku tepat pada suhu 0 °C. Ketika suhu terus menurun, air bebas secara bertahap berubah menjadi fase padat dalam bentuk kristal es, sementara sebagian air tetap tidak membeku karena terikat pada komponen jaringan atau berada dalam larutan dengan konsentrasi zat terlarut yang tinggi (Nakazawa & Okazaki, 2020).

Proses pembentukan kristal es dimulai dengan nukleasi, yaitu terbentuknya inti kristal yang menjadi pusat awal pembentukan es. Sebelum nukleasi terjadi,

produk dapat mengalami kondisi *supercooling*, yaitu keadaan ketika suhu bahan telah berada di bawah titik bekunya, tetapi kristal es belum terbentuk dalam jumlah yang signifikan. Setelah inti kristal terbentuk, molekul-molekul air di sekitarnya mulai bergabung dan menyebabkan kristal mengalami pertumbuhan. Jumlah inti kristal, ukuran kristal, serta pola distribusinya dalam jaringan dipengaruhi oleh kondisi pembekuan, khususnya tingkat *supercooling*, kecepatan penurunan suhu, dan karakteristik fisik bahan (Subasi & Capanoglu, 2024).

Laju pembekuan mempunyai peranan penting dalam menentukan karakteristik kristal es yang terbentuk. Pada pembekuan cepat, penurunan suhu berlangsung dalam waktu singkat dan dapat menghasilkan tingkat *supercooling* yang lebih tinggi. Kondisi tersebut mendorong terbentuknya inti kristal dalam jumlah lebih banyak sehingga kristal es yang dihasilkan cenderung berukuran kecil dan tersebar lebih merata. Sebaliknya, pembekuan lambat menghasilkan jumlah inti kristal yang relatif lebih sedikit, sementara waktu yang tersedia untuk pertumbuhan kristal menjadi lebih panjang. Akibatnya, kristal es dapat berkembang menjadi lebih besar dan berpotensi menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada struktur jaringan (Nakazawa & Okazaki, 2020).

Pada proses pembekuan hasil perikanan, rentang suhu sekitar -1 hingga −5 °C merupakan tahap yang sangat penting karena pada rentang tersebut terjadi pembentukan sebagian besar kristal es. Zona ini sering disebut sebagai zona pembentukan kristal es maksimum Kecepatan produk melewati zona tersebut sangat menentukan ukuran kristal yang terbentuk. Produk yang melewati zona ini dengan cepat memiliki waktu yang lebih singkat untuk pertumbuhan kristal es, sehingga

ukuran kristal yang dihasilkan relatif lebih kecil. Oleh karena itu, teknologi pembekuan cepat umumnya lebih efektif dalam mempertahankan struktur jaringan dibandingkan dengan pembekuan yang berlangsung secara lambat (Johnston *et al*., 1994; Nakazawa & Okazaki, 2020; Grover & Negi, 2023).

Ukuran dan distribusi kristal es berpengaruh secara langsung terhadap tingkat kerusakan jaringan ikan. Kristal es yang berukuran besar dapat memberikan tekanan mekanis terhadap membran sel dan struktur serat otot. Kerusakan tersebut dapat menyebabkan terganggunya integritas jaringan dan menjadi lebih nyata setelah produk mengalami proses pencairan kembali (*thawing*). Ketika sel dan jaringan mengalami kerusakan, sebagian cairan intraseluler dapat keluar dalam bentuk *drip loss*. Cairan yang hilang tersebut dapat mengandung protein larut, mineral, dan komponen lain yang berkontribusi terhadap mutu dan nilai gizi produk. Peningkatan *drip loss* dapat menyebabkan penurunan kemampuan menahan air, perubahan tekstur, dan penurunan mutu sensori hasil perikanan (Nakazawa & Okazaki, 2020; Zhu *et al*., 2021).

Selain ukuran, lokasi dan pola distribusi kristal es juga menentukan tingkat kerusakan yang terjadi pada jaringan. Pada pembekuan lambat, kristal es cenderung tumbuh lebih besar dan dapat berkembang pada ruang antarsel. Kondisi tersebut dapat menyebabkan perubahan distribusi air dan meningkatkan tekanan terhadap struktur sel. Sebaliknya, pembekuan yang berlangsung cepat menghasilkan kristal es yang lebih kecil dan distribusinya cenderung lebih merata. Kondisi ini dapat membantu mengurangi kerusakan fisik pada jaringan sehingga struktur serat otot dan kemampuan produk untuk mempertahankan air setelah *thawing* dapat dipertahankan dengan lebih baik.

Dengan demikian, pengendalian pembentukan kristal es menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan proses pembekuan hasil perikanan. Laju pembekuan, suhu media pembeku, waktu proses, serta karakteristik produk perlu dikendalikan untuk menghasilkan kristal es dengan ukuran dan distribusi yang dapat meminimalkan kerusakan jaringan. Selain itu, kestabilan suhu selama penyimpanan juga diperlukan untuk mencegah perubahan ukuran kristal akibat rekristalisasi. Pengembangan teknologi pembekuan modern terus diarahkan untuk mengendalikan proses nukleasi dan pertumbuhan kristal es sehingga mutu fisik, kimia, dan sensori produk perikanan dapat dipertahankan selama pembekuan dan penyimpanan.

5.1.4 Laju Pembekuan

Laju pembekuan merupakan salah satu parameter penting yang menentukan kualitas produk setelah pembekuan. Berdasarkan kecepatannya, proses pembekuan secara umum dapat dibedakan menjadi pembekuan lambat dan pembekuan cepat. Pada pembekuan lambat, produk mengalami penurunan suhu secara bertahap sehingga waktu yang tersedia untuk pembentukan dan pertumbuhan kristal es menjadi lebih panjang. Kondisi tersebut memungkinkan air dalam jaringan berpindah dan bergabung dengan kristal yang telah terbentuk. Akibatnya, jumlah inti kristal relatif lebih sedikit, tetapi kristal yang terbentuk dapat berkembang menjadi lebih besar, terutama pada ruang antarsel. Kristal berukuran besar berpotensi menyebabkan tekanan mekanis dan kerusakan pada membran sel serta struktur serat otot. Sebaliknya, pembekuan cepat menyebabkan produk melewati zona pembentukan kristal es maksimum dalam waktu yang lebih singkat.

Penurunan suhu yang cepat meningkatkan pembentukan inti kristal (*nucleation*) sehingga jumlah kristal es yang terbentuk menjadi lebih banyak, tetapi ukurannya relatif lebih kecil dan distribusinya lebih merata. Kondisi tersebut dapat mengurangi perpindahan air yang berlebihan dari dalam jaringan serta meminimalkan kerusakan struktur sel. Pada produk akuatik, teknologi pembekuan cepat, termasuk pembekuan kriogenik menggunakan nitrogen cair, dilaporkan mampu menghasilkan kristal es yang lebih kecil dan membantu mempertahankan struktur serta mutu produk (Nakazawa & Okazaki, 2020; Grover & Negi, 2023).

Pengaruh laju pembekuan terhadap mutu produk terutama terlihat pada kemampuan jaringan dalam mempertahankan air setelah proses pencairan. Kristal es berukuran besar yang terbentuk selama pembekuan lambat dapat merusak membran sel dan menyebabkan cairan intraseluler keluar ketika produk dicairkan. Kondisi tersebut meningkatkan *drip loss* dan dapat menyebabkan hilangnya komponen terlarut, seperti protein, mineral, dan senyawa lain yang terdapat dalam cairan jaringan. Sebaliknya, pembentukan kristal yang lebih kecil pada pembekuan cepat cenderung mengurangi kerusakan jaringan sehingga kemampuan menahan air dan tekstur produk dapat dipertahankan dengan lebih baik (Kaale & Eikevik, 2014).

Meskipun pembekuan cepat umumnya memberikan keuntungan terhadap mutu produk, laju pembekuan yang sangat tinggi tidak selalu memberikan hasil yang optimal pada semua jenis produk. Kondisi pembekuan yang ekstrem dapat meningkatkan risiko terjadinya retakan pada permukaan produk akibat perubahan suhu yang sangat cepat. Selain itu, penerapan teknologi pembekuan cepat biasanya membutuhkan peralatan khusus dan konsumsi energi atau biaya operasional yang

lebih besar. Oleh sebab itu, pemilihan laju dan metode pembekuan perlu mempertimbangkan jenis produk, ukuran dan ketebalan bahan, kapasitas produksi, kebutuhan mutu, efisiensi energi, serta kondisi distribusi produk.

Dengan demikian, laju pembekuan merupakan parameter penting dalam pengendalian mutu hasil perikanan beku. Pembekuan cepat pada umumnya lebih efektif dalam menghasilkan kristal es yang kecil dan tersebar lebih merata, sehingga kerusakan mikrostruktur jaringan dapat diminimalkan. Namun, keberhasilan proses pembekuan tidak hanya ditentukan oleh tingginya laju pembekuan, melainkan juga oleh kesesuaian antara teknologi yang digunakan, karakteristik produk, dan pengendalian suhu selama penyimpanan. Oleh karena itu, penentuan kondisi pembekuan yang optimal diperlukan untuk memperoleh keseimbangan antara mutu produk, efisiensi proses, dan biaya operasional.

Faktor yang memengaruhi laju pembekuan antara lain:

- suhu media pembekuan;
- kecepatan aliran udara;
- ukuran dan ketebalan produk;
- bentuk produk;
- komposisi bahan;
- kadar air;
- jenis kemasan;
- kontak antara produk dan media pendingin;
- perbedaan suhu antara produk dan media pembeku;
- koefisien perpindahan panas; dan
- kondisi permukaan produk.

Produk dengan ukuran kecil dan ketebalan rendah umumnya lebih cepat membeku dibandingkan produk berukuran besar.

5.1.5 Pengaruh Pembekuan terhadap Komponen Ikan

1. Protein

Protein merupakan salah satu komponen utama pada daging ikan yang berperan penting dalam menentukan tekstur, kemampuan mengikat air, serta berbagai sifat fungsional produk. Proses pembekuan dapat memengaruhi stabilitas struktur protein, terutama apabila produk disimpan dalam kondisi beku dalam waktu yang panjang atau mengalami perubahan suhu secara berulang selama penyimpanan dan distribusi. Pembentukan kristal es selama pembekuan dan perubahan lingkungan mikro protein dapat menyebabkan perubahan pada struktur dan sifat fungsional protein, terutama protein miofibril yang berperan besar dalam pembentukan tekstur jaringan otot ikan.

Selama pembekuan, sebagian besar air bebas berubah menjadi es sehingga konsentrasi zat terlarut dalam fraksi air yang belum membeku meningkat. Perubahan tersebut dapat mengubah lingkungan protein dan meningkatkan interaksi antarmolekul. Selain itu, pembentukan kristal es dapat memberikan tekanan fisik terhadap struktur jaringan. Kombinasi perubahan fisik dan kimia tersebut dapat memicu denaturasi dan agregasi protein, yang selanjutnya menurunkan kemampuan jaringan dalam mempertahankan air (Kang *et al.,* 2020)

2. Lemak

Lemak merupakan salah satu komponen penting dalam produk perikanan, terutama pada jenis ikan yang memiliki kandungan lipid tinggi. Ikan berlemak umumnya mengandung asam lemak tidak jenuh dalam jumlah yang cukup besar, termasuk asam lemak esensial seperti omega-3 yang memiliki nilai gizi penting. Namun, keberadaan asam lemak tidak jenuh tersebut juga menyebabkan fraksi lemak pada ikan lebih mudah mengalami perubahan melalui proses oksidasi.

Proses oksidasi lipid menghasilkan senyawa antara, seperti hidroperoksida, yang selanjutnya dapat terurai menjadi berbagai produk oksidasi sekunder, termasuk aldehida dan keton. Pembentukan senyawa tersebut dapat menyebabkan munculnya aroma dan rasa yang tidak diinginkan, terutama rasa dan aroma tengik. Oksidasi lipid yang berlangsung secara berkelanjutan juga berpotensi menurunkan kualitas nutrisi lemak dan memengaruhi mutu sensori produk perikanan (Shahidi & Zhong 2010).

Oleh karena itu, produk perikanan dengan kandungan lemak tinggi, seperti tuna, salmon, kembung, sarden, dan berbagai jenis ikan pelagis lainnya, memerlukan perhatian khusus selama penyimpanan beku. Penggunaan suhu penyimpanan yang stabil, pencegahan fluktuasi suhu, serta penggunaan kemasan yang mampu membatasi kontak produk dengan oksigen merupakan beberapa langkah penting untuk memperlambat oksidasi lipid. Penerapan *vacuum packaging*, *modified atmosphere packaging*, atau kemasan dengan sifat penghalang oksigen yang baik juga

dapat digunakan sebagai strategi untuk membantu mempertahankan mutu produk selama penyimpanan.

3. Pigmen dan Warna

Warna merupakan salah satu karakteristik visual yang berperan penting dalam menentukan penerimaan dan persepsi konsumen terhadap mutu produk perikanan. Selama proses pembekuan dan penyimpanan beku, perubahan warna dapat terjadi akibat berbagai perubahan fisik dan kimia pada jaringan ikan. Pada beberapa jenis ikan, perubahan warna dapat berkaitan dengan oksidasi lipid, perubahan atau degradasi protein dan pigmen, dehidrasi pada permukaan produk, serta reaksi kimia lainnya.

Perubahan warna selama penyimpanan beku dapat menjadi indikator terjadinya penurunan mutu. Produk dapat mengalami perubahan intensitas warna, tingkat kecerahan, atau munculnya warna yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, parameter warna sering digunakan sebagai salah satu indikator dalam evaluasi mutu produk perikanan beku, baik secara visual maupun menggunakan metode pengukuran instrumental.

4. Vitamin dan Komponen Gizi

Secara umum, pembekuan merupakan salah satu metode pengawetan yang relatif efektif dalam mempertahankan kandungan zat gizi produk perikanan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan tidak melibatkan pemanasan tinggi. Sebagian besar komponen gizi, termasuk protein, mineral, dan berbagai zat gizi lainnya, dapat dipertahankan dengan relatif baik selama proses

pembekuan dan penyimpanan apabila kondisi pengolahan dikendalikan secara tepat.

Meskipun demikian, perubahan atau kehilangan zat gizi masih dapat terjadi selama proses penanganan dan penyimpanan. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi stabilitas komponen gizi antara lain kondisi bahan baku sebelum pembekuan, oksidasi selama penyimpanan, lama penyimpanan, serta keluarnya cairan jaringan (*drip loss*) pada saat proses pencairan. Cairan yang keluar tersebut dapat membawa sejumlah komponen terlarut yang terdapat di dalam jaringan.

Dengan demikian, kemampuan produk beku dalam mempertahankan nilai gizi tidak hanya ditentukan oleh rendahnya suhu pembekuan. Kualitas awal bahan baku, kecepatan pembekuan, kondisi penyimpanan, kestabilan rantai dingin, dan metode *thawing* secara keseluruhan turut menentukan mutu gizi akhir produk perikanan. Pengendalian seluruh tahapan tersebut menjadi penting untuk menjaga nilai gizi dan kualitas produk hingga produk dikonsumsi.

5.1.6 Metode Pembekuan Hasil Perikanan

Berbagai metode pembekuan dapat diterapkan dalam pengolahan hasil perikanan. Pemilihan metode pembekuan perlu disesuaikan dengan jenis produk, ukuran dan bentuk bahan, kapasitas produksi, kebutuhan mutu, serta pertimbangan biaya dan efisiensi energi. Setiap metode memiliki mekanisme perpindahan panas dan karakteristik proses yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan kecepatan pembekuan serta mutu akhir produk yang tidak selalu sama.

Secara umum, teknologi pembekuan hasil perikanan dapat dikelompokkan ke dalam beberapa metode utama, yaitu:

1. *Air Blast Freezing*

Air blast freezing adalah metode pembekuan yang memanfaatkan sirkulasi udara bersuhu rendah untuk menghilangkan panas dari produk secara cepat. Pada metode ini, panas dari bagian dalam produk bergerak menuju permukaan melalui proses konduksi. Selanjutnya, panas dari permukaan dipindahkan ke aliran udara dingin melalui konveksi. Perpindahan panas yang berlangsung secara terus-menerus menyebabkan suhu produk menurun hingga mencapai kondisi beku. Efektivitas proses ini sangat dipengaruhi oleh suhu, kecepatan, dan keseragaman distribusi aliran udara di dalam sistem pembekuan (Xu *et al*., 2025).

Metode *air blast freezing* banyak digunakan dalam industri hasil perikanan karena dapat diterapkan pada berbagai jenis dan bentuk produk. Ikan utuh, fillet, potongan ikan, udang, cumi-cumi, dan berbagai produk olahan dapat dibekukan menggunakan metode ini. Fleksibilitas tersebut memungkinkan penerapannya pada berbagai kapasitas produksi, baik pada skala usaha kecil maupun industri pengolahan yang lebih besar.

Prinsip Kerja

Dalam sistem *air blast freezing*, produk ditempatkan pada ruang atau terowongan pembekuan (*freezing chamber* atau *freezing tunnel*). Udara dengan suhu rendah dihasilkan oleh sistem refrigerasi dan kemudian dialirkan menggunakan kipas melewati permukaan produk. Ketika udara dingin bersentuhan dengan produk, panas dari

permukaan produk berpindah ke udara. Sementara itu, panas dari bagian dalam bahan secara bertahap bergerak menuju permukaan. Udara yang telah menerima panas kemudian kembali ke sistem refrigerasi untuk didinginkan dan digunakan kembali dalam siklus pembekuan.

Laju pembekuan pada metode ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk suhu dan kecepatan aliran udara, ukuran serta ketebalan produk, luas permukaan yang terpapar, dan susunan produk di dalam ruang pembekuan. Pola distribusi udara juga perlu diperhatikan karena aliran yang merata dapat meningkatkan keseragaman pembekuan. Sebaliknya, distribusi udara yang tidak merata dapat menyebabkan perbedaan suhu dan waktu pembekuan antarbagian produk (Xu *et al*., 2025).

Keunggulan utama metode *air blast freezing* meliputi:

- memiliki fleksibilitas untuk membekukan berbagai jenis produk;
    - dapat digunakan pada produk dengan bentuk dan ukuran yang berbeda;
    - sesuai untuk kegiatan produksi dengan kapasitas kecil maupun besar;
    - dapat diterapkan dalam sistem *Individual Quick Freezing* (IQF);
    - mudah diintegrasikan dengan tahapan proses produksi lainnya.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, metode ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Pengoperasian sistem membutuhkan energi yang cukup besar karena udara harus terus didinginkan

dan disirkulasikan. Selain itu, ketidakteraturan aliran udara dapat menyebabkan proses pembekuan berlangsung tidak seragam. Produk yang tidak dikemas atau tidak dilindungi dengan baik juga dapat kehilangan air dari permukaannya selama penyimpanan, yang berpotensi menyebabkan *freezer burn*. Oleh karena itu, pengaturan suhu, kecepatan, dan distribusi udara perlu dikendalikan secara tepat untuk menjaga efisiensi proses dan mutu produk.

Pada produk perikanan, penggunaan aliran udara yang lebih efektif dapat meningkatkan laju perpindahan panas dibandingkan pembekuan dengan udara statis. Pembekuan yang berlangsung lebih cepat cenderung menghasilkan kristal es berukuran lebih kecil dan tersebar lebih merata. Sebaliknya, proses pembekuan yang lambat memberikan waktu yang lebih panjang bagi kristal es untuk tumbuh, sehingga risiko kerusakan mikrostruktur jaringan menjadi lebih besar. Oleh karena itu, pengendalian kondisi *air blast freezing* merupakan salah satu faktor penting dalam mempertahankan tekstur dan mutu produk selama pembekuan (Erikson *et al.,* 2021).

2. *Plate Freezing*

Plate freezing merupakan metode pembekuan yang menggunakan pelat logam bersuhu rendah sebagai media untuk mengeluarkan panas dari produk. Produk bersentuhan secara langsung dengan permukaan pelat yang telah didinginkan melalui sistem refrigerasi. Karena terjadi kontak langsung antara produk dan pelat, perpindahan panas pada metode ini terutama berlangsung melalui konduksi. Efisiensi proses sangat

dipengaruhi oleh tingkat kontak antara produk dan pelat, karena adanya rongga udara dapat meningkatkan hambatan termal dan memperlambat proses pembekuan (Nakazawa & Okazaki, 2020).

Pada penerapannya, produk dapat ditempatkan di antara dua pelat pembeku atau disusun pada permukaan pelat pendingin. Sistem kemudian diatur agar kontak antara produk dan pelat berlangsung seoptimal mungkin. Kontak yang luas dan merata memungkinkan panas dari produk dipindahkan secara lebih efektif ke pelat pembeku. Oleh karena itu, *plate freezing* umumnya mampu menghasilkan proses pembekuan yang efisien pada produk yang memiliki ukuran, bentuk, dan ketebalan yang relatif seragam.

Metode ini sesuai digunakan untuk berbagai produk perikanan yang berbentuk datar atau dapat dikemas dalam bentuk blok, antara lain: fillet ikan, *fish block*, ikan cincang (*minced fish*), *surimi block*, produk berbentuk datar dan seragam, serta produk yang dikemas dalam bentuk blok.

Salah satu keunggulan utama metode ini adalah pemanfaatan ruang pembekuan yang relatif optimal. Produk dapat disusun secara rapat di antara pelat sehingga kapasitas ruang dapat digunakan secara lebih efisien. Selain itu, kontak langsung dengan permukaan logam memungkinkan perpindahan panas berlangsung lebih cepat dibandingkan sistem pembekuan yang menggunakan udara sebagai media utama. Kondisi ini dapat memperpendek waktu pembekuan dan membantu produk melewati zona pembentukan kristal es maksimum dalam waktu yang lebih singkat (Kaale & Eikevik, 2014).

Namun demikian, *plate freezing* memiliki keterbatasan dalam penggunaannya. Metode ini lebih efektif untuk produk yang memiliki bentuk dan ketebalan yang relatif seragam. Produk dengan bentuk tidak beraturan dapat menyebabkan kontak dengan pelat menjadi tidak sempurna. Celah atau rongga udara yang terbentuk antara produk dan pelat dapat menghambat perpindahan panas, sehingga proses pembekuan menjadi lebih lambat dan suhu produk mungkin tidak menurun secara seragam. Dengan demikian, efektivitas *plate freezing* ditentukan oleh karakteristik produk dan kondisi proses pembekuan. Bentuk, ketebalan, kualitas kontak dengan pelat, serta pengaturan suhu perlu diperhatikan agar perpindahan panas dapat berlangsung secara optimal. Metode ini merupakan pilihan yang sesuai untuk produk perikanan berbentuk datar atau blok karena mampu memberikan pembekuan yang relatif cepat, seragam, dan efisien dalam penggunaan ruang.

3. *Immersion Freezing*

Immersion freezing adalah metode pembekuan yang dilakukan dengan mencelupkan produk secara langsung ke dalam media cair bersuhu rendah yang memiliki titik beku di bawah titik beku air. Media yang digunakan dapat berupa larutan garam (*brine*) atau cairan lain yang sesuai dan aman untuk kontak dengan produk pangan. Penggunaan media cair memungkinkan terjadinya kontak yang lebih menyeluruh dengan permukaan produk sehingga perpindahan panas dapat berlangsung lebih efisien dibandingkan penggunaan udara sebagai media pembeku (Fellows, 2017).

Pada metode ini, panas dari produk dilepaskan secara langsung ke media cair melalui kontak pada permukaan produk. Dibandingkan udara, media cair umumnya memiliki kemampuan menghantarkan panas yang lebih baik sehingga panas dapat dikeluarkan dengan lebih cepat. Keadaan tersebut dapat mempercepat proses pembekuan dan mengurangi waktu produk berada pada kisaran suhu pembentukan kristal es yang kritis.

Keberhasilan *immersion freezing* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis dan suhu media pembeku, komposisi larutan, ukuran dan bentuk produk, serta lama produk berada dalam media cair. Pengaturan kondisi yang tepat dapat mendukung proses pembekuan yang lebih cepat dan merata. Namun, sifat produk dan karakteristik media tetap perlu diperhatikan karena kontak langsung dengan cairan berpotensi memengaruhi kondisi permukaan produk (Fellows, 2017).

Pada produk tertentu, kontak langsung dengan media cair dapat menyebabkan perubahan pada permukaan maupun komposisi produk. Penggunaan larutan dengan kadar garam tertentu, misalnya, dapat memungkinkan terjadinya perpindahan garam ke dalam jaringan ikan. Oleh karena itu, jenis dan konsentrasi media pembeku perlu dikendalikan agar proses pembekuan dapat berjalan efektif tanpa menimbulkan perubahan mutu yang tidak diharapkan.

4. *Spray Freezing*

Spray freezing adalah metode pembekuan yang menerapkan media pendingin dalam bentuk semprotan secara langsung pada permukaan produk. Media yang disemprotkan dalam bentuk

tetesan atau partikel halus dapat meningkatkan luas area kontak antara bahan dan media pembeku. Kondisi tersebut mendukung terjadinya perpindahan panas secara lebih efisien sehingga proses penurunan suhu produk dapat berlangsung lebih cepat. Dalam perkembangannya, metode ini juga dapat menggunakan nitrogen cair sebagai media pembeku untuk menghasilkan proses pembekuan dengan kecepatan tinggi (Fellows, 2017).

Semakin luas dan merata kontak antara media pendingin dengan permukaan produk, semakin besar pula peluang terjadinya perpindahan panas yang efektif. Hal ini dapat mempercepat proses pembekuan dan membantu menghasilkan kristal es dengan ukuran yang lebih kecil serta distribusi yang lebih merata. Metode *spray freezing* dapat diterapkan pada produk yang membutuhkan pembekuan cepat dan relatif seragam. Namun, keberhasilan penerapannya dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk desain peralatan, jenis dan suhu media pendingin, pola serta intensitas penyemprotan, dan karakteristik fisik produk. Oleh sebab itu, pengaturan kondisi proses perlu disesuaikan dengan karakteristik bahan dan media pembeku agar proses pembekuan dapat berlangsung secara efektif serta menghasilkan mutu produk yang optimal.

5. *Cryogenic Freezing*

Cryogenic freezing merupakan metode pembekuan yang menggunakan bahan kriogenik bersuhu sangat rendah, terutama nitrogen cair. Pada tekanan atmosfer, nitrogen cair memiliki titik didih sekitar −196 °C sehingga mampu menciptakan

perbedaan suhu yang sangat besar antara produk dan media pembeku. Kondisi ini menyebabkan pelepasan panas berlangsung dengan sangat cepat dan menghasilkan laju pembekuan yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode pembekuan konvensional (Pesce *et al.,* 2025).

Produk dapat dibekukan melalui beberapa pendekatan, seperti kontak langsung dengan nitrogen cair, penyemprotan media kriogenik, maupun pemanfaatan gas nitrogen bersuhu sangat rendah. Kecepatan pembekuan yang tinggi dapat membantu mempercepat pembentukan inti kristal es sehingga kristal yang terbentuk cenderung berukuran lebih kecil dan lebih merata. Kondisi tersebut berpotensi mengurangi kerusakan pada struktur sel dan jaringan produk perikanan (Kaale & Eikevik, 2014).

Meskipun demikian, metode ini juga memiliki sejumlah keterbatasan. Penggunaan bahan kriogenik dapat meningkatkan biaya operasional karena membutuhkan pasokan media secara berkelanjutan. Penerapannya juga memerlukan sistem keselamatan yang memadai untuk mencegah risiko paparan suhu ekstrem dan bahaya asfiksia akibat akumulasi gas nitrogen di ruang tertutup. Selain itu, investasi peralatan dan pengendalian proses yang lebih kompleks perlu menjadi pertimbangan sebelum teknologi ini diterapkan dalam skala industry.

6. *Individual Quick Freezing* (IQF)

Individual Quick Freezing (IQF) merupakan teknologi pembekuan cepat yang diterapkan pada setiap unit produk secara terpisah. Dalam sistem ini, setiap bagian produk dibekukan secara individual

sehingga tidak saling menempel dan tidak membentuk blok besar setelah proses pembekuan selesai. Teknologi IQF banyak digunakan pada produk perikanan berukuran kecil atau produk yang telah dipotong, seperti udang, potongan ikan, fillet berukuran kecil, cumi-cumi, dan berbagai produk perikanan lainnya. Pembekuan individual memungkinkan produk tetap terpisah selama proses pembekuan sehingga memberikan kemudahan dalam penanganan dan penggunaan produk.

Prinsip kerja IQF didasarkan pada pembekuan cepat setiap unit produk secara terpisah dengan mempertahankan pergerakan atau jarak antarproduk selama proses berlangsung. Setelah produk mencapai kondisi beku, setiap unit dapat dipisahkan dengan mudah tanpa harus dicairkan terlebih dahulu. Karakteristik ini menjadi salah satu keunggulan utama IQF karena konsumen dapat mengambil produk sesuai kebutuhan tanpa mencairkan seluruh isi kemasan.

Teknologi IQF banyak diterapkan pada industri udang serta berbagai produk perikanan dalam bentuk potongan atau unit kecil. Keberhasilan proses IQF dipengaruhi oleh mutu bahan baku, waktu antara tahap persiapan dan pembekuan, suhu pembeku, kecepatan *conveyor*, ukuran produk, serta ketebalan bahan. Pengaturan kondisi tersebut diperlukan untuk memastikan setiap unit produk mengalami pembekuan secara cepat dan relatif seragam, sehingga kerusakan akibat pembentukan kristal es dapat dikurangi dan mutu produk tetap terjaga (Putriani *et al*., 2025).

Selain faktor proses, pengendalian suhu sebelum produk memasuki sistem IQF juga perlu diperhatikan. Produk yang mengalami peningkatan suhu sebelum pembekuan dapat membutuhkan waktu pembekuan lebih lama dan berpotensi mengalami penurunan mutu. Oleh karena itu, penerapan rantai dingin yang konsisten sejak bahan baku diterima hingga produk memasuki proses IQF merupakan bagian penting dalam menjaga kualitas produk perikanan beku.

5.2 Teknologi *Thawing*

5.2.1 Pengertian *Thawing*

Thawing atau pencairan merupakan tahapan pengubahan produk dari keadaan beku menjadi tidak beku melalui pelelehan kristal es menjadi air. Proses ini dilakukan sebelum produk digunakan, dikonsumsi, atau diolah lebih lanjut. Oleh karena itu, *thawing* menjadi salah satu tahap penting dalam penanganan produk perikanan beku karena dapat memengaruhi mutu akhir produk.

Proses *thawing* sering dianggap sebagai tahap yang mudah, tetapi pelaksanaannya yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan mutu. Produk yang telah mengalami pembekuan dengan baik tetap berpotensi mengalami perubahan kualitas apabila pencairan dilakukan pada kondisi suhu dan waktu yang tidak terkendali. Perubahan tersebut dapat memengaruhi tekstur, kemampuan jaringan dalam mempertahankan air, serta jumlah cairan yang hilang selama proses pencairan (Erikson *et al*., 2021).

Selama *thawing*, kristal es yang terbentuk di dalam jaringan secara bertahap mengalami pelelehan dan kembali menjadi air. Idealnya, air hasil pencairan tersebut dapat kembali terdistribusi dalam jaringan produk. Namun, kerusakan pada struktur sel dan jaringan yang terjadi selama pembekuan atau penyimpanan beku dapat mengurangi kemampuan jaringan dalam menahan air. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian air keluar dari jaringan dalam bentuk cairan yang disebut drip loss. Cairan yang hilang selama proses pencairan tidak hanya berupa air, tetapi juga dapat mengandung komponen terlarut seperti protein, mineral, dan senyawa lainnya. Kehilangan cairan tersebut dapat mengakibatkan penurunan bobot produk, perubahan tekstur, berkurangnya kemampuan mengikat air, serta penurunan mutu gizi dan sensori produk perikanan. Tingkat *drip loss* umumnya berkaitan dengan tingkat kerusakan struktur jaringan dan perubahan sifat protein selama proses pembekuan dan pencairan (Chan *et al.,* 2022; Erikson *et al.,* 2021).

5.2.2 Tujuan *Thawing*

Tujuan utama proses *thawing* adalah mencairkan produk beku secara terkendali sehingga produk dapat kembali berada pada kondisi yang sesuai untuk dikonsumsi atau diproses lebih lanjut. Proses pencairan tidak hanya bertujuan mengubah fase es menjadi air, tetapi juga harus dilakukan dengan pengaturan suhu dan waktu yang tepat agar perubahan fisik, kimia, dan mikrobiologis selama *thawing* dapat diminimalkan. Pengendalian proses yang baik penting untuk mempertahankan mutu produk, terutama tekstur, kemampuan mengikat air, dan karakteristik sensori (Erikson *et al.,* 2021).

Secara lebih rinci, tujuan *thawing* adalah:

- mencairkan kristal es secara terkendali;
- mempertahankan karakteristik sensoris produk;
- meminimalkan kehilangan cairan atau *drip loss*;
- mempertahankan tekstur produk;
- menjaga *water-holding capacity* atau kemampuan jaringan dalam menahan air;
- mencegah peningkatan suhu produk secara berlebihan;
- mengurangi risiko pertumbuhan mikroorganisme selama proses pencairan; dan
- menghasilkan bahan baku yang siap digunakan untuk proses pengolahan berikutnya.

Pengendalian proses *thawing* bertujuan untuk mencairkan produk secara efektif dengan tetap mempertahankan tekstur, kemampuan mengikat air, dan karakteristik mutu produk. Proses pencairan yang tidak terkendali dapat meningkatkan kehilangan cairan, mempercepat perubahan struktur protein, dan menurunkan mutu fisik produk perikanan.

Selain itu, proses *thawing* yang tepat diharapkan dapat meminimalkan kerusakan struktur jaringan sehingga air hasil pencairan dapat tetap tertahan dalam produk. Hal ini penting untuk mengurangi *drip loss* serta mempertahankan bobot, tekstur, dan nilai fungsional produk. Dengan demikian, keberhasilan *thawing* tidak hanya ditentukan oleh kecepatan pencairan, tetapi juga oleh kemampuannya menjaga keseimbangan antara efisiensi proses, mutu produk, dan keamanan pangan.

5.2.3 Pengaruh *Thawing* terhadap Mutu Produk Perikanan

1. *Drip Loss*

Drip loss adalah kehilangan cairan dari jaringan produk perikanan selama proses pencairan. Cairan yang keluar tidak hanya berupa air, tetapi juga dapat membawa sejumlah komponen terlarut, seperti protein, mineral, dan senyawa lainnya. Besarnya *drip loss* dipengaruhi oleh berbagai kondisi yang terjadi sejak tahap pembekuan sampai proses *thawing*, meliputi:

- kecepatan proses pembekuan;
- ukuran dan penyebaran kristal es;
- lama penyimpanan dalam kondisi beku;
- kestabilan suhu penyimpanan;
- tingkat kerusakan jaringan;
- metode pencairan yang digunakan; dan
- terjadinya siklus pembekuan dan pencairan berulang.

Nilai *drip loss* yang tinggi umumnya menunjukkan bahwa kemampuan jaringan untuk mempertahankan air telah mengalami penurunan. Kondisi ini berkaitan dengan kerusakan membran sel, perubahan struktur protein, dan menurunnya *water-holding capacity* yang dapat terjadi selama pembekuan, penyimpanan beku, maupun proses pencairan. Penelitian pada fillet ikan menunjukkan bahwa proses *thawing* dapat memicu perubahan oksidatif dan degradasi protein miofibril, yang selanjutnya berpengaruh terhadap kemampuan

jaringan dalam menahan air (Erikson *et al.,* 2021; *Chan et al.,* 2022).

2. Tekstur

Perubahan tekstur merupakan salah satu dampak yang dapat terjadi setelah produk mengalami proses *thawing*. Kerusakan struktur jaringan selama pembekuan dan penyimpanan dapat menyebabkan jaringan kehilangan kemampuan untuk mempertahankan kondisi fisiknya setelah kristal es mencair.

Beberapa perubahan tekstur yang dapat terjadi meliputi: produk menjadi lebih lunak; tekstur terasa lebih berair; jaringan menjadi lebih mudah rusak atau hancur; dan elastisitas produk mengalami penurunan.

Besarnya perubahan tekstur dipengaruhi oleh ukuran kristal es, tingkat kerusakan serat otot, kemampuan produk menahan air, serta kondisi pencairan yang digunakan. Perbedaan metode *thawing* dapat menghasilkan karakteristik tekstur dan struktur mikro yang berbeda pada produk perikanan (Sun *et al*., 2024).

3. Warna

Proses *thawing* juga dapat menyebabkan perubahan penampakan warna pada produk perikanan. Perubahan ini dapat terjadi akibat oksidasi, keluarnya cairan dari jaringan, perubahan struktur jaringan, serta perubahan pada komponen pigmen. Akibatnya, penampilan produk dapat menjadi kurang menarik dan berpotensi menurunkan tingkat penerimaan konsumen.

Pada produk perikanan, perubahan warna dapat berlangsung sebagai bagian dari proses oksidasi lipid dan protein serta perubahan pada pigmen selama pembekuan, penyimpanan, dan pencairan. Penggunaan metode *thawing* yang sesuai dapat membantu mengurangi perubahan visual dan mempertahankan warna produk (Sun *et al.,* 2024).

4. Protein

Selama proses pencairan, perubahan protein yang telah terjadi pada tahap pembekuan dan penyimpanan dapat menjadi semakin nyata. Ketika kristal es mulai mencair, mobilitas air dan komponen lain di dalam jaringan meningkat sehingga dapat mendukung terjadinya reaksi oksidasi dan perubahan struktur protein. Protein miofibril yang mengalami denaturasi atau oksidasi dapat mengalami penurunan kemampuan fungsional, terutama dalam mempertahankan air dan menjaga struktur jaringan.

Perubahan protein dapat meliputi oksidasi, perubahan struktur molekul, agregasi, maupun degradasi. Perubahan tersebut dapat berdampak pada penurunan *water-holding capacity*, perubahan tekstur, serta penurunan mutu produk secara keseluruhan. Oleh karena itu, kondisi *thawing* perlu dikendalikan untuk mengurangi terjadinya perubahan protein yang dapat mempercepat penurunan mutu (Erikson *et al.,* 2021; Chan *et al.,* 2022).

5. Lemak

Saat produk mulai mengalami pencairan, pergerakan air dan komponen lain dalam jaringan menjadi lebih aktif. Kondisi tersebut dapat mempercepat berlangsungnya berbagai reaksi

kimia, termasuk oksidasi lipid. Produk perikanan yang mengandung asam lemak tidak jenuh dalam jumlah tinggi memiliki kerentanan yang lebih besar terhadap kerusakan oksidatif.

Oksidasi lemak dapat menghasilkan berbagai senyawa yang menimbulkan aroma dan rasa yang tidak diinginkan, perubahan warna, serta penurunan kualitas gizi. Produk hasil oksidasi lipid juga dapat berinteraksi dengan protein dan mempercepat perubahan mutu jaringan. Oleh sebab itu, proses *thawing* perlu dilakukan secara terkendali agar produk tidak berada terlalu lama pada kondisi yang dapat mempercepat terjadinya oksidasi (Erikson *et al.,* 2021).

DAFTAR PUSTAKA

Chan, S. S., Roth, B., Jessen, F., Jakobsen, A. N., & Lerfall, J. 2022. Water holding properties of Atlantic salmon. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 21*(1), 477–498.

Erikson, U. G., Uglem, S., & Greiff, K. .2021. *Freeze-chilling of whitefish: Effects of capture, on-board processing, freezing, frozen storage, thawing, and subsequent chilled storage*- A review. Foods, 10(11), 2761.

Fellows, P. J. 2017. *Food processing technology: Principles and practice* (4th ed.). Woodhead Publishing.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2001**).** *Freezing and refrigerated storage in fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper No. 340. Rome: FAO.

Grover, Y., & Negi, P. S. 2023. Recent developments in freezing of fruits and vegetables: Striving for controlled ice nucleation and crystallization with enhanced freezing rates. *Journal of Food Science, 88*, 4799–4826.

Kaale, L. D., & Eikevik, T. M. 2014. The development of ice crystals in food products during the freezing process and the impact on quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54*(6), 781–794.

Kang, T., You, Y., & Jun, S. 2020. Supercooling preservation technology in food and biological samples: A review focused on electric and magnetic field applications. *Food Science and Biotechnology, 29*, 303–321.

Nakazawa, N., & Okazaki, E. 2020. Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. *Fisheries Science, 86*, 231–244.

Putriana, P., Yusuf, Y. M., & Natsir, A. B. A. 2025. Analisis pengendalian mutu pada penanganan udang vaname beku metode IQF (*Individually Quick Freezing*). *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan, 3*(2), 83–100.

Pesce, F., Parafati, L., Fallico, B., & Palmeri, R. 2025. Use of liquid nitrogen in food products: A review. *Food Frontiers, 6*(4), 1617–1644.

Shahidi, F., & Zhong, Y. 2010. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews, 39*(11), 4067–4079

Subasi, B. G., & Capanoglu, E. 2024. Different parameters affecting the efficiency of freezing systems. Dalam *Low-Temperature Processing of Food Products: Unit Operations and Processing Equipment in the Food Industry* (pp. 53–76). Elsevier.

Sun, Y., Luo, W., He, M., Zhao, Y., Sun, J., & Mao, X. 2024. Effects of different thawing methods on the physicochemical properties and myofibrillar protein characteristics of *Litopenaeus vannamei*.

Svendsen, E. S., Widell, K. N., Tveit, G. M., Nordtvedt, T. S., Uglem, S., Standal, I., & Greiff, K. 2022. *Industrial methods of freezing, thawing and subsequent chilled storage of whitefish.* Journal of Food Engineering, *319*, 110803.

Xu, Z., Redo, M. A., Llave, Y., Koga, Y., & Watanabe, M. 2025. Effect of fan speed, sample orientation, and tray structure on heat transfer and food freezing time in batch air blast freezer. *International Journal of Thermal Sciences, 214*, 109915.

BAB 6

TEKNOLOGI PENGASINAN DAN PENGERINGAN

Oleh Muhammad Nur Ihsan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia dan wilayah perairan yang mencakup lebih dari dua pertiga luas wilayahnya, sehingga menjadikan sektor perikanan tangkap dan budidaya sebagai salah satu sumber pangan protein hewani yang sangat penting bagi masyarakat. Namun demikian, produksi ikan yang melimpah, terutama pada musim panen raya, tidak selalu diimbangi dengan kapasitas serap pasar segar maupun sarana rantai dingin (cold chain) yang memadai di banyak wilayah pesisir, khususnya pada sentra-sentra nelayan skala kecil dan menengah.

Ikan merupakan bahan pangan yang tergolong high perishable food, yaitu sangat mudah mengalami kemunduran mutu segera setelah ditangkap. Kandungan air yang tinggi (sekitar 70–80%), kandungan protein dan nutrien lain yang kaya, serta pH daging yang mendekati netral, menjadikan daging ikan sebagai media yang sangat subur bagi pertumbuhan mikroorganisme pembusuk maupun aktivitas enzim autolisis yang berlangsung segera setelah ikan mati (Adawyah R, 2023). Tanpa penanganan yang tepat, ikan segar hanya mampu bertahan dalam hitungan jam pada suhu ruang tropis sebelum mengalami pembusukan yang ditandai dengan perubahan bau, warna, tekstur, dan rasa.

Kondisi tersebut mendorong berkembangnya berbagai teknik pengawetan ikan secara tradisional maupun modern, salah satu yang tertua dan paling luas diterapkan adalah kombinasi pengasinan (penggaraman) dan pengeringan. Kedua metode ini dipilih secara turun-temurun oleh masyarakat pesisir karena tidak memerlukan investasi peralatan yang besar, bahan baku garam mudah diperoleh dan relatif murah, prosesnya dapat dikerjakan dengan keterampilan sederhana, serta mampu memperpanjang masa simpan produk hingga berbulan-bulan tanpa memerlukan rantai pendingin. Diperkirakan sebagian besar hasil tangkapan ikan laut di Indonesia, khususnya jenis-jenis ikan pelagis kecil seperti teri, selar, kembung, dan layang, pada akhirnya diolah menjadi produk ikan asin kering untuk memperpanjang usia simpan dan memperluas jangkauan distribusinya ke wilayah yang jauh dari lokasi penangkapan.

Sejak zaman kuno, manusia telah mengembangkan teknik pengawetan berbasis pengasinan dan pengeringan untuk memperpanjang umur simpan ikan, jauh sebelum ditemukannya teknologi pendinginan dan pembekuan (Ir Rabiatul Adawyah, 2023). Di Indonesia, metode ini sangat penting bagi perikanan rakyat, karena dapat dilakukan secara sederhana, murah, dan tidak memerlukan peralatan canggih. Produk ikan asin kering menjadi komoditas strategis yang menopang ketahanan pangan, ekonomi rumah tangga nelayan, serta perdagangan antarwilayah

Secara ekonomi, produk ikan asin kering menempati posisi penting dalam rantai pasok pangan nasional karena harganya relatif terjangkau, daya simpannya panjang, serta mudah didistribusikan tanpa memerlukan rantai dingin (*cold chain*) yang mahal. Produk olahan tradisional berbasis garam dan pengeringan seperti ikan asin, ikan kering, dan ikan peda masih menjadi bagian penting dari pola konsumsi masyarakat pesisir maupun daratan (Badan Standarisasi Nasional, 2023). Meskipun demikian, praktik pengasinan dan

pengeringan secara tradisional kerap menghadapi kendala berupa ketergantungan pada cuaca, risiko kontaminasi selama penjemuran terbuka, penggunaan bahan tambahan yang tidak sesuai standar, serta variasi mutu yang tinggi antarprodusen (Aswar *et al*., 2026).

Produk ikan asin kering hingga saat ini masih menempati posisi penting sebagai sumber protein hewani yang terjangkau bagi masyarakat berpenghasilan menengah ke bawah, sekaligus menjadi tulang punggung perekonomian banyak sentra nelayan tradisional di sepanjang pesisir Indonesia, mulai dari Pulau Pasaran di Lampung, pesisir utara Jawa, hingga wilayah pesisir Sulawesi dan Maluku. Meskipun demikian, citra produk ikan asin di mata sebagian konsumen modern masih terkendala oleh berbagai isu, di antaranya inkonsistensi mutu antarpengolah, kontaminasi mikrobiologis akibat sanitasi yang kurang memadai, hingga penyalahgunaan bahan tambahan berbahaya seperti formalin oleh sebagian kecil pelaku usaha yang ingin memperpanjang masa simpan produk secara tidak sah (Sulistijowati, 2014).

6.1 Prinsip Dasar Pengasinan Ikan

6.1.1 Definisi dan Tujuan Penggaraman

Prinsip dasar dari penggaraman adalah penggunaan garam (NaCl) sebagai agen pengawet yang efektif karena kemampuannya untuk menarik air dari jaringan makanan, terutama penggaraman pada ikan, sehingga menciptakan lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan mikroorganisme pembusuk (Ongge & Rumbiak, 2022). Ketika garam masuk ke dalam produk makanan, terjadi proses osmosis di mana cairan di dalam sel keluar akibat perbedaan konsentrasi antara garam dan air di dalam jaringan ikan (Sitohang, 2018).

Dalam contoh kasus ikan atau bahan pangan yang diasinkan, garam menembus jaringan daging dan menyebabkan cairan tubuh keluar, proses ini disebut sebagai "dehidrasi osmotik". Garam berfungsi dengan mengurangi aktivitas air dalam jaringan makanan sehingga menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk (Ongge & Rumbiak, 2022). Pengurangan kadar air ini tidak hanya menghambat pertumbuhan mikroorganisme tetapi juga mempengaruhi struktur protein dalam daging. Protein mengalami denaturasi dan menggumpal, menyebabkan jaringan daging mengkerut (Sitohang, 2018).

Garam memiliki sifat bakteriostatik, yang artinya garam menghambat pertumbuhan mikroba tetapi tidak selalu membunuhnya. Pada konsentrasi garam yang tinggi, pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur terhambat karena lingkungan menjadi terlalu kering bagi mereka untuk bertahan hidup (Ongge & Rumbiak, 2022). Garam murni yang digunakan dalam proses ini sebaiknya mengandung NaCl sebanyak mungkin dengan sedikit mungkin kandungan unsur lain, karena garam dengan kandungan pengotor yang tinggi, seperti magnesium atau kalsium, dapat mempengaruhi rasa dan kualitas hasil akhir (Sitohang, 2018).

Garam bekerja dengan cara menarik air dari sel-sel mikroorganisme, proses ini dikenal sebagai "dehidrasi". Hal ini menyebabkan sel mikroba mengalami plasmolisis, yaitu rusaknya membran sel akibat hilangnya air. Garam juga menurunkan aktivitas air (aw) dalam makanan, sehingga mikroorganisme tidak dapat hidup dan berkembang biak (Ongge & Rumbiak, 2022). Selain itu, garam dapat mengubah struktur protein pada daging dan ikan, yang pada gilirannya mempengaruhi tekstur dan sifat organoleptik produk akhir.

6.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Penggaraman

Beberapa faktor mempengaruhi efektivitas proses penggaraman, antara lain (Ongge & Rumbiak, 2022)

a. Kemurnian Garam, Semakin tinggi kemurnian NaCl, semakin baik hasil pengawetan karena kontaminan dapat mengganggu proses osmosis.
b. Jumlah Garam, Semakin banyak garam yang digunakan, semakin cepat dan efektif proses penggaraman.
c. Metode Penggaraman, Penggaraman dapat dilakukan secara kering (penaburan langsung garam pada ikan) atau basah (perendaman ikan dalam larutan garam).
d. Kondisi Cuaca, Kelembaban udara dan suhu juga berperan penting dalam pengawetan, karena cuaca lembap dapat memperlambat proses pengeringan ikan yang telah diasinkan.
e. Flavor Produk, Penggunaan garam yang tepat dapat menambah cita rasa yang khas pada produk yang diolah, seperti rasa asin yang gurih.

6.1.3 Aplikasi Penggaraman pada Ikan

Salah satu contoh penggaraman yang paling umum adalah pada ikan, di mana ikan segar diasinkan dengan garam kering atau larutan brine, yang kemudian dikeringkan untuk menghasilkan ikan asin. Terasi, yang merupakan fermentasi ikan atau udang, juga menggunakan garam untuk mengawetkan bahan dasar selama fermentasi (Ongge & Rumbiak, 2022).

Penggaraman memiliki sejumlah keuntungan sebagai metode pengawetan. Di antaranya adalah kemampuan meningkatkan masa simpan produk, memberikan rasa yang khas, dan mematikan mikroorganisme tertentu. Namun, penggaraman juga

memiliki keterbatasan, seperti hilangnya beberapa nutrisi penting, terutama vitamin C, dan potensi meningkatkan tekanan darah jika dikonsumsi berlebihan (Ongge & Rumbiak, 2022).

Meskipun ada beberapa keterbatasan seperti hilangnya nutrisi dan dampak kesehatan jika dikonsumsi berlebihan. Penggaraman tetap menjadi pilihan utama untuk mengawetkan makanan dengan meminimalkan risiko pertumbuhan mikroorganisme berbahaya. Untuk memaksimalkan manfaat penggaraman, metode ini sering dikombinasikan dengan teknik lain seperti pengeringan atau pengasapan (Ongge & Rumbiak, 2022).

Tabel 6. 1 Nilai Kunci Parameter Pengasinan Ikan

Parameter	Nilai/Range
Konsentrasi garam	20–30%
Aw penghambatan bakteri	<0,85
Suhu optimal	15–25°C
Kadar air akhir (kering)	7,22–8,27%
Kadar air akhir (basah)	9,52–11,41%

6.1.4 Metode-Metode Pengasinan/ Penggaraman

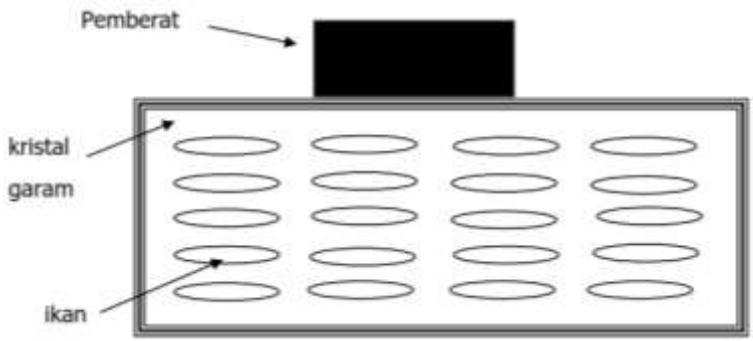
(Adawyah R, 2023) mengemukakan bahwa ada 3 cara penggaraman ikan yaitu Penggaraman kering, Penggaraman basah dan Penggaraman campuran.

a. Penggaraman Kering (Dry Salting)

Penggaraman Kering (*Dry Salting*) dilakukan dengan menaburkan atau melumurkan garam kristal secara langsung ke seluruh tubuh ikan, termasuk rongga perut. Ikan biasanya memiliki

berbagai lapisan garam di antaranya. Garam menyerap cairan ikan sehingga terbentuk larutan garam alami yang secara bertahap merendam ikan. Teknik ini cocok untuk ikan ukuran besar maupun kecil, dan biasanya disimpan dalam wadah kedap air.

Teknik ini cocok untuk ikan ukuran besar maupun kecil, dan biasanya disimpan dalam wadah kedap air. Proses penggaraman berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan basah, tetapi efektif untuk pengawetan jangka panjang. Kelemahan dari teknik ini adalah risiko "garam terbakar" jika garam terlalu halus dan permukaan ikan mengeras, menghambatnya (Isworo & Nuraisyah, 2021).

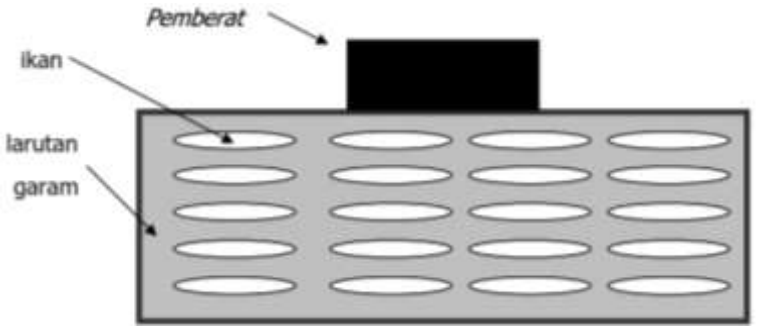


Gambar 6. 1 Ilustrasi Teknik Penggaraman *Dry Salting*

b. Penggaraman Basah (*Wet Salting/Brining*)

Penggaraman Basah *(Wet Salting*) dilakukan dengan merendam ikan dalam larutan garam Jenuh (sekitar 30-35% garam dalam air). Tempatkan penutup dan pemberat di atas larutan agar ikan terendam sepenuhnya. Proses ini tidak memerlukan proses hidrasi seperti penggaraman kering, jadi garam masuk ke dalam jaringan ikan

lebih cepat. Proses ini biasanya digunakan untuk ikan berukuran kecil karena garam sudah dalam bentuk larutan. Masing-masing metode memiliki karakteristik, keunggulan, dan kelemahan dalam hal kecepatan penetrasi garam, daya simpan, dan kualitas akhir produk (Isworo & Nuraisyah, 2021). Ikan direndam dalam larutan garam (brine) dengan konsentrasi 18%. Waktu proses 1–4 hari. Kelebihan: penetrasi garam lebih merata, tekstur lebih lunak. Kekurangan: butuh banyak air, risiko pertumbuhan mikroba jika brine tidak higienis.

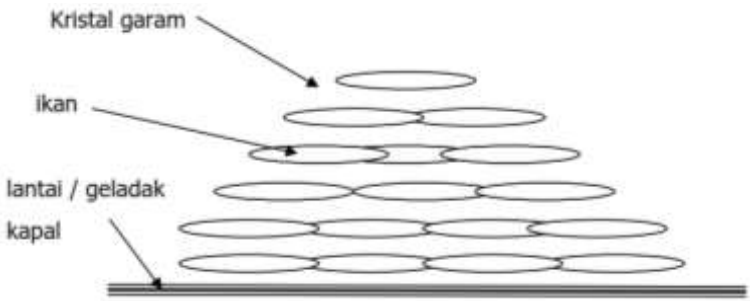


Gambar 6. 2 Ilustrasi Teknik Penggaraman *Wet Salting/ Brining*

c. Penggaraman Kombinasi Kering dan Basah (*Kench Salting*)

Penggaraman kombinasi kering dan basah merupakan metode pengawetan ikan yang menggabungkan keunggulan kedua teknik, yaitu penggaraman kering *(dry salting)* dan penggaraman basah *(brining).* Pada tahap awal, ikan ditaburi garam secara merata untuk menarik air keluar dari jaringan melalui proses osmosis, sehingga mengurangi kadar air dan menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk. Setelah itu, ikan

direndam dalam larutan garam pekat *(brine)* untuk memastikan penetrasi garam yang lebih merata hingga ke bagian dalam daging ikan. Teknik kombinasi ini mampu menghasilkan produk yang lebih awet, memiliki tekstur yang baik, serta cita rasa yang lebih seimbang dibandingkan jika hanya menggunakan salah satu metode saja. Selain itu, proses ini dinilai lebih efisien karena dapat menekan biaya dan waktu penggaraman sekaligus meningkatkan mutu produk akhir.



Gambar 6. 3 Ilustrasi Teknik Penggaraman *Kench Salting*

d. Kombinasi/Injeksi

Larutan garam (*Brine*) diinjeksikan langsung ke jaringan ikan, lalu diikuti perendaman atau penggaraman kering. Kelebihan: distribusi garam cepat dan merata, waktu proses singkat. Kekurangan: butuh alat khusus, kurang cocok untuk skala kecil.

Tabel 6. 2 Komparasi Metode Pengasinan Ikan

Metode	Konsentrasi Garam	Waktu Proses	Kelebihan	Kekurangan	Mutu Produk
Dry Salting	18–25%	Beberapa hari	Sederhana, murah, efektif	Waktu lama, distribusi tidak rata	Kering, asin, awet
Wet Salting /Brining	18%	1–4 hari	Penetrasi merata, tekstur lunak	Butuh air, risiko mikroba	Lebih lunak, asin sedang
Kench Salting	18–25%	Beberapa hari	Efisien volume besar, drainase	Tenaga kerja, distribusi tidak rata	Kering, asin, awet
Kombinasi/ Injeksi	18%	Jam–1 hari	Cepat, distribusi merata	Butuh alat, biaya tinggi	Konsisten, asin sedang

6.2 Teknologi Pengeringan (*Drying*)

Proses pengeringan pada dasarnya adalah perpindahan massa uap air dari permukaan bahan menuju media pengering yang dipicu oleh adanya perbedaan konsentrasi uap air, di mana proses ini membutuhkan energi panas. Tujuan utama dari transfer energi ini adalah untuk menurunkan kadar air bahan pangan hingga level tertentu. Dengan berkurangnya air, aktivitas kimia dan biologi yang memicu kerusakan dapat diperlambat. Agar proses ini optimal, kelembapan udara pada alat pengering idealnya dijaga pada kisaran 55–60% (Daud, 2004).

Secara prinsip, pengeringan mengandalkan aliran udara panas di sekitar bahan untuk menurunkan kelembapan relatif lingkungan. Hal ini menciptakan tekanan uap air di dalam bahan yang lebih tinggi dibandingkan udara sekitarnya, sehingga uap air mengalir keluar dari bahan. Keberhasilan proses penguapan ini sangat bergantung pada beberapa faktor, seperti laju dan durasi pemanasan, jumlah energi panas yang disalurkan, suhu maksimal bahan, serta tekanan penguapan. Sebelum dipanaskan, tekanan uap air dalam bahan dan lingkungannya berada pada kondisi yang seimbang.

Penerapan pengeringan memiliki banyak manfaat, antara lain memperpanjang masa simpan, mempermudah transportasi karena bobot bahan yang lebih ringan, serta mempertahankan nutrisi dan cita rasa. Secara khusus, penurunan kadar air ini bertujuan untuk menghentikan perkembangan mikroorganisme dan aktivitas enzim pemicu kebusukan. Namun, pengeringan juga memberikan efek samping berupa perubahan warna, tekstur, aroma, dan rasa, termasuk hilangnya senyawa volatil pada bahan pangan. Batas aman kadar air pascapengeringan adalah sekitar 30–40%. Jika kondisi kering ini tidak dipertahankan, kadar air dapat kembali meningkat hingga di atas 50%, yang berisiko menghidupkan kembali mikroba perusak (Adawyah R, 2023).

6.2.1 Metode Pengeringan

Menurut (Swastawati *et al*., 2019), pengeringan merupakan peristiwa perpindahan panas dan uap air yang berlangsung secara bersamaan, di mana energi dibutuhkan untuk menguapkan kandungan air dari permukaan suatu bahan. Dalam praktiknya, pengeringan dengan memanfaatkan panas matahari telah lama diterapkan secara luas oleh masyarakat nelayan untuk mengawetkan ikan laut. Teknik penjemuran yang dilakukan cukup bervariasi. Bagi pengepul atau nelayan

yang lebih terorganisir, penjemuran umumnya menggunakan jaring plastik yang dibentangkan di atas rak-rak bambu. Namun, sebagian nelayan lain masih menerapkan cara sederhana, seperti menghamparkan ikan di atas lantai semen, anyaman bambu, tikar plastik, atap rumah, atau bahkan langsung di atas hamparan pasir. Meskipun metode penjemuran tradisional tersebut dinilai sangat praktis, terdapat banyak kelemahan di dalamnya. Pada perkembangannya, metode pengeringan sendiri dapat diaplikasikan melalui berbagai macam cara. Secara garis besar, metode pengeringan ikan dapat dikelompokkan menjadi dua pendekatan utama, yaitu **pengeringan alami (tradisional)** dan **pengeringan buatan (mekanis/artifisial)**

A. Pengeringan Alami (Tradisional)

Metode pengeringan tradisional atau penjemuran di bawah sinar matahari (*sun drying*) diakui sebagai teknik yang paling ekonomis dan praktis. Secara prinsip, metode ini hanya mengandalkan radiasi panas matahari serta sirkulasi udara alami. Meski demikian, teknik ini memiliki sejumlah kelemahan, di antaranya laju pengeringan yang lambat, perlunya pengawasan intensif, serta tingginya risiko kontaminasi dari lingkungan (Toftruben, 1977) dalam (Swastawati *et al*., 2019). Selain itu, keberhasilannya sangat bergantung pada kondisi iklim yang panas dengan kelembapan udara yang rendah.

Dalam operasionalnya, penjemuran tradisional menuntut ketersediaan area yang luas dan memerlukan proses pembalikan bahan secara berkala. Hal ini berdampak pada meningkatnya kebutuhan tenaga kerja dan biaya operasional,

terutama pada produksi skala besar. Efektivitas pengeringannya juga terbatas karena suhu maksimal yang diperoleh murni bersumber dari sinar matahari dan tidak dapat ditingkatkan secara buatan (Yuwana & Silvia, 2011).

Kelemahan lain dari sistem terbuka ini mencakup potensi terjadinya *case hardening* (pengerasan permukaan luar daging ikan) apabila cuaca terlalu terik dan proses pengeringan berlangsung terlalu cepat. Dari segi sanitasi, pengeringan yang dilakukan di ruang terbuka juga sangat rentan terhadap paparan debu maupun serangga seperti lalat, sehingga tingkat higienitas produk cenderung rendah.

Gambar 6. 4 Pengeringan Ikan secara Tradisional

(Sumber : https://pon.antaranews.com/foto/2341634/produksi-ikan-kering-di-takalar)

B. Metode Pengeringan Mekanis dan Modern

1. **Sistem *tunnel dryer*** *:* Pengeringan mekanis, seperti penerapan *tunnel dryer*, beroperasi dengan cara memanaskan udara yang kemudian dihembuskan menggunakan bantuan kipas ke dalam ruang pengering berisi rak-rak produk. Proses ini dapat dilakukan secara berkesinambungan, di mana produk yang sudah kering akan dikeluarkan dan segera diganti dengan bahan yang baru (Rulianti, 2009). Dibandingkan cara konvensional, metode mekanis ini memberikan hasil yang jauh lebih higienis dari kontaminasi, kualitas produk yang lebih baik, serta waktu pengeringan yang relatif lebih singkat karena seluruh prosesnya dapat dikendalikan.

   Secara teknis, metode ini dinilai paling efektif karena tingkat kekeringan bahan menjadi lebih seragam dan pelaksanaannya sama sekali tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca. Mengenai tahapan penerapannya, (Mahendradatta *et al*., 2018) memaparkan bahwa campuran daging dan bumbu diratakan di atas nampan besi berukuran 50 cm x 50 cm dengan ketebalan bahan sekitar 1 cm. Nampan-nampan tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam alat pengering dan diproses pada suhu 70°C selama durasi 2 jam.

   Namun demikian, terdapat catatan penting terkait pengaturan suhu. Menurut (Patang & Yunarti, 2014), suhu pada mesin pengering idealnya tidak diatur lebih dari 45°C. Hal ini bertujuan untuk mencegah bahan mengalami

pematangan prematur maupun pengkerakan (*case hardening*) pada permukaannya.

Gambar 6. 5 Pengering Ikan System Tunnel driyer

Sumber : https://indonesian.alibaba.com/product-detail/Commercial-Meat-Cat-Fish-Dry-Mechanical-1600408737678.html

2. **Sistem Oven** : Kondisi cuaca mendung maupun musim penghujan seringkali memperlambat proses pengeringan ikan secara alami, yang berujung pada meningkatnya risiko kerusakan produk. Untuk menanggulangi masalah ini, penggunaan teknologi pengering modern seperti oven dapat menjadi solusi. Sebagai alternatif dari penjemuran matahari, pengeringan berbasis oven menawarkan keunggulan berupa kelancaran proses yang tidak bergantung pada cuaca, serta perlindungan optimal terhadap debu dan hama serangga. Meski demikian, metode ini tergolong mahal dalam penerapannya. Di sisi lain, (Hughes & Willenberg, 1994) kurang merekomendasikan penggunaan oven untuk pengeringan bahan pangan. Hal ini disebabkan oleh tingkat efisiensi energi yang rendah serta tingginya

risiko bahan pangan menjadi hangus akibat pemanasan.

Gambar 6. 6 Pengering Ikan System Oven

(Sumber : https://indonesian.alibaba.com/g/dried-fish-drying-oven.html)

3. **Pengering tenaga surya (*solar dryer*)** : memanfaatkan kolektor surya sebagai sumber panas. Salah satu kajian menunjukkan luas kolektor 3,65 m^2 dengan sudut kemiringan optimal 15°, kecepatan konveksi optimal 1,05 m/s, dan suhu ruang pengering 60°C mampu menurunkan kadar air ikan air tawar dari 70% menjadi 10% dalam waktu tercepat 7,11 jam (Khalid, 2013).
4. **Sistem hybrid (surya–listrik/biomassa) :** dikembangkan untuk mengatasi kelemahan solar dryer murni yang tidak dapat beroperasi saat

mendung atau malam hari. Pengering kabinet surya hibrida dengan PCM parafin dilaporkan mampu menurunkan kadar air ikan secara efisien sekaligus menjaga mutu produk lebih baik dibanding pengering surya biasa (Hasrul, 2025). Contoh lain adalah alat yang mengintegrasikan panel surya, elemen pemanas, dan kipas, yang mampu mengeringkan ikan hingga kadar air akhir 30–40% dalam waktu satu hari tanpa tergantung kondisi cuaca, karena suhu dikendalikan antara 30–50°C (Rohmannudin *et al*., 2025).

5. **Pengering berbasis biomassa/ briket :** memanfaatkan panas dari briket batubara sebagai sumber energi alternatif, sehingga proses pengeringan tidak lagi bergantung pada cuaca, dengan laju pengeringan rata-rata tercatat sekitar 1,92 gram/menit (Firdaus, 2016).
6. **Pengering cerdas berbasis kontrol otomatis** : teknologi seperti sistem hibrid surya-listrik dan pengeringan cerdas berbasis fuzzy logic telah memperbaiki kecepatan dan konsistensi pengeringan, dengan suhu optimal 45–70°C untuk menghasilkan ikan kering dengan kadar air di bawah 30% (Aswar *et al*., 2026)

6.2.4 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Mutu Ikan Kering

Mutu ikan kering tidak semata-mata ditentukan oleh proses pengeringannya saja, melainkan merupakan hasil interaksi dari berbagai faktor sejak ikan masih segar hingga produk akhir siap dikonsumsi. Secara umum, mutu ikan kering dinilai dari kadar air, kadar protein, kadar abu, kadar lemak, kadar karbohidrat, kenampakan, tekstur, rasa, dan aroma (Sirait, 2019).

1. Bahan Baku (Jenis, Ukuran, dan Kesegaran Ikan)

Mutu ikan kering sangat dipengaruhi oleh kondisi bahan baku sebelum diolah. Kecepatan pembusukan berbeda pada tiap jenis ikan karena perbedaan komposisi kimianya, di mana ikan berukuran kecil cenderung membusuk lebih cepat dibandingkan ikan yang lebih besar. Selain itu, suhu ikan saat ditangkap turut memengaruhi kemunduran mutu, terutama bila ikan berada lebih lama di dalam air bersuhu tinggi sebelum diangkat, karena suhu ikan merupakan faktor paling besar perannya dalam menentukan waktu ikan memasuki, memulai, dan melewati fase rigor. Karena sifatnya yang mudah rusak, ikan tergolong komoditas pangan yang mudah mengalami kerusakan (perishable food) akibat kandungan protein dan air yang cukup tinggi, sehingga diperlukan penanganan yang baik dan benar agar mutu tidak menurun (Prastyo *et al*., 2018).

2. Konsentrasi Garam pada Proses Penggaraman

Penggaraman merupakan tahap pra-pengeringan yang berpengaruh besar terhadap komposisi akhir produk. Hasil uji proksimat menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi garam yang ditambahkan, kadar air dan kadar lemak ikan asin kering akan semakin rendah, sementara kadar protein dan kadar abu justru semakin tinggi (Philipus, 2024). Namun, penggunaan garam berlebih juga memiliki batas mutu tertentu; konsentrasi garam dan lama penggaraman di atas 27% dan 6 jam pada ikan terbang asin kering dilaporkan sudah tidak memenuhi syarat SNI-01-2721-2009 untuk parameter kadar garam (Ningrum, 2020). Pada

kasus lain, konsentrasi garam yang berbeda turut memengaruhi karakteristik mutu ikan kembung asin dengan metode penggaraman kering (*dry salting*)

3. Lama Waktu Penggaraman/Perendaman

Selain konsentrasi, durasi penggaraman juga menjadi variabel penting. Metode penggaraman kering (*dry salting*) menggunakan kristal garam yang dicampurkan langsung dengan ikan, dengan variasi konsentrasi dan lama perendaman, memengaruhi karakteristik kimia ikan hasil olahan seperti kadar air, kadar abu, dan kadar lemak (Hasanah, Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan). Studi pada ikan nike menunjukkan hubungan antara kadar air dengan lama pengeringan, di mana semakin lama waktu pengeringan yang diberikan, kadar air produk semakin menurun (Azka *et al*., 2019).

4. Suhu dan Lama Waktu Pengeringan

Suhu dan durasi pengeringan merupakan faktor yang paling menentukan mutu akhir ikan kering. Temperatur dan waktu pengeringan sangat berpengaruh terhadap mutu ikan kering, dengan rata-rata suhu yang dibutuhkan berkisar 45°C–80°C dan waktu antara 6–12 jam tergantung jenis dan bentuk ikan yang dikeringkan. Semakin lama waktu pengeringan dan semakin tinggi suhu yang digunakan, semakin tinggi pula hasil uji kadar abu, protein, karbohidrat, dan lemak — namun hal ini berbanding terbalik dengan kadar air, yang justru semakin menurun (Sirait, 2019).

5. Metode Penggaraman (Kering vs Basah)

Metode aplikasi garam turut berperan dalam menentukan mutu akhir. Beberapa penelitian membandingkan metode *dry salting* dan *wet salting* dengan konsentrasi NaCl berbeda terhadap kualitas ikan asin kering yang dihasilkan, sebagaimana dikaji pada ikan lele dumbo (Hasanah *et al*., 2021).

6. Cemaran Mikrobiologis Selama Proses

Kombinasi konsentrasi garam dan lama penggaraman juga berkaitan dengan keamanan pangan produk. Hasil uji cemaran menunjukkan bahwa konsentrasi garam dan waktu penggaraman dapat memengaruhi pertumbuhan mikroba pada sampel, termasuk potensi cemaran Salmonella, Staphylococcus aureus, dan Escherichia coli (Philipus, 2024).

7. Penanganan dan Transportasi Pascapengolahan

Mutu ikan tidak hanya ditentukan pada tahap pengolahan, tetapi juga selama distribusi. Faktor-faktor yang menyebabkan penurunan mutu ikan selama transportasi antara lain cara pemberian es dan kondisi wadah/keranjang yang digunakan (Prastyo *et al*., 2018).

6.3 Standar Mutu dan Keamanan Pangan Produk Ikan Asin Kering

Untuk menjamin mutu dan keamanan produk ikan asin kering yang beredar di pasar domestik maupun untuk tujuan ekspor, Badan Standardisasi Nasional menetapkan persyaratan mutu melalui SNI 8273:2023 tentang Ikan Asin Kering, yang merupakan revisi dari standar-standar sebelumnya. Standar ini mengatur persyaratan bahan baku,

proses produksi, karakteristik sensoris, kadar air, kadar garam, kandungan cemaran kimia, serta batas cemaran mikroba yang diperbolehkan pada produk akhir (Badan Standarisasi Nasional, 2023). Parameter mutu utama yang umum dipersyaratkan dalam standar ikan asin kering disajikan pada Tabel 6.3.

Tabel 6. 3 Parameter Mutu Utama Pada Standar Ikan Asin Kering (diolah dari BSN, 2023)

Parameter	Aspek yang Dinilai	Signifikansi Mutu
Sensoris	Kenampakan, bau, rasa, tekstur	Menunjukkan tingkat kesegaran bahan baku dan kebersihan proses pengolahan
Kadar air	Persentase air dalam produk akhir	Menentukan daya simpan; kadar air tinggi mempercepat kerusakan mikrobiologis
Kadar garam (NaCl)	Persentase garam dalam daging ikan	Berkaitan dengan efektivitas pengawetan dan penerimaan konsumen
Cemaran mikroba	Angka lempeng total, kapang, bakteri patogen	Indikator keamanan pangan dan risiko kesehatan konsumen
Histamin	Kandungan histamin pada jenis ikan tertentu	Indikator penanganan bahan baku yang tidak higienis/rantai suhu terputus

Salah satu risiko keamanan pangan yang perlu mendapat perhatian khusus pada produk ikan asin kering adalah pembentukan histamin, yang umumnya terjadi akibat penanganan bahan baku yang tidak higienis atau keterlambatan proses penggaraman setelah ikan ditangkap, sehingga bakteri penghasil enzim histidin dekarboksilase sempat berkembang pada daging ikan sebelum proses pengawetan berlangsung efektif. (Fitri *et al*., 2022) menekankan bahwa pengendalian suhu dan kecepatan proses sejak penanganan bahan baku hingga tahap pengeringan akhir merupakan kunci utama dalam menekan risiko pembentukan histamin maupun pertumbuhan mikroba patogen pada produk ikan kering.

DAFTAR PUSTAKA

Aswar, A., Hamarung, M. A., Jasman, J., Sirama, S., Yantony, D., & Asmauna, A. (2026). Inovasi Teknologi Pengeringan Ikan di Indonesia untuk Peningkatan Mutu Produk Ikan Kering: Kajian Literatur. *Jurnal Penelitian Inovatif*, *6*(1), 265–276. https://doi.org/10.54082/jupin.1983

Azka, A., Ratrinia, P. W., Hasibuan, N. E., & Harahap, K. S. (2019). Pengaruh perbedaaan konsentrasi garam terhadap komposisi proksimat ikan biang (Ilisha Elongata) asin kering. *Aurelia Journal*, *1*(1), 24–29.

Badan Standarisasi Nasional. (2023). SNI 8273-2023. In *BSN 2023* (pp. 1–14).

Budiman, M. S. (2004). Teknik penggaraman dan pengeringan. *Dikdasmen Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta*.

Daud, M. P. (2004). Rancang Bangun Alat Pengering Ikan Teri Kapasitas 12 Kg/Jam. *Jurnal Teknik Simetrika*, *3*(3), 255–259.

Firdaus, A. (2016). Perancangan dan analisa alat pengering ikan dengan memanfaatkan energi briket batubara. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, *5*(4), 128–136.

Fitri, N., Chan, S. X. Y., Che Lah, N. H., Jam, F. A., Misnan, N. M., Kamal, N., Sarian, M. N., Mohd Lazaldin, M. A., Low, C. F., & Hamezah, H. S. (2022). A comprehensive review on the processing of dried fish and the associated chemical and nutritional changes. *Foods*, *11*(19), 2938.

Hasanah, N., Ujianti, R. M. D., Muflihati, I., & Umiyati, R. (2021). Pengaruh Konsentrasi Garam dan Lama Perendaman Terhadap Karakteristik Ikan Belanak (Mugil cephalus) Asin Dengan Metode Penggaraman Kering. *Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (JKPT)*, *4*(2), 89–94.

Hughes, K. V, & Willenberg, B. J. (1994). *Quality For Keeps: Drying Foods. University Of Missouri*.

Ir Rabiatul Adawyah, M. P. (2023). *Pengolahan dan pengawetan ikan*. Bumi Aksara.

Isworo, R., & Nuraisyah, A. (2021). Karakterisasi fisikokimia ikan bage (makanan tradisional Sumbawa) menggunakan oven pengering. *Jurnal Tambora*, *5*(1), 34–39.

Khalid, A. (2013). Optimasi Desain Alat Pengering Ikan Air Tawar Dengan Kapasitas 20 Kg Memanfaatkan Energi Surya. *INTEKNA Jurnal Informasi Teknik Dan Niaga*, *13*(2).

Mahendradatta, M., Zainal, Z., Suryani, S., & Asfar, M. (2018). Peningkatan Pendapatan Masyarakat Maros Melalui Usaha Komersial Abon Ikan Air Tawar. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, *2*(2), 142–150.

Ningrum, G. M. (2020). RANCANG BANGUN TRAY DRYER SISTEM HYBRID (SURYA-HEATER) UNTUK PENGERINGAN IKAN ASIN DESIGN OF TRAY DRYER HYBRID SYSTEM (SOLAR-HEATER) FOR DRYING SALTED FISH. *Jurnal Kinetika Vol*, *11*(02), 10–18.

Ongge, D., & Rumbiak, Y. (2022). Pengolahan ikan kakap asin dengan metode penggaraman kering di Kampung Pasi Distrik Aimando. *Jurnal Perikanan Kamasan: Smart, Fast, & Professional Services*, *2*(2), 97–103.

Patang, Y., & Yunarti, Y. (2014). Kajian pemberian berbagai dosis garam terhadap kualitas ikan bandeng (Chanos chanos sp.) asin kering. *J Galung Trop*, *3*, 171–178.

Philipus, A. V. T. (2024). *PENGARUH KONSENTRASI GARAM DAN LAMA WAKTU PENGGARAMAN TERHADAP MUTU IKAN KEMBUNG (RASTRELLIGER KANAGURTA) ASIN KERING* . Universitas kristen duta wacana.

Prastyo, A., Lubis, E., & Purwangka, F. (2018). Pengaruh transportasi terhadap mutu dan harga ikan dari Pelabuhan Perikanan Pantai Lempasing ke daerah konsumen. *Jurnal Albacore*, *2*(2), 209–219.

Rohmannudin, T. N., Sulistijono, S., & Satrianugraha, R. F. (2025). Pendampingan pembuatan alat pengering ikan untuk nelayan di Kawasan Pantai Gresik. *Tintamas: Jurnal Pengabdian Indonesia Emas*, *2*(2), 111–119.

Rulianti, C. (2009). Pengaruh Penambahan Tapioka dan Suhu Pengeringan Terutama Karakteristik Dendeng Belut (Monoterus albus) Giling. *Tugas Akhir Program Sarjana, Jurusan Teknologi Pangan-UNPAS, Bandung*.

Sirait, J. (2019). Pengeringan dan mutu ikan kering. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, *13*(2), 303–313.

Sitohang, H. T. S. (2018). *Analisa Pengaruh Waktu Dan Turbulensi Asap Pada Mesin Pengering Ikan Lele*.

Sulistijowati, R. (2014). *Mekanisme pengasapan ikan*.

Swastawati, F., Syakur, A., Wijayanti, I., & Riyadi, P. H. (2019). *Teknologi pengeringan ikan modern*. Semarang (ID): UNDIP Press.

Yuwana, B. S., & Silvia, E. (2011). Pengembangan pengering energi surya tipe" Teko" bersayap untuk pengeringan produk pertanian. *Laporan Hibah Penelitian Unggulan Universitas Bengkulu. Bengkulu*.

BAB 7
TEKNOLOGI PENGASAPAN IKAN

Oleh Muh. Aldhy Hatmar

Ikan merupakan salah satu bahan pangan hewani yang paling cepat mengalami kemunduran mutu setelah kematian. Sifat ini bukan disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh kombinasi karakteristik intrinsik daging ikan itu sendiri, yaitu kadar air yang tinggi, aktivitas air yang mendekati satu, nilai pH akhir yang relatif netral, kandungan senyawa nitrogen dan asam amino bebas yang besar, serta keberadaan enzim autolitik yang tetap aktif setelah ikan mati. Kondisi tersebut menjadikan daging ikan sebagai media pertumbuhan yang sangat ideal bagi bakteri pembusuk. Tanpa penanganan yang memadai, ikan segar yang disimpan pada suhu ruang tropis dapat kehilangan kelayakan konsumsinya hanya dalam hitungan jam. Kenyataan inilah yang sejak lama mendorong manusia mengembangkan berbagai teknologi pengawetan hasil perikanan.

Di antara berbagai teknologi pengawetan tersebut, pengasapan menempati posisi yang khas. Pengasapan bukan sekadar satu proses tunggal, melainkan gabungan dari beberapa perlakuan pengawetan yang bekerja secara simultan, yaitu penggaraman, pengeringan, pemanasan, dan pemaparan terhadap senyawa kimia asap. Adeyeye (2019) menegaskan bahwa pengasapan merupakan salah satu metode pengawetan tertua yang menggabungkan efek penggaraman, pengeringan, pemanasan, dan pengasapan dalam satu rangkaian proses. Kombinasi inilah yang

membuat produk ikan asap tidak hanya lebih awet, tetapi juga memiliki karakteristik warna, aroma, citarasa, dan tekstur yang sama sekali berbeda dari bahan bakunya. Dengan kata lain, pengasapan sekaligus berfungsi sebagai teknologi pengawetan dan teknologi diversifikasi produk.

Dalam konteks Indonesia, pengasapan ikan memiliki akar budaya yang sangat kuat dan tersebar hampir merata di seluruh wilayah kepulauan. Setiap daerah memiliki produk khasnya masing-masing, seperti cakalang fufu di Sulawesi Utara, ikan roa asap yang menjadi bahan utama sambal roa, ikan salai patin dan salai baung di Riau dan Jambi, manyung asap sebagai bahan mangut di pesisir utara Jawa, bandeng asap di Sidoarjo, serta berbagai jenis ikan pari dan tongkol asap di Sulawesi Selatan. Keragaman ini menunjukkan bahwa teknologi pengasapan telah lama terinternalisasi sebagai bagian dari sistem pangan lokal. Namun demikian, sebagian besar praktik pengasapan di tingkat masyarakat masih dilakukan secara sangat sederhana, yaitu menggunakan potongan drum bekas dengan proses pengasapan yang berlangsung di ruangan terbuka (Sirait dan Saputra, 2020). Cara demikian menyebabkan suhu dan kepekatan asap sulit dikendalikan, mutu produk tidak konsisten antar-batch, dan produk rentan terkontaminasi debu maupun serangga.

Persoalan tersebut menjadi semakin penting ketika produk ikan asap diarahkan untuk memasuki pasar formal dan pasar ekspor yang menerapkan standar mutu dan keamanan pangan yang ketat. Asap kayu di satu sisi menyumbang senyawa fenolik yang bersifat antimikroba dan antioksidan, tetapi di sisi lain juga membawa senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik yang sebagian bersifat karsinogenik (Stołyhwo dan Sikorski, 2005). Teknologi pengasapan modern dengan demikian tidak cukup hanya berorientasi pada daya awet dan citarasa, tetapi harus dirancang untuk secara simultan memaksimalkan komponen

asap yang bermanfaat dan menekan komponen yang berbahaya.

Bab ini disusun dengan alur pembahasan dari yang bersifat umum menuju yang bersifat khusus. Pembahasan diawali dengan konsep dasar dan perkembangan teknologi pengasapan, dilanjutkan dengan telaah mengenai asap sebagai media pengawet beserta mekanisme kerjanya, faktor-faktor yang memengaruhi proses, klasifikasi metode pengasapan, tahapan proses secara operasional, peralatan yang digunakan, karakteristik mutu produk, aspek keamanan pangan dan regulasi, hingga arah pengembangan teknologi pengasapan ke depan. Melalui alur ini diharapkan pembaca memperoleh pemahaman yang utuh, mulai dari prinsip ilmiah yang mendasari pengasapan hingga penerapannya dalam praktik pengolahan hasil perikanan.

7.1 Konsep Dasar dan Perkembangan Teknologi Pengasapan Ikan

7.1.1 Definisi dan Tujuan Pengasapan

Pengasapan ikan dapat didefinisikan sebagai proses pengawetan ikan melalui perlakuan dengan garam yang diikuti pemaparan terhadap asap hasil pembakaran tidak sempurna kayu, serbuk gergaji, atau bahan berlignoselulosa sejenis, baik melalui kontak langsung dengan asap maupun melalui pemberian flavor asap dalam bentuk larutan. Definisi ini penting karena secara eksplisit mengakui dua jalur teknologi yang berbeda, yaitu pengasapan konvensional yang menggunakan asap hasil pembakaran dan pengasapan menggunakan asap cair. Ikan asap dengan demikian bukan sekadar ikan yang dipanaskan di atas bara, melainkan produk yang telah mengalami rangkaian perlakuan terkendali dengan tujuan yang spesifik.

Secara umum terdapat empat tujuan utama yang hendak dicapai melalui proses pengasapan ikan, yaitu:

1. **Memperpanjang masa simpan.** Kombinasi penurunan kadar air, peningkatan konsentrasi garam pada fase air, penurunan pH permukaan, serta deposisi senyawa antimikroba dari asap secara bersama-sama menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen.
2. **Membentuk citarasa dan aroma yang khas.** Senyawa fenolik dan turunan eter fenolik yang berasal dari pirolisis lignin merupakan pembentuk utama aroma asap yang dicari konsumen.
3. **Membentuk warna dan penampakan yang menarik.** Reaksi antara senyawa karbonil dari asap dengan gugus amino protein permukaan menghasilkan warna cokelat keemasan hingga cokelat kemerahan yang menjadi ciri visual produk ikan asap.
4. **Meningkatkan nilai tambah dan memperluas jangkauan pemasaran.** Ikan yang semula bernilai ekonomi rendah dapat diubah menjadi produk siap konsumsi dengan harga jual yang jauh lebih tinggi dan wilayah distribusi yang lebih luas.

Perlu ditegaskan bahwa pengasapan berbeda dengan pengeringan maupun pemanggangan, meskipun ketiganya melibatkan panas. Pada pengeringan, pengawetan sepenuhnya bertumpu pada penurunan aktivitas air. Pada pemanggangan, tujuan utamanya adalah pematangan. Sementara pada pengasapan, terdapat komponen kimia asap yang terdeposisi dan terserap ke dalam jaringan daging ikan sehingga memberikan efek pengawetan dan sensori yang tidak dapat digantikan oleh panas semata (Adeyeye dan Oyewole, 2016).

7.1.2 Perkembangan Teknologi Pengasapan

Secara historis, pengasapan berkembang sebagai teknologi yang sepenuhnya berorientasi pada pengawetan. Pada masa ketika rantai dingin belum tersedia, produk ikan asap dibuat dengan kadar garam tinggi, waktu pengasapan panjang, dan kadar air akhir yang rendah, sehingga menghasilkan produk yang keras, sangat asin, dan mampu bertahan berminggu-minggu pada suhu ruang. Seiring berkembangnya teknologi pendinginan dan pengemasan, orientasi tersebut bergeser secara signifikan.

Produk ikan asap masa kini umumnya diolah dengan kadar garam yang jauh lebih rendah, intensitas pengasapan yang lebih ringan, dan kadar air yang lebih tinggi agar diperoleh tekstur yang lembut dan citarasa yang tidak terlalu tajam. Produk semacam ini sering digolongkan sebagai produk olahan minimal, karena mengandalkan kombinasi perlakuan ringan dengan pengemasan vakum dan penyimpanan dingin, bukan pada satu perlakuan yang berat. Pergeseran ini menguntungkan dari sisi mutu sensori dan nilai gizi, tetapi menimbulkan konsekuensi baru dari sisi keamanan pangan. Nilai kadar garam, pH, dan aktivitas air pada produk ikan asap modern justru berada pada kisaran yang masih memungkinkan pertumbuhan bakteri patogen tertentu, khususnya *Listeria monocytogenes* (Rørvik, 2000). Implikasinya, pengendalian mutu pada industri pengasapan modern tidak lagi dapat bertumpu pada proses pengasapan itu sendiri, melainkan harus mencakup pengendalian sanitasi lingkungan produksi dan konsistensi rantai dingin.

Di Indonesia, perkembangan teknologi pengasapan berlangsung pada dua jalur yang berjalan beriringan. Jalur pertama adalah perbaikan bertahap pada usaha pengasapan skala rakyat melalui introduksi alat pengasap tertutup yang lebih higienis dan efisien. Sirait dan Saputra (2020) mencatat bahwa penggunaan alat pengasapan bertipe kabinet dan sejenisnya mampu memangkas waktu pengasapan menjadi rata-rata tiga jam dengan suhu ruang pengasapan terkendali pada kisaran 60–80 °C, sekaligus menghasilkan sebaran asap yang lebih merata dan produk yang lebih bersih dari cemaran debu maupun lalat. Jalur kedua adalah pengembangan teknologi asap cair berbasis limbah pertanian dan perkebunan lokal, seperti tempurung kelapa, tongkol jagung, dan serbuk gergaji, yang memungkinkan proses pengasapan berlangsung secara lebih terkendali dan lebih aman (Swastawati, dkk., 2013).

7.2 Asap sebagai Media Pengawet

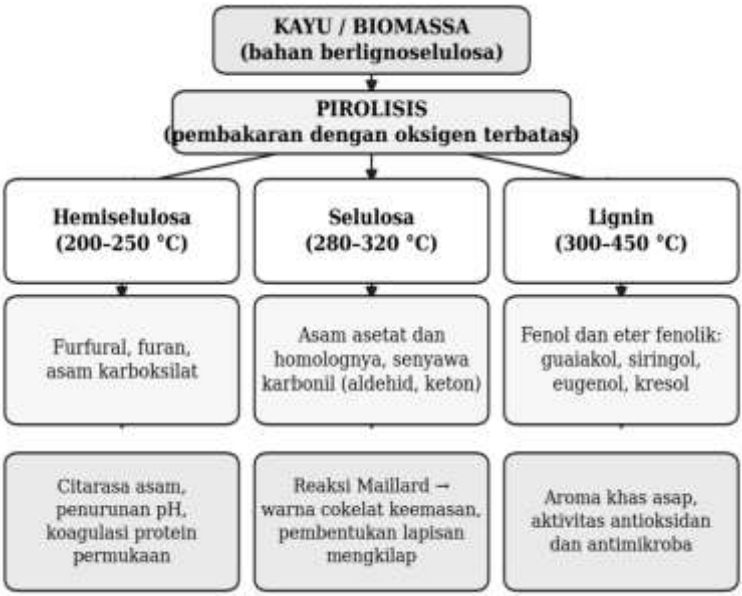
Untuk dapat merancang proses pengasapan yang tepat, seorang pengolah perlu memahami terlebih dahulu apa sesungguhnya asap itu, bagaimana ia terbentuk, dan melalui mekanisme apa ia bekerja pada daging ikan. Bagian ini membahas ketiga hal tersebut secara berurutan.

7.2.1 Pirolisis Kayu dan Pembentukan Senyawa Asap

Asap merupakan sistem aerosol kompleks yang terdiri atas fase gas, fase cair berupa titik-titik tar, dan fase padat berupa partikel arang halus. Asap terbentuk melalui proses pirolisis, yaitu penguraian termal bahan berlignoselulosa pada kondisi oksigen terbatas. Kayu tersusun atas tiga komponen struktural utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang proporsinya

berbeda-beda menurut jenis dan umur kayu. Ketiga komponen tersebut terurai pada rentang suhu yang berbeda dan menghasilkan golongan senyawa yang berbeda pula.

Hemiselulosa merupakan komponen yang paling awal terurai, yaitu pada kisaran suhu 200–250 °C, menghasilkan furfural, furan beserta turunannya, dan sederet asam karboksilat. Selulosa terurai pada kisaran 280–320 °C dan menghasilkan asam asetat beserta homolognya serta senyawa karbonil seperti asetaldehida dan glioksal. Adapun lignin terurai pada suhu yang lebih tinggi, yaitu mulai sekitar 300 °C dan berakhir pada sekitar 450 °C, menghasilkan senyawa fenol dan eter fenolik seperti guaiakol atau 2-metoksifenol, siringol atau 1,6-dimetoksifenol, eugenol, dan kresol yang berperan besar terhadap pembentukan aroma khas produk asapan (Girard, 1992). Skema pembentukan komponen asap dari pirolisis ketiga komponen kayu tersebut disajikan pada Gambar 7.1.



Gambar 7. 1 Skema Pembentukan Komponen Asap Melalui Pirolisis Komponen Kayu

(Sumber: Diolah penulis berdasarkan Girard, 1992)

Pemahaman mengenai rentang suhu pirolisis ini memiliki implikasi praktis yang sangat penting. Suhu pirolisis di sekitar 400 °C umumnya dipandang sebagai kondisi yang menghasilkan komponen asap dengan mutu organoleptik terbaik, karena pada suhu tersebut ketiga komponen kayu telah terurai secara memadai. Sebaliknya, apabila suhu pembakaran dibiarkan naik jauh melampaui rentang tersebut, akan terjadi reaksi kondensasi dan oksidasi lanjutan yang membentuk senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik dalam jumlah yang meningkat secara tajam. Dengan demikian, pengendalian suhu pembakaran bahan bakar merupakan titik kendali pertama dalam menjamin

keamanan produk ikan asap, jauh sebelum ikan itu sendiri masuk ke ruang pengasapan.

7.1.2 Komponen Kimia Asap dan Perannya

Asap kayu mengandung ratusan senyawa kimia yang telah berhasil diidentifikasi, terutama golongan fenol, aldehid, keton, asam organik, alkohol, ester, hidrokarbon, dan berbagai senyawa heterosiklik. Tidak seluruh senyawa tersebut berperan sama besarnya. Dari sudut pandang teknologi pengolahan, tiga golongan senyawa yang paling menentukan adalah fenol, karbonil, dan asam organik. Peran masing-masing golongan senyawa utama penyusun asap disajikan pada Tabel 7.1.

Tabel 7. 1 Golongan Senyawa Utama Penyusun Asap dan Perannya pada Produk Ikan Asap

Golongan senyawa	Contoh senyawa	Asal pirolisis	Peran utama
Fenol dan eter fenolik	Guaiakol, siringol, eugenol, kresol	Lignin	Pembentuk aroma khas asap, antioksidan, antimikroba
Karbonil (aldehid dan keton)	Formaldehida, asetaldehida, glioksal, aseton	Selulosa dan hemiselulosa	Pembentuk warna cokelat melalui reaksi Maillard, kontribusi pada citarasa
Asam organik	Asam asetat, asam format, asam propionat	Selulosa dan hemiselulosa	Penurunan pH permukaan, koagulasi protein,

Golongan senyawa	Contoh senyawa	Asal pirolisis	Peran utama
			penghambatan bakteri
Furan dan turunannya	Furfural, 5-metilfurfural	Hemiselulosa	Kontribusi pada citarasa dan warna
Hidrokarbon aromatik polisiklik	Benzo[a]piren, krisen, benzo[a]antrasena	Pembakaran suhu tinggi	Tidak dikehendaki; sebagian bersifat karsinogenik

Sumber: Disarikan dari Girard (1992), Stołyhwo dan Sikorski (2005), serta Adeyeye (2019)

Fenol merupakan penyumbang utama aroma asap sekaligus komponen yang bertanggung jawab atas aktivitas antioksidan asap. Karbonil berperan dalam pembentukan warna cokelat pada permukaan produk melalui reaksinya dengan gugus amino protein. Asam organik menurunkan pH permukaan ikan, membantu koagulasi protein sehingga terbentuk lapisan permukaan yang lebih kompak, sekaligus menghambat pertumbuhan bakteri. Ketiga golongan ini bekerja secara sinergis, sehingga upaya mengoptimalkan satu golongan saja tanpa memperhatikan golongan lainnya jarang memberikan hasil yang memuaskan.

Perlu dicatat bahwa proporsi ketiga golongan senyawa tersebut dalam asap sangat bergantung pada jenis kayu yang digunakan, umur tanaman sumber kayu, kondisi tumbuh kayu, serta kondisi pembakaran. Kayu keras dari kelompok *hardwood* yang kaya lignin

cenderung menghasilkan asap dengan kadar fenol yang lebih tinggi dan aroma yang lebih tajam dibandingkan kayu lunak. Inilah alasan mengapa pemilihan jenis kayu bukan sekadar persoalan ketersediaan, melainkan merupakan keputusan teknologis yang memengaruhi karakter akhir produk.

7.1.3 Mekanisme Pengawetan oleh Asap

Efek pengawetan pada proses pengasapan tidak berasal dari satu mekanisme tunggal, melainkan dari sejumlah mekanisme yang bekerja bersamaan. Secara konseptual, hal ini sejalan dengan prinsip teknologi rintangan atau *hurdle technology*, yaitu pengawetan yang dicapai melalui akumulasi beberapa rintangan yang masing-masing tidak terlalu berat, tetapi secara bersama-sama efektif menekan pertumbuhan mikroorganisme. Mekanisme tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

1. **Deposisi dan penetrasi komponen asap.** Partikel dan komponen gas asap menempel pada permukaan ikan yang lembap, kemudian terlarut dan berdifusi ke dalam jaringan daging. Laju penetrasi ini bergantung pada kelembapan permukaan, kepekatan asap, suhu, serta ada atau tidaknya lapisan pelikel.
2. **Aktivitas antimikroba.** Senyawa fenolik merusak membran sel dan mendenaturasi protein mikroba, sementara asam organik menurunkan pH permukaan dan senyawa karbonil bereaksi dengan komponen sel mikroba. Efek ini bekerja terutama di permukaan produk, tempat kontaminasi mikroba pada umumnya bermula.
3. **Penurunan aktivitas air.** Panas dan aliran udara selama pengasapan menguapkan sebagian air dari

jaringan ikan, sementara garam yang telah terserap sebelumnya mengikat air bebas. Kombinasi keduanya menurunkan aktivitas air hingga level yang kurang mendukung pertumbuhan mikroorganisme.

4. **Aktivitas antioksidan.** Senyawa fenolik berperan sebagai penangkap radikal bebas sehingga memperlambat oksidasi lipid. Mekanisme ini sangat penting pada ikan berlemak tinggi seperti tongkol, cakalang, dan lemuru, yang rentan mengalami ketengikan selama penyimpanan.
5. **Efek panas.** Pada pengasapan panas, panas mendenaturasi protein, menginaktivasi enzim autolitik, dan mereduksi populasi mikroba vegetatif secara langsung. Pada pengasapan dingin, mekanisme ini praktis tidak tersedia sehingga beban pengawetan sepenuhnya bertumpu pada garam, penurunan aktivitas air, komponen asap, dan rantai dingin.

Pemahaman bahwa pengawetan bersifat multi-mekanisme memiliki konsekuensi praktis yang jelas: melemahkan salah satu rintangan, misalnya menurunkan kadar garam demi selera konsumen, harus dikompensasi dengan memperkuat rintangan lainnya, misalnya melalui pengemasan vakum dan pengetatan suhu penyimpanan.

7.3 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Proses dan Mutu Ikan Asap

7.3.1 Karakteristik Bahan Baku

Mutu ikan asap tidak pernah dapat melampaui mutu bahan bakunya. Ikan yang telah mengalami kemunduran mutu sebelum diasap akan menghasilkan produk dengan tekstur lembek, aroma yang kurang baik, dan masa simpan yang pendek, sekalipun proses pengasapannya dilakukan dengan benar. Oleh karena itu, kesegaran bahan baku merupakan persyaratan pertama yang tidak dapat ditawar.

Selain kesegaran, terdapat beberapa karakteristik bahan baku lain yang perlu diperhatikan. Kadar lemak ikan sangat menentukan penampilan dan aroma produk akhir, karena komponen asap yang bersifat larut lemak akan terakumulasi pada jaringan berlemak. Ikan berlemak tinggi cenderung menghasilkan produk dengan warna yang lebih mengkilap dan aroma asap yang lebih kuat, tetapi sekaligus lebih rentan terhadap oksidasi selama penyimpanan. Ukuran dan ketebalan potongan ikan menentukan lama waktu yang dibutuhkan panas dan komponen asap untuk mencapai bagian dalam daging. Ikan yang terlalu tebal berisiko mengalami kondisi permukaan telah kering dan matang sementara bagian dalamnya masih basah, yang merupakan kondisi berbahaya dari sisi keamanan pangan. Karena itu, keseragaman ukuran dalam satu batch pengasapan merupakan salah satu kunci konsistensi mutu.

7.3.2 Jenis dan Kondisi Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan sumber seluruh komponen asap, sehingga pemilihannya berpengaruh langsung terhadap karakter produk. Kayu keras seperti kayu asam, rambutan, mangga, akasia, dan berbagai jenis kayu buah-buahan umumnya memberikan hasil yang baik. Tempurung kelapa, tongkol jagung, dan serbuk gergaji juga banyak digunakan di Indonesia karena ketersediaannya melimpah sebagai limbah pertanian.

Sebaliknya, kayu yang mengandung banyak getah atau resin, seperti pinus dan kayu jenis konifer lainnya, sebaiknya dihindari karena menghasilkan asap dengan aroma yang tajam dan jelaga yang berlebihan. Kayu bekas bangunan, kayu olahan yang telah dilapisi cat atau pernis, serta kayu yang telah diberi bahan pengawet mutlak tidak boleh digunakan karena berpotensi memindahkan cemaran kimia berbahaya ke dalam produk pangan. Kadar air bahan bakar juga perlu diperhatikan. Kayu yang terlalu basah menghasilkan asap yang pekat tetapi suhu pembakarannya rendah dan tidak stabil, sedangkan kayu yang terlalu kering mudah menyala menjadi api sehingga suhu melonjak dan pembentukan senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik meningkat.

7.3.3 Suhu, Waktu, dan Kondisi Ruang Pengasapan

Suhu dan lama pengasapan merupakan dua variabel proses yang paling sering dikaji karena pengaruhnya sangat nyata terhadap mutu produk. Peningkatan suhu dan lama pengasapan akan meningkatkan kadar fenol yang terserap ke dalam daging ikan sekaligus menurunkan kadar airnya. Sulfiani, dkk. (2017) melaporkan bahwa perbedaan lama dan suhu pengasapan pada metode pengasapan panas memberikan pengaruh nyata terhadap mutu ikan lele

asap yang dihasilkan. Hasil serupa dilaporkan Fareza, dkk. (2017) yang mengamati perubahan mutu ikan manyung selama pengasapan pada suhu 60 °C.

Namun hubungan ini tidak bersifat linier tanpa batas. Suhu dan waktu yang berlebihan akan menyebabkan produk menjadi terlalu kering dan keras, warna berubah menjadi terlalu gelap, aroma asap menjadi menyengat, serta nilai gizi menurun akibat kerusakan protein dan oksidasi lemak. Karena itu, kombinasi suhu dan waktu perlu ditetapkan berdasarkan jenis ikan, ukuran potongan, dan karakteristik produk yang diinginkan, bukan berdasarkan kebiasaan semata.

Selain suhu dan waktu, kelembapan relatif dan kecepatan aliran udara di dalam ruang pengasapan juga sangat menentukan. Kelembapan yang terlalu tinggi menghambat penguapan air sehingga produk sulit kering dan proses berlangsung lama. Sebaliknya, kelembapan yang terlalu rendah menyebabkan permukaan ikan mengering terlalu cepat dan membentuk lapisan keras yang justru menghalangi penetrasi asap dan penguapan air dari bagian dalam, suatu kondisi yang dikenal sebagai *case hardening*. Aliran udara berfungsi mendistribusikan asap secara merata dan membuang uap air, sehingga keseragaman mutu antar-rak dalam satu alat pengasap sangat bergantung pada rancangan sirkulasi udaranya.

7.2.4 Konsentrasi Garam dan Perlakuan Pendahuluan

Penggaraman sebelum pengasapan bukan sekadar untuk memberikan rasa. Garam menarik air keluar dari jaringan melalui perbedaan tekanan osmotik, menurunkan aktivitas air, membantu koagulasi protein permukaan, dan meningkatkan kemampuan permukaan

ikan menyerap komponen asap. Konsentrasi garam yang terlalu rendah akan menghasilkan produk dengan daya awet yang lemah dan warna yang pucat, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi menyebabkan rasa asin yang berlebihan serta tekstur yang keras dan berkerut. Lama perendaman, konsentrasi larutan garam, suhu larutan, serta rasio ikan terhadap larutan perlu ditetapkan secara konsisten agar kadar garam produk akhir seragam antar-batch.

7.4 Klasifikasi Metode Pengasapan

Metode pengasapan dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa dasar klasifikasi. Dasar yang paling umum digunakan adalah suhu proses, sedangkan dasar lainnya adalah cara kontak antara sumber asap dan produk serta bentuk media asap yang digunakan.

7.4.1 Pengasapan Dingin

Pengasapan dingin atau *cold smoking* dilakukan pada suhu ruang pengasapan yang rendah, umumnya tidak melebihi 30–33 °C, dengan durasi yang panjang, mulai dari beberapa jam hingga beberapa hari. Suhu tersebut sengaja dipertahankan rendah agar protein daging ikan tidak terkoagulasi, sehingga produk akhir mempertahankan tekstur menyerupai daging mentah dengan warna yang cerah. Salmon asap dingin merupakan contoh produk yang paling dikenal dari kategori ini.

Konsekuensi dari suhu rendah tersebut adalah tidak adanya tahap pemanasan yang mematikan mikroorganisme patogen. Rørvik (2000) menegaskan bahwa pengasapan dingin pada kondisi alaminya hanya menurunkan, bukan menghilangkan, populasi *Listeria*

monocytogenes. Oleh sebab itu, keamanan produk asap dingin sepenuhnya bergantung pada kesegaran bahan baku, kadar garam yang memadai, sanitasi lingkungan produksi yang ketat, pengemasan vakum, serta penyimpanan dingin yang tidak terputus. Untuk ikan yang akan diproses secara asap dingin dan dikonsumsi tanpa pemasakan, pembekuan pendahuluan juga umum dipersyaratkan untuk mengendalikan risiko parasit.

7.2.2 Pengasapan Hangat dan Pengasapan Panas

Pengasapan hangat atau *warm smoking* berlangsung pada kisaran suhu sekitar 30–50 °C dan dapat dipandang sebagai bentuk peralihan. Produk yang dihasilkan sudah mengalami sebagian denaturasi protein, tetapi belum sepenuhnya matang.

Pengasapan panas atau *hot smoking* merupakan metode yang paling banyak diterapkan di Indonesia. Proses berlangsung pada suhu ruang pengasapan yang jauh lebih tinggi, umumnya pada kisaran 60–80 °C, bahkan pada praktik tertentu dapat mencapai lebih dari 100 °C. Pada metode ini ikan mengalami pematangan sekaligus pengasapan, sehingga produk dapat langsung dikonsumsi tanpa pemasakan lebih lanjut. Sirait dan Saputra (2020) melaporkan bahwa pengasapan panas menggunakan alat pengasap tertutup pada suhu terkendali 60–80 °C selama rata-rata tiga jam mampu menghasilkan ikan asap yang memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia.

Dari sisi keamanan pangan, praktik terbaik pada pengasapan panas menetapkan bahwa suhu pusat produk perlu mencapai minimal sekitar 62,8 °C dan dipertahankan selama sekurang-kurangnya 30 menit, dikombinasikan dengan kadar garam pada fase air yang memadai. Kombinasi suhu pusat dan waktu penahanan

inilah, bukan suhu ruang pengasapan semata, yang menjamin tercapainya reduksi mikroba patogen. Perbandingan karakteristik pengasapan dingin dan pengasapan panas disajikan pada Tabel 7.2.

Tabel 7. 2 Perbandingan Karakteristik Pengasapan Dingin dan Pengasapan Panas

Aspek	Pengasapan dingin	Pengasapan panas
Suhu ruang pengasapan	Umumnya ≤ 30–33 °C	Umumnya 60–80 °C atau lebih
Lama proses	Beberapa jam hingga beberapa hari	Umumnya 2–6 jam
Kondisi protein	Tidak terkoagulasi, tekstur menyerupai mentah	Terkoagulasi, produk matang
Kadar air produk	Relatif rendah karena pengeringan lama	Lebih tinggi, tekstur lebih lembut
Reduksi patogen	Terbatas; tidak dapat diandalkan	Efektif bila suhu pusat tercapai
Kebutuhan rantai dingin	Mutlak diperlukan	Sangat dianjurkan
Contoh produk	Salmon asap dingin, ikan asap ekspor tertentu	Cakalang fufu, manyung asap, bandeng asap

Sumber: Disarikan dari Rørvik (2000), Adeyeye (2019), serta Sirait dan Saputra (2020)

7.2.3 Pengasapan Langsung dan Tidak Langsung

Berdasarkan cara kontak antara sumber asap dan produk, pengasapan dapat dibedakan menjadi pengasapan langsung dan tidak langsung. Pada pengasapan langsung, yang merupakan praktik tradisional pada umumnya, ikan diletakkan tepat di atas sumber pembakaran sehingga menerima asap sekaligus radiasi panas secara langsung. Metode ini sederhana dan murah, tetapi menyulitkan pengendalian suhu dan meningkatkan risiko kontaminasi senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik akibat tetesan lemak yang jatuh ke bara dan terbakar.

Pada pengasapan tidak langsung, asap dibangkitkan pada unit pembangkit asap terpisah, kemudian dialirkan ke ruang pengasapan melalui saluran. Rancangan ini memungkinkan suhu pembangkitan asap dan suhu ruang pengasapan dikendalikan secara terpisah, memungkinkan penyaringan dan pendinginan asap sebelum kontak dengan produk, serta menghindarkan kontak langsung tetesan lemak dengan sumber api. Visciano, *et al.*, (2008) menunjukkan bahwa pemisahan produk dari sumber asap merupakan salah satu strategi efektif untuk menurunkan kandungan hidrokarbon aromatik polisiklik pada produk asapan.

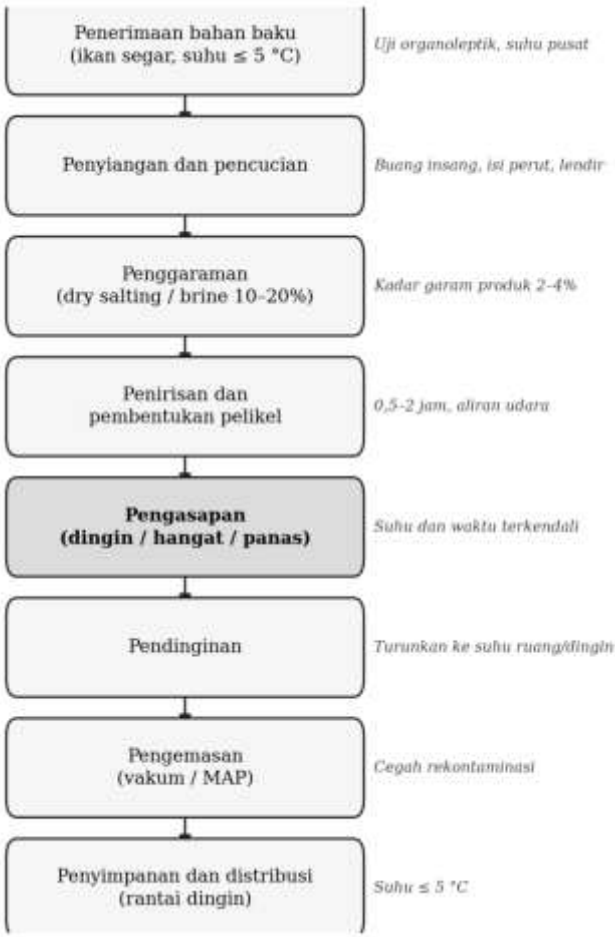
7.2.4 Pengasapan Menggunakan Asap Cair

Asap cair atau *liquid smoke* merupakan produk kondensasi uap hasil pirolisis bahan berlignoselulosa yang kemudian dimurnikan melalui pengendapan tar, distilasi, dan adsorpsi. Di Indonesia, tempurung kelapa merupakan bahan baku yang paling banyak digunakan karena ketersediaannya melimpah dan kandungan ligninnya tinggi. Asap cair mengandung komponen aktif yang serupa dengan asap konvensional, yaitu asam organik, fenol, dan senyawa karbonil.

Keunggulan pengasapan dengan asap cair terletak pada tingkat kendali prosesnya. Konsentrasi komponen aktif dapat ditetapkan secara kuantitatif sehingga mutu produk menjadi konsisten, proses tidak menghasilkan pencemaran udara, tidak menimbulkan risiko kebakaran, dan yang terpenting, fraksi tar yang mengandung sebagian besar hidrokarbon aromatik polisiklik dapat dipisahkan pada tahap pemurnian. Swastawati, dkk. (2012) menunjukkan bahwa penggunaan dua jenis asap cair yang berbeda menghasilkan karakteristik sensori dan kimia yang berbeda pula pada ikan pari asap, sehingga jenis dan konsentrasi asap cair dapat digunakan sebagai variabel untuk merancang karakter produk yang diinginkan. Aplikasi asap cair umumnya dilakukan melalui perendaman ikan dalam larutan asap cair pada konsentrasi tertentu, yang kemudian dilanjutkan dengan pemanasan atau pengeringan.

7.5 Tahapan Proses Pengasapan Ikan

Setelah memahami prinsip dan klasifikasi metode, bagian ini menguraikan tahapan proses pengasapan ikan secara operasional. Rangkaian tahapan tersebut disajikan pada Gambar 7.2.



Gambar 7. 2 Diagram Alir Tahapan Proses Pengasapan Ikan

(Sumber: Dokumentasi penulis)

7.5.1 Penerimaan dan Penyiangan Bahan Baku

Bahan baku diterima dalam kondisi segar dengan suhu pusat yang terjaga rendah, sebaiknya tidak melebihi 5 °C. Pemeriksaan mutu bahan baku dilakukan

secara sensori dengan memperhatikan kenampakan mata, warna insang, bau, tekstur daging, dan kondisi lendir permukaan. Ikan yang tidak memenuhi kriteria kesegaran harus dipisahkan dan tidak diproses lebih lanjut.

Penyiangan meliputi pembuangan insang dan isi perut, yang merupakan sumber utama enzim pencernaan dan populasi mikroba. Ikan kemudian dicuci dengan air bersih mengalir untuk menghilangkan sisa darah, lendir, dan kotoran. Bergantung pada jenis produk yang dituju, ikan dapat diproses utuh, dibelah, atau dipotong menjadi potongan dengan ketebalan seragam.

7.2.2 Penggaraman

Penggaraman dapat dilakukan dengan cara kering, yaitu menaburkan dan melumuri garam kristal pada permukaan ikan, atau dengan cara basah melalui perendaman dalam larutan garam. Cara basah umumnya lebih disukai pada skala industri karena menghasilkan distribusi garam yang lebih merata dan lebih mudah distandarkan. Konsentrasi larutan garam dan lama perendaman disesuaikan dengan ukuran dan ketebalan ikan serta kadar garam produk akhir yang ditargetkan. Suhu larutan garam perlu dijaga tetap rendah selama proses berlangsung untuk mencegah pertumbuhan mikroba.

7.2.3 Penirisan dan Pembentukan Pelikel

Tahap ini sering diabaikan pada praktik tradisional, padahal perannya sangat menentukan. Setelah penggaraman, ikan ditiriskan dan diangin-anginkan pada tempat yang bersih dengan aliran udara yang memadai. Selama proses ini, protein larut air yang terlarut selama penggaraman akan mengering di

permukaan dan membentuk lapisan tipis yang lengket dan mengkilap, yang dikenal sebagai pelikel.

Pelikel berfungsi sebagai permukaan tempat komponen asap terdeposisi dan terserap, sekaligus membantu produk mempertahankan kelembapan bagian dalamnya. Tanpa pembentukan pelikel yang memadai, komponen asap tidak terdeposisi dengan baik, warna produk menjadi tidak merata, dan produk cenderung menjadi terlalu kering. Sebaliknya, permukaan yang masih terlalu basah akan menyebabkan asap terlarut berlebihan pada lapisan air permukaan dan menghasilkan rasa yang tajam serta warna yang gelap tidak merata.

7.2.4 Pengasapan

Ikan disusun pada rak atau digantung di dalam ruang pengasapan dengan jarak antar-ikan yang memadai agar asap dan udara dapat bersirkulasi. Kepadatan muatan yang berlebihan merupakan penyebab paling umum ketidakseragaman mutu, karena bagian yang saling bersinggungan tidak terpapar asap. Proses pengasapan kemudian dilaksanakan sesuai metode yang dipilih, dengan pemantauan suhu ruang, suhu pusat produk, dan lama proses secara berkala. Pencatatan parameter proses pada setiap batch merupakan bagian dari penerapan sistem jaminan mutu dan sangat membantu dalam menelusuri penyebab apabila terjadi penyimpangan mutu.

7.2.5 Pendinginan dan Pengemasan

Setelah pengasapan selesai, produk perlu didinginkan sebelum dikemas. Pengemasan produk yang masih panas akan menyebabkan pengembunan di dalam kemasan, yang meningkatkan aktivitas air permukaan dan mempercepat pertumbuhan kapang. Pendinginan

sebaiknya dilakukan pada ruang bersih dan terlindung untuk mencegah rekontaminasi, karena pada tahap inilah produk yang telah bebas mikroba paling rentan terkontaminasi kembali dari lingkungan, peralatan, dan pekerja.

Pengemasan vakum maupun pengemasan dengan atmosfer termodifikasi terbukti efektif memperpanjang masa simpan ikan asap dibandingkan pengemasan biasa. Namun perlu diperhatikan bahwa kondisi anaerob pada pengemasan vakum justru menguntungkan bagi bakteri anaerob tertentu, sehingga pengemasan vakum harus selalu disertai penyimpanan pada suhu dingin dan tidak boleh dipandang sebagai pengganti rantai dingin.

7.2.6 Penyimpanan dan Distribusi

Produk ikan asap disimpan pada suhu dingin dan didistribusikan dengan menjaga kesinambungan rantai dingin. Sakti, dkk. (2016) mengamati bahwa mutu ikan gabus asap mengalami penurunan progresif selama penyimpanan, yang ditandai oleh perubahan nilai sensori, peningkatan kadar nitrogen basa volatil, dan peningkatan jumlah mikroba. Pola serupa umumnya ditemukan pada berbagai jenis ikan asap, sehingga penetapan masa simpan produk harus didasarkan pada data pengujian, bukan pada perkiraan.

7.6 Peralatan Pengasapan Ikan

Peralatan pengasapan yang digunakan di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi tiga tingkatan teknologi. Kelompok pertama adalah alat pengasap tradisional berupa tungku terbuka, para-para bambu, atau potongan drum bekas. Alat ini murah dan mudah dibuat, tetapi memiliki keterbatasan mendasar berupa ketidakmampuan

mengendalikan suhu dan sebaran asap, tingginya paparan panas radiasi langsung, serta terbukanya produk terhadap cemaran lingkungan.

Kelompok kedua adalah alat pengasap tertutup bertipe lemari atau kabinet yang dilengkapi rak bertingkat, ruang pembakaran terpisah, cerobong, dan pengatur bukaan udara. Sirait dan Saputra (2020) mengidentifikasi beberapa rancangan alat pengasap yang telah dikembangkan di Indonesia dan menunjukkan bahwa penggunaan alat tertutup menghasilkan sebaran asap yang lebih merata, waktu proses yang lebih efisien, serta produk yang lebih higienis dibandingkan pengasapan pada ruang terbuka.

Kelompok ketiga adalah alat pengasap modern berupa *smoking kiln* atau oven pengasap yang dilengkapi pembangkit asap eksternal, kipas sirkulasi, pengendali suhu dan kelembapan otomatis, serta sistem penyaring asap. Termasuk dalam kelompok ini adalah rancangan tungku pengasapan yang dikembangkan untuk negara berkembang dengan penekanan pada pemisahan produk dari sumber api dan penampungan tetesan lemak, yang terbukti menurunkan kandungan hidrokarbon aromatik polisiklik pada produk secara nyata dibandingkan tungku tradisional. Peningkatan tingkatan teknologi peralatan dengan demikian bukan sekadar persoalan efisiensi produksi, melainkan juga merupakan instrumen pengendalian keamanan pangan.

7.7 Karakteristik dan Penilaian Mutu Ikan Asap

7.7.1 Mutu Sensori

Penilaian sensori merupakan parameter mutu yang paling awal dan paling sering digunakan karena bersifat cepat dan langsung mencerminkan penerimaan konsumen. Atribut yang dinilai meliputi kenampakan,

warna, aroma, rasa, dan tekstur. Ikan asap bermutu baik memiliki warna cokelat keemasan hingga cokelat kemerahan yang merata, permukaan mengkilap dan kering, aroma asap yang khas tanpa bau tengik atau bau hangus, rasa yang gurih dengan tingkat keasinan yang seimbang, serta tekstur yang kompak dan tidak berair. Standar Nasional Indonesia mensyaratkan nilai sensori ikan asap minimal 7 pada skala 1 sampai 9 (BSN, 2013).

7.7.2 Mutu Kimia

Parameter kimia yang lazim diukur pada produk ikan asap meliputi kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu, kadar garam, kadar fenol, nilai pH, kadar nitrogen basa volatil total, serta bilangan tiobarbiturat sebagai indikator oksidasi lemak. Kadar air merupakan parameter yang paling menentukan daya awet dan diatur secara eksplisit dalam standar. Kadar fenol mencerminkan intensitas pengasapan dan berkorelasi dengan aktivitas antioksidan produk, sedangkan nilai nitrogen basa volatil total dan bilangan tiobarbiturat mencerminkan tingkat kemunduran mutu selama penyimpanan.

Swastawati, dkk. (2013) menunjukkan bahwa jenis ikan dan metode pengasapan yang berbeda menghasilkan karakteristik kualitas ikan asap yang berbeda pula, sehingga penetapan target parameter kimia perlu disesuaikan dengan jenis produk. Ringkasan persyaratan mutu dan keamanan ikan asap dengan pengasapan panas menurut standar nasional disajikan pada Tabel 7.3.

Tabel 7. 3 Ringkasan Persyaratan Mutu dan Keamanan Ikan Asap dengan Pengasapan Panas

Parameter uji	Satuan	Persyaratan
Sensori	Skor 1–9	Minimal 7
Kadar air	% (b/b)	Maksimal 60,0
Kadar lemak	% (b/b)	Maksimal 20,0
Histamin	mg/kg	Maksimal 100
Angka lempeng total	koloni/g	Maksimal $5{,}0 \times 10^4$
Escherichia coli	APM/g	Kurang dari 3
Salmonella	per 25 g	Negatif
Staphylococcus aureus	koloni/g	Maksimal $1{,}0 \times 10^3$
Kapang	koloni/g	Maksimal $1{,}0 \times 10^2$
Benzo[a]piren	µg/kg	Maksimal 5

Sumber: BSN (2013)

7.7.3 Mutu Mikrobiologi

Pengujian mikrobiologi mencakup angka lempeng total sebagai indikator umum sanitasi proses, serta pengujian terhadap mikroorganisme indikator dan patogen spesifik. Meskipun proses pengasapan panas mampu mereduksi populasi mikroba secara nyata, produk ikan asap tetap dapat mengandung cemaran mikroba apabila terjadi rekontaminasi setelah proses. Susanti, dkk. (2016) menemukan keberadaan *Salmonella* sp. pada sejumlah sampel ikan asap yang diperdagangkan di pasar tradisional, yang menunjukkan

bahwa penanganan pascapengasapan dan kondisi penjualan merupakan titik kritis yang tidak boleh diabaikan.

7.8 Aspek Keamanan Pangan dan Regulasi

7.8.1 Hidrokarbon Aromatik Polisiklik

Isu keamanan pangan yang paling menonjol pada produk ikan asap adalah keberadaan hidrokarbon aromatik polisiklik atau *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH). Senyawa ini terbentuk dari pembakaran tidak sempurna bahan organik pada suhu tinggi. Asap kayu diketahui mengandung sedikitnya seratus jenis senyawa PAH beserta turunan teralkilasinya, dan sebagian di antaranya bersifat karsinogenik (Stołyhwo dan Sikorski, 2005). Benzo[a]piren secara konvensional digunakan sebagai senyawa penanda bagi kelompok PAH karsinogenik pada produk asapan.

Kadar PAH pada produk ikan asap sangat dipengaruhi oleh metode pengasapan yang digunakan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengasapan tradisional dengan kontak langsung antara ikan dan sumber api menghasilkan kadar benzo[a]piren yang jauh lebih tinggi dibandingkan pengasapan menggunakan tungku terkendali. Selain berasal dari proses pengasapan, sebagian PAH juga dapat berasal dari pencemaran perairan tempat ikan berasal, sehingga kadar PAH pada produk akhir merupakan akumulasi dari kedua sumber tersebut.

Dari sisi regulasi, Standar Nasional Indonesia menetapkan batas maksimum benzo[a]piren pada ikan asap sebesar 5 µg/kg (BSN, 2013). Uni Eropa

menerapkan ketentuan yang lebih ketat, yaitu batas maksimum benzo[a]piren sebesar 2,0 µg/kg dan jumlah empat senyawa PAH penanda sebesar 12,0 µg/kg untuk produk perikanan asap (European Commission, 2011). Perbedaan batasan ini merupakan hal yang penting dipahami oleh pelaku usaha yang menargetkan pasar ekspor.

7.7.2 Bahaya Mikrobiologi dan Kimia Lainnya

Selain PAH, terdapat beberapa bahaya lain yang perlu dikendalikan pada produk ikan asap. Bahaya mikrobiologi utama adalah *Listeria monocytogenes*, yang mampu tumbuh pada suhu refrigerasi, pada kadar garam yang relatif tinggi, dan pada kondisi anaerob di dalam kemasan vakum. Bakteri ini menjadi perhatian khusus pada produk asap dingin yang dikonsumsi tanpa pemasakan lebih lanjut (Rørvik, 2000). Bahaya mikrobiologi lain yang perlu diwaspadai pada produk terkemas vakum adalah *Clostridium botulinum* tipe E yang bersifat nonproteolitik dan mampu tumbuh pada suhu rendah, sehingga pengemasan vakum harus selalu diikuti pengendalian kadar garam fase air dan suhu penyimpanan yang ketat.

Dari sisi kimia, histamin merupakan bahaya yang khas pada ikan dari kelompok Scombridae seperti tongkol, cakalang, dan tuna. Histamin terbentuk akibat aktivitas bakteri penghasil enzim histidin dekarboksilase pada ikan yang tidak segera didinginkan, dan bersifat tahan panas sehingga tidak dapat dihilangkan oleh proses pengasapan. Pengendalian histamin dengan demikian sepenuhnya bergantung pada penanganan bahan baku sejak penangkapan. Bahaya kimia lain meliputi formaldehida yang dapat terbawa dari komponen asap serta cemaran logam berat yang berasal dari bahan baku.

7.7.3 Strategi Mitigasi

Berdasarkan uraian di atas, terdapat sejumlah strategi yang dapat diterapkan untuk menekan risiko keamanan pangan pada produk ikan asap, yaitu:

1. Menggunakan pengasapan tidak langsung dengan pembangkit asap terpisah sehingga produk tidak kontak langsung dengan api dan tetesan lemak tidak jatuh ke sumber pembakaran.
2. Mengendalikan suhu pembangkitan asap agar tidak melampaui rentang yang diperlukan, karena pembentukan PAH meningkat tajam pada suhu pembakaran yang tinggi.
3. Menggunakan bahan bakar kayu yang bersih, kering secara terkendali, dan bebas dari bahan pengawet, cat, atau pelapis.
4. Mempertimbangkan penggunaan asap cair yang telah dimurnikan, karena fraksi tar yang mengandung sebagian besar PAH dapat dipisahkan pada tahap pemurnian.
5. Menerapkan program sanitasi lingkungan produksi yang terjadwal, khususnya pada area pascapengasapan, untuk mengendalikan risiko rekontaminasi.
6. Menjaga kesinambungan rantai dingin sejak penerimaan bahan baku hingga produk sampai ke tangan konsumen.

7.9 Inovasi dan Arah Pengembangan

Pengembangan teknologi pengasapan ikan ke depan bergerak pada beberapa arah yang saling melengkapi. Arah pertama adalah penyempurnaan teknologi asap cair, baik

dari sisi diversifikasi bahan baku berbasis limbah pertanian lokal, peningkatan teknik pemurnian, maupun pengembangan bentuk sediaan seperti mikroenkapsulasi yang memungkinkan pelepasan komponen aktif secara terkendali. Swastawati, dkk. (2014) menunjukkan bahwa asap cair berbahan tongkol jagung memiliki aktivitas antimikroba dan dapat diaplikasikan pada pengasapan ikan bandeng menggunakan oven listrik maupun oven mekanis, yang memperlihatkan bahwa bahan baku asap cair tidak terbatas pada tempurung kelapa.

Arah kedua adalah integrasi pengasapan dengan teknologi pengawetan lain dalam kerangka teknologi rintangan. Kombinasi pengasapan ringan dengan pengemasan vakum atau atmosfer termodifikasi, penambahan antimikroba alami, serta penerapan pelapis yang dapat dimakan merupakan pendekatan yang memungkinkan penurunan intensitas pengasapan tanpa mengorbankan masa simpan.

Arah ketiga adalah otomatisasi dan digitalisasi proses. Penerapan sensor suhu dan kelembapan dengan pengendali otomatis memungkinkan proses pengasapan berlangsung pada kondisi yang konsisten dari batch ke batch, sekaligus menghasilkan rekaman proses yang dapat digunakan untuk keperluan penelusuran dan sertifikasi. Arah keempat adalah penguatan aspek keberlanjutan, meliputi efisiensi penggunaan bahan bakar, pemanfaatan limbah pertanian sebagai sumber asap, serta pengurangan emisi asap ke lingkungan sekitar sentra pengasapan.

Bagi Indonesia, tantangan terbesar bukan terletak pada ketersediaan teknologi, melainkan pada proses adopsinya di tingkat usaha mikro dan kecil yang mendominasi industri pengasapan nasional. Oleh karena itu, inovasi teknologi pengasapan perlu dirancang dengan mempertimbangkan keterjangkauan biaya, kemudahan pengoperasian,

ketersediaan suku cadang, serta kesesuaiannya dengan karakteristik produk tradisional yang telah diterima pasar.

Pengasapan ikan merupakan teknologi pengawetan yang bekerja melalui kombinasi beberapa mekanisme sekaligus, yaitu penggaraman, pengeringan, pemanasan, dan deposisi komponen kimia asap. Asap terbentuk melalui pirolisis komponen kayu berupa hemiselulosa, selulosa, dan lignin, yang masing-masing terurai pada rentang suhu berbeda dan menghasilkan golongan senyawa yang berbeda. Fenol berperan sebagai pembentuk aroma sekaligus antioksidan dan antimikroba, karbonil membentuk warna melalui reaksi Maillard, sedangkan asam organik menurunkan pH permukaan dan menghambat pertumbuhan bakteri.

Mutu produk ikan asap ditentukan oleh kesegaran dan karakteristik bahan baku, jenis dan kondisi bahan bakar, suhu dan lama pengasapan, kelembapan dan sirkulasi udara, serta konsentrasi garam dan pembentukan pelikel. Berdasarkan suhu prosesnya, pengasapan dibedakan menjadi pengasapan dingin, hangat, dan panas, sedangkan berdasarkan media asapnya dibedakan menjadi pengasapan konvensional dan pengasapan menggunakan asap cair. Setiap metode memiliki konsekuensi tersendiri terhadap mutu dan keamanan produk.

Tantangan utama teknologi pengasapan terletak pada upaya menyeimbangkan dua hal yang saling bertolak belakang, yaitu memaksimalkan komponen asap yang bermanfaat bagi daya awet dan citarasa, sekaligus menekan pembentukan senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik yang tidak dikehendaki. Penggunaan pengasapan tidak langsung, pengendalian suhu pembakaran, pemilihan bahan bakar yang tepat, penerapan asap cair yang telah dimurnikan, serta penerapan sanitasi dan rantai dingin yang konsisten merupakan strategi kunci untuk mencapai keseimbangan tersebut. Dengan penerapan teknologi yang tepat, produk

ikan asap Indonesia memiliki peluang besar untuk naik kelas, dari produk tradisional bagi pasar lokal menjadi produk bernilai tambah yang mampu bersaing di pasar global.

DAFTAR PUSTAKA

Adeyeye, S.A.O. 2019. Smoking of Fish: A Critical Review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 17(6), 559–575.

Adeyeye, S.A.O. dan Oyewole, O.B. 2016. An Overview of Traditional Fish Smoking in Africa. *Journal of Culinary Science & Technology*, 14(3), 198–215.

Akpambang, V.O.E., Purcaro, G., Lajide, L., Amoo, I.A., Conte, L.S. dan Moret, S. 2009. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Commonly Consumed Nigerian Smoked/Grilled Fish and Meat. *Food Additives and Contaminants*, 26(7), 1096–1103.

BSN. 2009. *SNI 2725.1:2009 Ikan Asap – Bagian 1: Spesifikasi*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

BSN. 2013. *SNI 2725:2013 Ikan Asap dengan Pengasapan Panas*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Codex Alimentarius Commission. 2009. *Code of Practice for the Reduction of Contamination of Food with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) from Smoking and Direct Drying Processes (CAC/RCP 68-2009)*. Rome: FAO/WHO.

European Commission. 2011. *Commission Regulation (EU) No 835/2011 of 19 August 2011 Amending Regulation (EC) No 1881/2006 as Regards Maximum Levels for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Foodstuffs*. Official Journal of the European Union, L 215, 4–8.

Fareza, M., Bintoro, V.P. dan Abduh, S.B.M. 2017. Perubahan Mutu Ikan Manyung Selama Pengasapan pada Suhu 60 °C. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(4), 173–176.

Girard, J.P. 1992. *Technology of Meat and Meat Products: Smoking*. New York: Ellis Horwood.

Ledesma, E., Rendueles, M. dan Díaz, M. 2016. Contamination of Meat Products during Smoking by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Processes and Prevention. *Food Control*, 60, 64–87.

Rørvik, L.M. 2000. *Listeria monocytogenes* in the Smoked Salmon Industry. *International Journal of Food Microbiology*, 62(3), 183–190.

Sakti, H., Lestari, S. dan Supriadi, A. 2016. Perubahan Mutu Ikan Gabus (*Channa striata*) Asap Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 5(1), 11–18.

Sirait, J. dan Saputra, S.H. 2020. Teknologi Alat Pengasapan Ikan dan Mutu Ikan Asap. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 220–229.

Stołyhwo, A. dan Sikorski, Z.E. 2005. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Smoked Fish – A Critical Review. *Food Chemistry*, 91(2), 303–311.

Sulfiani, Sukainah, A. dan Mustarin, A. 2017. Pengaruh Lama dan Suhu Pengasapan dengan Menggunakan Metode Pengasapan Panas terhadap Mutu Ikan Lele Asap. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3, 93–101.

Susanti, Fusvita, A. dan Janha, I.A. 2016. Identifikasi *Salmonella* sp. pada Ikan Asap di Pasar Tradisional Kota Kendari. *Biowallacea*, 3(2), 467–473.

Swastawati, F., Susanto, E., Cahyono, B. dan Trilaksono, W.A. 2012. Sensory Evaluation and Chemical Characteristics of Smoked Stingray (*Dasyatis blekeery*) Processed by Using Two Different Liquid Smoke. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2(3), 212–216.

Swastawati, F., Surti, T., Agustini, T.W. dan Riyadi, P.H. 2013. Karakteristik Kualitas Ikan Asap yang Diproses Menggunakan Metode dan Jenis Ikan Berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(3), 126–132.

Swastawati, F., Boesono, H. dan Wijayanto, D. 2014. Antimicrobial Activity of Corncob Liquid Smoke and Its Application to Smoked Milkfish (*Chanos chanos* Forsk) Using Electric and Mechanical Oven. *IPCBEE*, 67, 109–113.

Visciano, P., Perugini, M., Conte, F. dan Amorena, M. 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Processed by Traditional Flue Gas Smoking and by Liquid Smoke Flavourings. *Food and Chemical Toxicology*, 46(5), 1409–1413.

Wibowo, S. 2000. *Industri Pengasapan Ikan*. Jakarta: Penebar Swadaya.

BAB 8

TEKNOLOGI PENGALENGAN PRODUK PERIKANAN

Oleh Faiza A. Dali

8.1 Konsep dan Prinsip Dasar Pengalengan Hasil Perikanan

Pengalengan merupakan teknologi pengawetan yang mengombinasikan perlakuan panas dan pengemasan hermetis untuk menghasilkan produk yang aman dan stabil selama penyimpanan. Pada hasil perikanan, proses ini berfungsi memperpanjang umur simpan sekaligus mengendalikan mikroorganisme melalui perlakuan termal yang disesuaikan dengan karakteristik produk dan kemasan. *Codex Alimentarius Commission Code of Practice for Fish and Fishery Products* menempatkan pengolahan, pengemasan, penyimpanan, dan distribusi sebagai bagian terpadu dalam sistem keamanan dan mutu hasil perikanan (FAO & WHO, 2020).

Keberhasilan pengalengan bergantung pada keseimbangan antara kecukupan proses termal dan retensi mutu. Perlakuan yang tidak mencukupi dapat menyebabkan pengendalian mikrobiologis tidak optimal, sedangkan pemanasan berlebihan dapat menurunkan mutu tekstur, warna, komponen gizi, dan stabilitas lipid. Pada Thunnus tonggol, proses pengalengan dan sterilisasi dilaporkan memengaruhi komponen kimia selama penyimpanan,

termasuk lemak, abu, protein, dan kadar air (Aberoumand & Baesi, 2023). Perlakuan termal pada tuna kaleng juga dapat memengaruhi berbagai indikator oksidasi lipid, sehingga evaluasi mutu perlu menggunakan parameter yang sesuai (Esfahani *et al*., 2024).

Secara teknologi, proses pengalengan dipengaruhi oleh bahan baku, formulasi, perpindahan panas, desain kemasan, kondisi proses, dan integritas wadah. Oleh karena itu, kondisi termal tidak dapat diseragamkan hanya berdasarkan jenis komoditas. Ukuran potongan, jenis dan viskositas medium, berat isi, serta dimensi dan konfigurasi kemasan dapat memengaruhi penetrasi panas (Ali *et al*., 2006; Stowe *et al*., 2025).

Dengan demikian, prinsip dasar pengalengan bertumpu pada integritas kemasan hermetis dan kecukupan proses termal. Perlakuan panas mengendalikan mikroorganisme target, sedangkan kemasan hermetis mencegah rekontaminasi setelah proses. Karakteristik produk, proses, dan pengendalian bahaya sebagai bagian penting dalam sistem keamanan produk perikanan (FDA, 2022).

8.2 Bahan Baku dan Bahan Tambahan (*Filling Medium*)

8.2.1 Pemilihan dan Standar Mutu Bahan Baku Ikan

Mutu produk ikan kaleng sangat ditentukan oleh kondisi bahan baku sebelum proses pengolahan. Perlakuan termal berfungsi mengendalikan bahaya mikrobiologis dan menghasilkan tingkat keamanan yang dipersyaratkan, sedangkan karakteristik kesegaran, komposisi, dan kondisi fisik ikan sebelum pemrosesan akan memengaruhi mutu produk akhir. Oleh karena itu, penerimaan bahan baku perlu mempertimbangkan

kesegaran organoleptik, riwayat waktu–suhu, potensi pembentukan histamin, komposisi proksimat, ukuran bahan, dan kondisi fisik jaringan. Faktor-faktor tersebut merupakan bagian penting dalam pengendalian mutu bahan baku produk perikanan yang akan diproses lebih lanjut (FAO & WHO, 2020; FDA, 2022).

Komoditas yang umum digunakan dalam pengalengan meliputi kelompok ikan pelagis seperti tuna, cakalang, makarel, sarden, dan lemuru, serta berbagai hasil perikanan lain seperti udang, rajungan, cumi-cumi, dan kerang. Pemilihan spesies dan bentuk bahan baku perlu disesuaikan dengan karakteristik produk yang akan dihasilkan, ukuran wadah, formulasi, serta kondisi proses termal.

Beberapa parameter utama yang perlu diperhatikan dalam penerimaan bahan baku ikan ditunjukkan pada Tabel 8.1.

Tabel 8. 1 Parameter Mutu dan Pertimbangan Penerimaan Bahan Baku Ikan untuk Pengalengan

Parameter	Pertimbangan dalam penerimaan bahan baku	Relevansi terhadap produk kaleng
Kesegaran organoleptik	Penampakan, bau, tekstur, kondisi kulit dan jaringan	Menentukan karakteristik sensori awal dan mutu akhir produk
Riwayat waktu–suhu	Kecepatan pendinginan setelah penangkapan dan pemeliharaan rantai dingin	Menentukan tingkat deteriorasi dan risiko pembentukan histamin

Parameter	Pertimbangan dalam penerimaan bahan baku	Relevansi terhadap produk kaleng
Histamin/scombrotoxin	Sangat penting pada ikan yang berisiko membentuk histamin, terutama kelompok Scombridae dan kelompok ikan lain yang memiliki potensi pembentukan histamin	Histamin yang telah terbentuk relatif tahan terhadap perlakuan panas sehingga pengendalianny a perlu dilakukan sejak bahan baku
Komposisi proksimat	Protein, lemak, air, dan abu dapat berbeda menurut spesies, ukuran, musim, dan kondisi bahan	Memengaruhi karakteristik produk serta perubahan fisik dan kimia selama pengolahan
Ukuran dan bentuk bahan	Ukuran ikan atau potongan relatif seragam sesuai spesifikasi produk	Berhubungan dengan pengisian wadah, proporsi ikan terhadap medium, dan karakteristik perpindahan panas
Kondisi fisik jaringan	Tidak mengalami kerusakan berat, memar, pelunakan, atau deteriorasi	Memengaruhi integritas potongan, tekstur, dan penerimaan

Parameter	Pertimbangan dalam penerimaan bahan baku	Relevansi terhadap produk kaleng
		sensori setelah proses retort

Sumber: Diadaptasi dari FAO & WHO (2020) dan FDA (2022)

Pengendalian waktu dan suhu sejak bahan baku diperoleh menjadi aspek penting, terutama untuk ikan yang berpotensi mengalami pembentukan histamin. Histamin terbentuk melalui aktivitas mikroorganisme tertentu yang mendekarboksilasi histidin pada kondisi yang mendukung pertumbuhan mikroba. Setelah terbentuk dalam jaringan ikan, histamin relatif tahan terhadap proses pemanasan sehingga proses pengalengan tidak dapat dijadikan sebagai tahap utama untuk menghilangkan bahaya tersebut. Pengendalian harus dimulai melalui pemeliharaan suhu rendah, penanganan higienis, dan pembatasan waktu paparan pada kondisi yang memungkinkan pembentukan histamin (FDA, 2022).

Kondisi bahan baku juga berkaitan dengan mutu tekstur setelah proses termal. Ikan yang mengalami deteriorasi sebelum pengolahan dapat menghasilkan jaringan yang lebih lunak atau mudah hancur setelah menerima perlakuan panas. Pada tahap penerimaan, pemeriksaan organoleptik dan kondisi fisik bahan diperlukan untuk memastikan bahwa bahan memenuhi spesifikasi produk yang ditetapkan.

Ukuran dan keseragaman potongan memiliki implikasi terhadap proses pengisian dan perpindahan panas. Potongan dengan ukuran yang relatif seragam membantu menghasilkan distribusi bahan yang lebih konsisten di dalam wadah sehingga variasi kondisi

proses antarunit produk dapat diminimalkan. Ukuran potongan, rasio padatan terhadap cairan, serta karakteristik medium pengisi selanjutnya perlu dipertimbangkan dalam penetapan proses termal karena dapat memengaruhi laju penetrasi panas.

Komposisi bahan baku, khususnya kadar air dan lemak, turut menentukan karakteristik produk setelah pengolahan. Kandungan lemak yang tinggi dapat berhubungan dengan perubahan oksidatif selama penyimpanan, sedangkan kadar air berhubungan dengan tekstur dan karakteristik medium dalam produk. Pada tuna kaleng, komposisi mineral dan zat gizi dapat mengalami perubahan setelah perlakuan termal dan selama penyimpanan, sehingga mutu bahan baku perlu dikendalikan sejak awal proses (Aberoumand & Baesi, 2023). Perubahan oksidatif pada minyak dan komponen lipid selama pengolahan juga dipengaruhi oleh jenis serta kualitas medium minyak yang digunakan (Esfahani *et al*., 2024).

Dengan demikian, penerimaan bahan baku untuk pengalengan perlu didasarkan pada kesegaran, riwayat penanganan, keamanan kimia, karakteristik fisik, serta kesesuaian bahan dengan spesifikasi proses. Pengendalian pada tahap awal tersebut memberikan dasar yang lebih konsisten untuk proses pengisian, penutupan wadah, perlakuan termal, dan evaluasi mutu produk akhir.

8.2.2 Medium Pengisi (*Filling Medium*)

Medium pengisi merupakan komponen cair atau semi-cair yang ditambahkan ke dalam wadah bersama bahan utama. Penggunaannya berfungsi dalam pengaturan komposisi produk, karakteristik sensori,

perpindahan panas, serta kondisi fisik dan kimia selama penyimpanan. Jenis dan formulasi medium harus disesuaikan dengan karakteristik ikan, bentuk produk, ukuran wadah, dan proses termal yang digunakan.

Pada produk ikan kaleng, medium pengisi dapat berupa minyak, larutan garam, saus tomat, atau formulasi saus berbumbu. Keberadaan medium di antara potongan ikan membantu mengurangi ruang kosong di dalam wadah dan dapat memengaruhi mekanisme perpindahan panas. Efek tersebut bergantung pada sifat fisik produk dan medium, termasuk viskositas, komposisi, rasio padatan–cairan, serta susunan bahan dalam wadah.

1. Minyak (*Oil Pack*)

   Minyak merupakan salah satu medium pengisi yang banyak digunakan pada produk tuna dan ikan pelagis lainnya. Jenis minyak dapat berupa minyak zaitun, minyak bunga matahari, minyak kedelai, atau minyak nabati lain yang memenuhi persyaratan mutu pangan.

   Pemilihan minyak memiliki implikasi terhadap karakteristik sensori dan stabilitas oksidatif produk. Komposisi asam lemak dan tingkat ketidakjenuhan minyak berhubungan dengan kerentanannya terhadap oksidasi selama pemanasan dan penyimpanan. Pada produk tuna kaleng, perlakuan termal dapat menyebabkan perubahan pada sejumlah indikator oksidasi, termasuk p-anisidine value, malondialdehyde (MDA), total acidity, dan parameter oksidasi lainnya. Esfahani *et al*. (2024) menunjukkan bahwa respons oksidatif berbeda menurut jenis minyak yang digunakan. Nilai keasaman meningkat setelah

pemanasan pada seluruh jenis minyak yang diuji dan menjadi salah satu parameter yang lebih konsisten untuk mengevaluasi perubahan kualitas minyak pada kondisi tersebut.

2. Saus Tomat (*Tomato Sauce Pack*)

Saus tomat dapat digunakan sebagai medium pengisi yang terdiri atas pasta atau puree tomat, air, garam, gula, serta bahan tambahan yang diperlukan untuk memperoleh karakteristik formulasi tertentu. Selain memberikan cita rasa dan warna, karakteristik fisik saus perlu diperhatikan dalam hubungannya dengan perpindahan panas.

Viskositas medium merupakan salah satu karakteristik penting dalam penetapan proses termal. Medium yang lebih kental dapat memberikan kondisi perpindahan panas yang berbeda dibandingkan medium dengan viskositas rendah. Oleh sebab itu, perubahan formulasi, konsentrasi bahan padat, atau penggunaan bahan pengental perlu dikendalikan agar kondisi proses yang telah ditetapkan tetap sesuai dengan karakteristik produk.

3. Larutan Garam *(Brine Pack)*

Larutan garam atau brine merupakan medium pengisi yang tersusun terutama atas air dan natrium klorida (NaCl) pada konsentrasi yang disesuaikan dengan karakteristik produk. Medium ini banyak digunakan pada produk ikan dengan karakteristik rasa yang relatif sederhana karena dapat memberikan rasa asin sekaligus mempertahankan kondisi lembap produk.

Konsentrasi garam perlu ditetapkan berdasarkan formulasi dan spesifikasi produk. Perubahan konsentrasi padatan terlarut dapat memengaruhi sifat fisik medium serta karakteristik perpindahan panas. Oleh karena itu, komposisi brine perlu dikendalikan secara konsisten selama produksi.

4. Saus Bumbu Tradisional/Lokal

Diversifikasi produk ikan kaleng dapat dilakukan menggunakan medium berbasis saus tradisional atau formulasi lokal, seperti saus balado, rendang, gulai, dan berbagai saus berbumbu lainnya. Penggunaan formulasi tersebut memberikan karakteristik sensori yang berbeda sekaligus meningkatkan variasi produk siap santap.

Komponen penyusun saus, terutama kadar air, minyak, garam, bahan padat, rempah, dan bahan pengental, dapat memengaruhi sifat fisik medium dan karakteristik perpindahan panas. Oleh karena itu, formulasi saus perlu dikendalikan secara konsisten ketika produk akan menjalani proses retort. Hal ini penting karena perubahan komposisi medium dapat mengubah kondisi penetrasi panas dan pada akhirnya berpengaruh terhadap kecukupan proses termal.

Penggunaan filling medium dengan karakteristik yang berbeda menunjukkan bahwa formulasi produk merupakan bagian dari faktor proses yang harus dipertahankan konsistensinya. Perubahan jenis medium, viskositas, rasio ikan terhadap cairan, ukuran potongan, atau bobot pengisian dapat mengubah kondisi perpindahan panas di dalam wadah. Pada produk ikan dalam retort pouch, perbedaan formulasi dan kondisi fisik

produk telah dikaitkan dengan perbedaan karakteristik penetrasi panas dan nilai F_0 (Tekade *et al*., 2024; Tameshwar *et al*., 2024). Temuan tersebut memperkuat bahwa medium pengisi perlu dipandang sebagai bagian integral dari desain produk dan proses termal, bukan sekadar komponen pemberi cita rasa.

8.3 Jenis Wadah dan Kemasan Pengalengan

Pemilihan wadah pada produk pangan steril komersial berpengaruh terhadap perlindungan produk, integritas penutupan, perpindahan panas selama proses retort, serta stabilitas mutu selama penyimpanan. Dalam industri pengalengan perikanan, kaleng logam dan kemasan fleksibel retort (*retort pouch*) merupakan dua bentuk wadah yang banyak digunakan. Perkembangan teknologi pengemasan menunjukkan bahwa retort pouch menjadi alternatif penting terhadap wadah logam untuk produk perikanan siap santap karena bentuknya yang tipis dapat mendukung perpindahan panas yang lebih efisien selama proses termal. Studi terbaru pada produk cumi, udang, cobia, pangasius, dan ikan lainnya menunjukkan penerapan retort pouch untuk memperoleh produk yang stabil pada penyimpanan suhu ruang dengan mutu sensori yang dapat dipertahankan.

8.3.1 Kaleng Logam (*Metal Cans*)

Kaleng logam merupakan salah satu wadah utama dalam pengalengan pangan karena memiliki kekuatan mekanis tinggi, kemampuan mempertahankan bentuk selama proses termal, serta sifat penghalang yang sangat baik terhadap cahaya, gas, dan uap air. Dalam produk perikanan, penggunaan kaleng memungkinkan pembentukan sistem wadah tertutup secara hermetis yang sesuai untuk proses sterilisasi komersial.

Berdasarkan konstruksinya, kaleng logam dapat dibedakan menjadi:

a. Kaleng tiga bagian (*three-piece cans*), yang terdiri atas badan kaleng dan dua tutup (*ends*). Badan kaleng memiliki sambungan longitudinal yang umumnya dibuat dengan pengelasan listrik pada teknologi modern, sedangkan tutup dipasang pada kedua ujung badan kaleng.

b. Kaleng dua bagian (*two-piece cans*), yang badan dan dasar kaleng dibentuk dari satu lembaran logam melalui proses pembentukan seperti *drawn and redrawn* (DRD) atau *drawn and wall-ironed* (DWI). Tutup kemudian dipasang pada bagian atas kaleng. Konfigurasi ini mengurangi jumlah sambungan pada badan wadah dan dapat memberikan efisiensi dalam proses manufaktur.

Bahan logam yang digunakan untuk wadah pangan antara lain tinplate, tin-free steel (TFS) atau electrolytic chromium-coated steel, serta aluminium. Pemilihan material mempertimbangkan sifat mekanis, ketahanan korosi, kompatibilitas dengan karakteristik produk, kemampuan proses pembentukan, dan kebutuhan perlindungan selama penyimpanan.

Pada produk perikanan, penggunaan kaleng juga memerlukan perhatian terhadap interaksi antara bahan pangan dan permukaan logam. Oleh karena itu, permukaan bagian dalam kaleng umumnya diberikan lapisan pelindung (*internal coating* atau *lacquer*) untuk mengurangi kontak langsung antara produk dan logam serta membantu mempertahankan integritas wadah selama pengolahan dan penyimpanan.

8.3.2 Lapisan Internal Kaleng (*Internal Lacquer*) dan Perkembangan Penggunaan BPA

Lapisan internal kaleng berfungsi sebagai penghalang antara produk dan permukaan logam. Pada produk perikanan, lapisan ini penting karena pemanasan dapat meningkatkan interaksi komponen pangan dengan logam. Senyawa sulfur dalam ikan dapat menyebabkan sulfide staining, yaitu perubahan warna pada permukaan bagian dalam kaleng yang dapat menurunkan penampilan produk.

Salah satu pelapis yang digunakan adalah C-enamel, yang secara tradisional menggunakan senyawa berbasis seng untuk membantu mengendalikan pembentukan noda sulfida. Pelapis lain meliputi epoxy-phenolic, organosol, poliester, akrilik, dan sistem multilapis yang dipilih berdasarkan karakteristik produk serta persyaratan proses dan penyimpanan.

Perhatian terhadap bisphenol A (BPA) meningkat karena senyawa ini dapat digunakan sebagai komponen resin epoksi pada beberapa pelapis wadah logam. Penggunaannya pada food-contact materials, termasuk can coatings, berada dalam kerangka evaluasi dan regulasi bahan kontak pangan oleh FDA.

Sementara itu, evaluasi European Food Safety Authority (EFSA) pada 2023 menunjukkan adanya kekhawatiran terhadap paparan BPA dari pangan dan menetapkan nilai tolerable daily intake (TDI) yang jauh lebih rendah dibandingkan nilai sebelumnya. Perkembangan ini mendorong perhatian terhadap pelapis BPA-NI (*bisphenol-A non-intentionally added*) serta pengembangan alternatif berbasis poliester, akrilik, dan formulasi lainnya.

8.3.3 Kemasan Fleksibel Retort (*Retort Pouch*)

Retort pouch merupakan kemasan fleksibel multilapis yang dirancang untuk menahan kondisi pengolahan termal pada proses retort. Kemasan ini dapat digunakan untuk produk perikanan siap santap dan mampu mempertahankan integritas kemasan selama kombinasi suhu dan tekanan yang digunakan dalam proses sterilisasi. Penelitian terbaru pada produk cumi dalam masala menggunakan retort pouch dengan struktur polyester/nylon/aluminium foil/cast polypropylene (CPP) dan menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut dapat digunakan pada proses retort hingga mencapai kondisi F_0 yang ditetapkan (Gundubilli *et al*., 2026).

Struktur *retort pouch* pada umumnya terdiri atas beberapa lapisan dengan fungsi yang berbeda:

a. Lapisan luar – Polyester (PET): memberikan kekuatan mekanis, stabilitas dimensi, serta permukaan yang sesuai untuk pencetakan informasi kemasan.

b. Lapisan penghalang – Aluminium foil: memberikan penghalang yang sangat tinggi terhadap cahaya, oksigen, dan uap air sehingga membantu melindungi produk selama penyimpanan. Penggunaan aluminium foil pada retort pouch juga berkontribusi terhadap perlindungan produk dari paparan cahaya dan oksigen.

c. Lapisan penguat – Oriented nylon (BOPA): memberikan ketahanan mekanis dan membantu meningkatkan ketahanan terhadap tusukan serta tekanan mekanis selama pengisian, penanganan, dan proses retort.

d. Lapisan kontak pangan – Cast polypropylene (CPP): berfungsi sebagai lapisan heat-seal sekaligus lapisan yang bersentuhan langsung dengan produk. CPP dipilih karena memiliki ketahanan terhadap kondisi proses retort dan kemampuan membentuk segel yang sesuai.

Konfigurasi dan ketebalan setiap lapisan tidak bersifat tunggal karena disesuaikan dengan jenis produk, ukuran pouch, kondisi sterilisasi, kebutuhan barrier, dan karakteristik distribusi. Sebagai contoh, Gundubilli *et al*. (2026) menggunakan konfigurasi 12 µm polyester/9 µm nylon/aluminium foil/70 µm cast polypropylene untuk produk cumi dalam masala. Studi lain pada produk ikan juga menggunakan konfigurasi multilapis yang berbeda, menunjukkan bahwa spesifikasi material perlu disesuaikan dengan kebutuhan produk dan proses.

Keunggulan penting retort pouch berkaitan dengan geometri kemasan dan perpindahan panas. Bentuk pouch yang relatif tipis menghasilkan jarak perpindahan panas yang lebih pendek menuju bagian pusat produk dibandingkan wadah yang lebih tebal. Kondisi tersebut dapat meningkatkan efisiensi penetrasi panas dan memungkinkan tercapainya tingkat letalitas yang diperlukan dengan waktu proses yang lebih singkat pada kondisi tertentu. Namun, besarnya pengurangan waktu proses tidak dapat dinyatakan sebagai nilai tetap karena dipengaruhi oleh komposisi produk, viskositas, ukuran dan bentuk kemasan, pola pengisian, orientasi pouch, metode pemanasan, serta karakteristik retort. Studi pada berbagai produk perikanan menunjukkan bahwa optimasi F_0 tetap diperlukan untuk memperoleh keseimbangan antara keamanan mikrobiologis dan mutu produk (Tameshwar *et al*., 2024; Tekade *et al*.,

2024; Chavan *et al*., 2025; Ganachari *et al*., 2025; Gundubilli *et al*., 2026).

Dengan karakteristik tersebut, retort pouch memberikan alternatif terhadap kaleng logam untuk pengembangan produk perikanan siap santap. Keputusan penggunaan kaleng atau retort pouch perlu mempertimbangkan karakteristik produk, kebutuhan proses termal, integritas segel, perlindungan terhadap oksigen dan cahaya, ketahanan mekanis, stabilitas selama penyimpanan, serta persyaratan keamanan bahan kontak pangan.

8.4 Tahapan Operasi Proses Pengalengan Ikan

Pengalengan ikan merupakan rangkaian operasi yang dirancang untuk menghasilkan produk yang aman, stabil selama penyimpanan, dan terlindung dari rekontaminasi setelah proses termal. Secara prinsip, proses ini mencakup penanganan dan preparasi bahan baku, pengisian ke dalam wadah, pembentukan penutupan hermetis, proses termal, pendinginan, serta pemeriksaan integritas wadah. Pada produk pangan rendah asam dalam wadah hermetis, keberhasilan proses tidak hanya ditentukan oleh suhu dan waktu pemanasan, tetapi juga oleh karakteristik bahan, ukuran dan bentuk wadah, berat isi, headspace, suhu awal, formulasi, serta faktor lain yang dapat memengaruhi penetrasi panas.

Codex mendefinisikan pangan kaleng sebagai pangan yang mencapai kondisi commercial sterility dalam wadah tertutup secara hermetis. Commercial sterility merupakan kondisi yang dicapai melalui perlakuan panas yang memadai sehingga pangan bebas dari mikroorganisme yang mampu tumbuh pada kondisi penyimpanan normal dan tidak memerlukan pendinginan. Sementara itu, retort merupakan

bejana bertekanan yang digunakan untuk melakukan proses termal terhadap pangan yang telah dikemas dalam wadah hermetis (FAO & WHO, 2020).

Secara umum, tahapan pengalengan ikan dapat diringkas sebagai berikut:

Penerimaan dan sortasi → Thawing (bila menggunakan ikan beku) → Penyiangan dan preparasi → Prapemasakan (pre-cooking, bila diperlukan) → Pengisian ikan dan filling medium → Pengaturan fill weight dan headspace → Penghampaan (*exhausting/vacuum*) → Penutupan hermetis (double seaming untuk kaleng logam) → Sterilisasi termal dalam retort → Pendinginan → Pencucian dan pengeringan → Pemeriksaan integritas wadah dan mutu → Pelabelan dan penyimpanan.

Urutan tersebut merupakan kerangka umum dan dapat mengalami modifikasi sesuai jenis ikan, karakteristik produk, formulasi, bentuk serta ukuran wadah, metode pengisian, dan sistem retort. Dalam sistem produksi yang tervalidasi, parameter proses harus mengikuti scheduled process yang telah ditetapkan untuk kombinasi produk dan wadah tertentu.

8.4.1 Penerimaan, Sortasi, dan Persiapan Bahan Baku

Bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang dapat memengaruhi keamanan dan mutu produk akhir. Ikan yang diterima harus memenuhi persyaratan kesegaran, ukuran, komposisi, dan kondisi fisik sesuai spesifikasi produk. Bahan baku kemudian disortasi untuk memperoleh keseragaman ukuran dan karakteristik yang diperlukan selama proses.

Apabila ikan digunakan dalam kondisi beku, dilakukan thawing secara terkendali sebelum tahap preparasi berikutnya. Penyiangan dapat meliputi penghilangan kepala, isi perut, sirip, kulit, tulang, atau

bagian lain sesuai bentuk produk yang akan dihasilkan. Pada produk tertentu, daging kemudian dipotong menjadi potongan, loin, atau bentuk lain yang sesuai dengan ukuran wadah.

Pengendalian ukuran dan kondisi bahan baku penting karena variasi karakteristik bahan dapat memengaruhi proses termal. FDA menempatkan karakteristik bahan baku yang dapat memengaruhi penetrasi panas sebagai salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam penetapan scheduled process (FDA, 2022).

8.4.2 Prapemasakan (*Pre-cooking*)

Pre-cooking dilakukan pada produk ikan tertentu sebelum pengisian ke dalam wadah. Tahap ini tidak bersifat wajib untuk seluruh jenis produk, tetapi digunakan apabila karakteristik produk memerlukannya.

Menurut Codex, prapemasakan dapat dilakukan untuk mengurangi kadar air ikan sehingga mengurangi pelepasan air selama proses termal, menghasilkan karakteristik rasa atau tekstur tertentu, serta mempersiapkan produk untuk perlakuan berikutnya. Metode dan kondisi pre-cooking harus disesuaikan dengan sifat bahan dan tujuan proses (FAO & WHO, 2020).

Oleh karena itu, suhu 80–100°C tidak sebaiknya dicantumkan sebagai rentang universal. Demikian pula, kehilangan air sebesar 15–20% tidak dapat digeneralisasikan untuk seluruh ikan karena besarnya perubahan bergantung pada spesies, ukuran potongan, komposisi bahan, metode pemasakan, serta waktu dan suhu proses.

8.4.3 Pengisian Ikan dan *Filling Medium*

Setelah preparasi dan, apabila diperlukan, pre-cooking, ikan dimasukkan ke dalam wadah dengan jumlah dan susunan yang telah ditentukan. Produk dapat dikemas bersama filling medium seperti minyak, brine, saus tomat, saus berbumbu, atau medium lain sesuai formulasi.

Konsistensi fill weight, drained weight, distribusi padatan, volume cairan, dan kondisi filling medium perlu dikendalikan karena dapat memengaruhi karakteristik pemanasan dan mutu produk. FDA memasukkan fill weight, drained weight, packing medium, metode pengisian, serta suhu packing medium sebagai bagian dari informasi proses yang perlu dikendalikan dalam produksi pangan rendah asam dalam wadah hermetis.

Suhu filling medium juga tidak dapat ditetapkan dengan satu nilai untuk semua produk. Kondisi pengisian harus mengikuti formulasi dan scheduled process. Dengan demikian, pernyataan bahwa filling medium harus selalu berada pada suhu >80°C sebaiknya tidak digunakan sebagai ketentuan umum.

8.4.4 Pengaturan *Fill Weight* dan *Headspace*

Headspace merupakan ruang antara permukaan produk dan bagian dalam tutup wadah. Pengaturan headspace diperlukan untuk menyediakan ruang yang sesuai selama pemanasan dan pendinginan serta mendukung pembentukan kondisi internal wadah yang diharapkan.

Besarnya headspace bukan merupakan angka yang berlaku untuk seluruh produk. Nilainya ditetapkan berdasarkan jenis dan ukuran wadah, karakteristik produk, metode pemanasan, serta scheduled process. FDA secara khusus mengidentifikasi headspace sebagai

salah satu faktor yang dapat menjadi kritis terhadap proses termal, terutama pada produk tertentu yang mengalami agitasi selama pemanasan (FDA, 2022).

Oleh karena itu, pengaturan headspace harus dilakukan secara konsisten dan dikendalikan sesuai spesifikasi wadah serta scheduled process yang telah ditetapkan.

8.4.5 Penghampaan (*Exhausting/Vacuum*)

Penghampaan dilakukan untuk mengurangi udara yang tersisa di dalam wadah sebelum penutupan hermetis. Metode yang dapat digunakan antara lain steam exhausting, steam injection, pengisian panas, atau pembentukan vakum secara mekanis.

Pengurangan udara dalam wadah penting karena kondisi vakum yang sesuai dapat membantu mengendalikan tekanan internal selama pemanasan, mengurangi oksigen residual, serta mempertahankan integritas wadah. FDA mencantumkan steam exhaust box, hot fill, steam injection, dan mechanical vacuum chamber sebagai metode yang dapat digunakan dalam pembentukan vakum pada proses pangan rendah asam dalam wadah hermetis.

Efektivitas exhausting harus dikaitkan dengan spesifikasi wadah dan proses. Oleh sebab itu, pernyataan bahwa exhausting dilakukan terutama untuk "mempertahankan vitamin" sebaiknya tidak digunakan sebagai tujuan utama. Penjelasan lebih tepat diarahkan pada pengendalian udara atau oksigen residual, tekanan internal, dan integritas wadah.

8.4.6 Penutupan Hermetis (*Double Seaming*)

Pada kaleng logam, penutupan umumnya dilakukan dengan mekanisme double seaming. Operasi ini membentuk sambungan mekanis antara badan kaleng dan tutup sehingga wadah terlindung dari masuknya mikroorganisme setelah proses termal.

Pembentukan double seam berlangsung melalui dua operasi utama:

a. *First operation*

Pada operasi pertama, end curl pada tutup dibentuk mengelilingi bagian flange badan kaleng sehingga terbentuk kaitan antara cover hook dan body hook. Tahap ini menghasilkan struktur awal double seam.

b. *Second operation*

Pada operasi kedua, struktur yang terbentuk pada operasi pertama dipadatkan dan diratakan. Tekanan pada sambungan membantu memadatkan lapisan sealing compound sehingga rongga di antara komponen sambungan dapat terisi dan terbentuk penutupan yang hermetis.

FDA menjelaskan bahwa double seam dibentuk melalui dua operasi seaming roll. Operasi pertama membentuk interlocking antara cover hook dan body hook, sedangkan operasi kedua memadatkan sambungan dan membantu menghasilkan penutupan yang kedap.

Kualitas double seam tidak cukup dinilai hanya berdasarkan satu ukuran. Pemeriksaan dapat mencakup pemeriksaan visual dan tear-down examination terhadap parameter seperti seam thickness, seam width, body hook, cover hook, overlap, dan tightness.

Spesifikasi teknis harus mengikuti pedoman dari produsen wadah dan persyaratan proses yang berlaku.

8.4.7 Sterilisasi Termal dalam *Retort*

Setelah wadah ditutup secara hermetis, produk diproses dalam retort untuk mencapai kondisi commercial sterility dan menjamin kestabilan mikrobiologis selama penyimpanan. Pada pangan rendah asam, proses dilakukan pada suhu dan tekanan terkendali. Waktu, suhu, dan nilai F_0 ditetapkan melalui scheduled process berdasarkan karakteristik produk, wadah, jenis retort, suhu awal, serta faktor kritis yang memengaruhi penetrasi panas.

Nilai F_0 karena itu bukan angka baku untuk seluruh produk ikan. Azhari *et al*. (2023) melaporkan variasi kondisi proses pada cakalang dalam retort pouch sesuai formulasi dan tekanan proses. Penelitian lain menunjukkan F_0 sebesar 7,37–8,12 menit pada Pangasius (Tekade *et al*., 2024), 8 dan 9 menit pada udang black tiger (Ganachari *et al*., 2025), serta 8,15 menit pada seer fish moilee (Gopal *et al*., 2025). Perbedaan tersebut menegaskan bahwa kecukupan proses termal harus ditentukan secara spesifik melalui pengembangan dan validasi proses, sehingga diagram pengalengan sebaiknya tidak menetapkan "$F_0 \geq 6{,}0$" sebagai standar universal.

8.4.8 Pendinginan Setelah Proses Termal

Setelah proses termal mencapai kondisi yang ditetapkan, produk harus didinginkan secara terkendali. Pada sistem retort tertentu, tekanan eksternal dipertahankan selama pendinginan untuk membantu mencegah deformasi wadah dan menjaga integritas penutupan, terutama pada wadah fleksibel atau wadah yang sensitif terhadap perbedaan tekanan.

Pendinginan juga merupakan tahap penting dari sisi keamanan karena air pendingin yang tidak memenuhi persyaratan sanitasi dapat menjadi sumber kontaminasi apabila terjadi kebocoran atau masuknya air melalui sambungan wadah. FDA menekankan pentingnya pengendalian kualitas air pendingin dan kondisi proses pendinginan untuk mencegah kontaminasi pascaproses.

Suhu akhir pendinginan tidak sebaiknya ditetapkan secara universal pada 38–40°C. Target pendinginan harus mengikuti scheduled process, jenis wadah, karakteristik produk, sistem retort, dan persyaratan penanganan setelah proses.

8.4.9 Pencucian, Pengeringan, dan Pemeriksaan Pascaproses

Setelah pendinginan, permukaan wadah dapat dibersihkan dan dikeringkan untuk menghilangkan sisa produk, minyak, atau air yang menempel pada permukaan. Tahap ini juga membantu menjaga kondisi wadah selama penanganan, penyimpanan, dan pelabelan.

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap integritas wadah dan penutupan. Pemeriksaan dapat meliputi kondisi fisik wadah, kebocoran, deformasi, kerusakan sambungan, serta cacat lain yang dapat mengganggu kemampuan wadah mempertahankan kondisi hermetis.

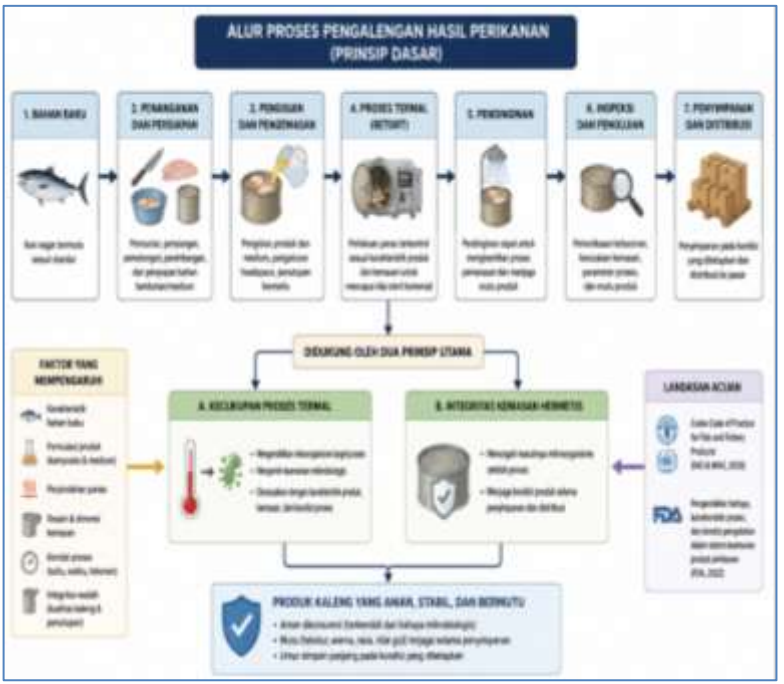
Untuk kaleng logam, pemeriksaan double seam merupakan bagian penting dari pengendalian proses. FDA merekomendasikan pemeriksaan visual dan pemeriksaan tear-down dengan frekuensi yang ditetapkan untuk memastikan integritas penutupan tetap terjaga.

Produk yang memenuhi persyaratan kemudian diberi kode atau label dan dipindahkan ke tahap penyimpanan. Kondisi penyimpanan harus ditetapkan sesuai karakteristik produk dan spesifikasi proses.

8.4.10 Pengendalian Proses dan *Scheduled Process*

Dalam pengalengan ikan, setiap tahapan saling berkaitan sehingga pengendalian tidak dapat hanya difokuskan pada tahap sterilisasi. FDA mengidentifikasi sejumlah faktor yang dapat memengaruhi kecukupan proses termal, antara lain fill weight, drained weight, headspace, ukuran partikel, konsistensi atau viskositas, formulasi, suhu awal, suhu dan waktu proses, vakum mekanis, orientasi wadah, prosedur pendinginan, serta kondisi retort.

Dengan demikian, pengalengan yang aman harus didasarkan pada proses yang telah ditetapkan dan divalidasi, bukan hanya pada penggunaan suhu tinggi. Setiap perubahan yang bermakna pada jenis produk, formulasi, ukuran wadah, berat isi, headspace, atau kondisi proses dapat memerlukan evaluasi ulang terhadap kecukupan proses termal. Alur ringkas proses pengalengan ikan dapat dilihat pada Gambar 8.1.



Gambar 8. 1 Alur Proses Pengalengan Hasil Perikanan

8.5 Termobakteriologi dan Perhitungan Kecukupan Sterilisasi

Kecukupan proses termal ditentukan melalui hubungan antara ketahanan panas mikroorganisme, suhu, waktu, dan profil pemanasan produk. Tiga parameter utama yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik tersebut adalah D-value, z-value, dan F_0. Ketiganya digunakan untuk mengkuantifikasi inaktivasi mikroorganisme dan mengevaluasi letalitas proses pada kondisi pengolahan yang ditetapkan.

8.5.1 Parameter Termal Dasar (D-value, z-value, dan F_0)

D-value (*decimal reduction time*) merupakan waktu yang diperlukan pada suhu tertentu untuk menurunkan populasi mikroorganisme sebesar satu siklus logaritmik atau 90%. Secara matematis:

$$D_T = \frac{t}{logN_0 - logN_t}$$

dengan D_T = waktu reduksi desimal pada suhu T, t = waktu pemanasan, N_0 = jumlah mikroorganisme awal, dan N_t = jumlah mikroorganisme setelah pemanasan.

z-value menunjukkan perubahan suhu yang diperlukan untuk mengubah nilai D sebesar satu siklus logaritmik:

$$z = \frac{T_2 - T_1}{logF_{T1} - logD_{T2}}$$

Nilai z menggambarkan sensitivitas ketahanan panas mikroorganisme terhadap perubahan suhu dan bergantung pada mikroorganisme, kondisi pengujian, serta matriks pangan.

F_0 merupakan ukuran letalitas kumulatif proses yang dinyatakan sebagai waktu ekuivalen pada suhu acuan 121,1°C dengan z = 10°C:

$$F_0 = \int_0^t 10^{\frac{T(t)-121,1}{10}} dt$$

dengan T(t) = suhu produk pada lokasi pengukuran selama proses termal. F_0 tidak merupakan nilai standar tunggal untuk seluruh produk perikanan, karena kebutuhan proses dipengaruhi oleh formulasi, ukuran

dan bentuk wadah, karakteristik medium, kondisi awal produk, serta sistem retort.

Perbedaan formulasi, ukuran dan bentuk wadah, karakteristik medium, kondisi awal produk, serta sistem retort dapat menghasilkan kebutuhan proses yang berbeda. Pada Pangasius hypophthalmus dalam retort pouch, Tekade *et al*. (2024) melaporkan F_0 sebesar 7,37 dan 8,12 menit, sedangkan pada cobia dalam medium kari, Tameshwar *et al*. (2024) memperoleh F_0 sebesar 8,42 dan 9,29 menit. Pada seer fish moilee, Gopal *et al*. (2025) melaporkan proses pada 121,1°C dengan F_0 8,15 menit. Data tersebut menunjukkan bahwa nilai F_0 perlu ditetapkan berdasarkan karakteristik produk dan hasil studi penetrasi panas, bukan menggunakan angka universal.

Gundubilli *et al*. (2026) memberikan contoh yang lebih mutakhir pada cumi-cumi berbumbu dalam retort pouch. Proses dengan F_0 10 dan 12 menit sama-sama menghasilkan produk yang memenuhi kondisi commercial sterility, tetapi F_0 10 menit menghasilkan waktu proses total 27,54 menit, dibandingkan 32,90 menit pada F_0 12 menit, dengan cook value masing-masing 81,54 dan 94,05 menit. F_0 10 menit kemudian dipilih sebagai kondisi optimum karena memberikan efisiensi proses yang lebih baik tanpa perbedaan berarti pada mutu sensori selama penyimpanan 90 hari.

8.5.2 Penentuan *Cold Point*

Perhitungan F_0 didasarkan pada suhu di lokasi produk yang mengalami pemanasan paling lambat selama proses termal. Lokasi tersebut disebut cold point dan menjadi titik penting dalam evaluasi penetrasi panas karena suhu yang dicapai pada lokasi tersebut digunakan untuk menghitung akumulasi letalitas.

Posisi cold point tidak selalu sama pada setiap produk. Lokasinya dipengaruhi oleh mekanisme perpindahan panas, sifat fisik produk, viskositas, ukuran dan bentuk wadah, susunan bahan, serta kondisi proses. Pada produk dengan karakteristik pemanasan yang dominan secara konduksi, lokasi tersebut dapat berada di sekitar pusat geometris wadah, sedangkan pada produk yang mengalami pemanasan konvektif posisinya dapat bergeser dari pusat geometris.

Karena itu, posisi cold point sebaiknya ditentukan melalui studi penetrasi panas, misalnya menggunakan termokopel atau sistem pemantauan suhu yang sesuai. Stowe *et al*. (2025) menunjukkan bahwa geometri wadah dapat memengaruhi karakteristik pemanasan dan waktu pencapaian kesetimbangan suhu. Dengan demikian, penentuan cold point tidak cukup hanya berdasarkan asumsi geometris, tetapi perlu mempertimbangkan karakteristik produk dan wadah yang sebenarnya.

8.6 Cacat Produk dan Kerusakan pada Ikan Kaleng

Berbagai cacat pada produk ikan kaleng dapat dibedakan berdasarkan karakteristik fisik wadah, perubahan produk, dan kemungkinan penyebabnya. Beberapa cacat yang umum dijumpai serta faktor yang berkaitan dengan pembentukannya disajikan pada Tabel 8.2.

Tabel 8. 2 Jenis Cacat dan Kerusakan Pada Produk Ikan Kaleng

Jenis cacat	Karakteristik	Penyebab utama
Flat sour	Kaleng tetap relatif normal, tetapi produk mengalami perubahan rasa dan/atau aroma menjadi asam tanpa pembentukan gas	Aktivitas mikroorganisme tahan panas yang dapat bertahan atau tumbuh akibat ketidaksesuaian proses dan kondisi penanganan
Soft swell dan hard swell	Tutup kaleng menggembung; soft swell masih dapat ditekan, sedangkan hard swell tidak dapat ditekan	Pembentukan gas akibat aktivitas mikroba atau reaksi kimia; dapat berkaitan dengan kegagalan proses atau rekontaminasi
Springer dan flipper	Tutup kaleng menonjol dan berubah posisi ketika ditekan atau diketuk	Vakum tidak memadai, headspace tidak sesuai, atau pembentukan gas pada tahap awal
Sulfide staining	Permukaan bagian dalam kaleng atau produk mengalami perubahan warna menjadi kehitaman	Reaksi senyawa sulfur dengan komponen logam pada kondisi tertentu
Struvite crystals	Kristal bening menyerupai pecahan kaca	Pembentukan magnesium-amonium-fosfat dari komponen mineral produk selama

Jenis cacat	Karakteristik	Penyebab utama
	terbentuk pada permukaan produk	penyimpanan; umumnya tidak membahayakan kesehatan
Buckling dan panelling	Badan atau tutup kaleng mengalami deformasi atau penyok	Ketidakseimbangan tekanan internal dan eksternal selama pemanasan atau pendinginan

Sumber: Disusun berdasarkan referensi terkait pengolahan termal dan mutu produk perikanan (Azhari *et al*., 2023; Tekade *et al*., 2024; Ganachari *et al*., 2025; Gundubilli *et al*., 2026).

Cacat pada wadah perlu dibedakan dari perubahan mutu produk. Deformasi, pembengkakan, dan perubahan posisi tutup terutama berkaitan dengan kondisi tekanan, vakum, integritas wadah, atau pembentukan gas, sedangkan sulfide staining dan struvite crystals lebih berkaitan dengan perubahan kimia selama pengolahan dan penyimpanan. Pada produk retort pouch, peningkatan intensitas proses juga dapat meningkatkan beban panas yang tercermin pada perubahan tekstur dan karakteristik kimia produk (Tekade *et al*., 2024; Ganachari *et al*., 2025; Gundubilli *et al*., 2026).

8.7 Jaminan Mutu, Keamanan Pangan, dan Sistem HACCP

Jaminan mutu dan keamanan pangan pada pengalengan ikan mencakup pengendalian bahan baku, proses pengolahan, integritas wadah, kecukupan proses termal, serta penanganan pascaproses. Hazard Analysis and Critical

Control Point (HACCP) digunakan untuk mengidentifikasi bahaya yang signifikan, menetapkan tindakan pengendalian, dan menentukan titik kendali kritis (Critical Control Point, CCP) berdasarkan karakteristik produk dan proses. Parameter pengendalian dan batas kritis ditetapkan sesuai hasil analisis bahaya, persyaratan regulasi, jenis wadah, serta proses yang telah divalidasi. Contoh pengendalian bahaya pada tahapan utama pengalengan ikan disajikan pada Tabel 8.3.

Tabel 8. 3 Pengendalian Bahaya Pada Tahapan Utama Pengalengan Ikan

Tahapan proses	Bahaya yang perlu dikendalikan	Parameter pengendalian utama
Penerimaan bahan baku	Bahaya biologis, kimia, dan fisik, termasuk histamin pada ikan yang rentan	Kesegaran, suhu, kondisi bahan baku, pemasok, dan pemeriksaan sesuai persyaratan
Pengisian dan penutupan	Kebocoran dan rekontaminasi	Fill weight, headspace, vakum, serta integritas double seam atau heat seal
Sterilisasi termal	Kelangsungan hidup mikroorganisme tahan panas	Suhu, waktu, tekanan, suhu awal, cold point, dan nilai F_0 sesuai scheduled process
Pendinginan	Rekontaminasi dan kerusakan wadah	Kualitas air pendingin,

Tahapan proses	Bahaya yang perlu dikendalikan	Parameter pengendalian utama
		tekanan, suhu, dan integritas wadah
Penanganan pascaproses	Kebocoran, korosi, kerusakan fisik, dan rekontaminasi	Pemeriksaan wadah, pengeringan, penyimpanan, dan inspeksi mutu

Sumber: Disusun berdasarkan prinsip HACCP dan referensi terkait proses termal produk perikanan (Azhari *et al*., 2023; Tekade *et al*., 2024; Ganachari *et al*., 2025).

Pengendalian proses termal dan integritas wadah merupakan aspek penting dalam menjamin keamanan produk setelah sterilisasi komersial. Azhari *et al*. (2023) menunjukkan bahwa kondisi proses pada cakalang dalam retort pouch dipengaruhi oleh komposisi produk dan kondisi retort, sedangkan Tekade *et al*. (2024) dan Ganachari *et al*. (2025) menunjukkan adanya perbedaan karakteristik proses dan mutu pada kondisi termal yang berbeda. Oleh karena itu, parameter pengolahan harus mengacu pada *scheduled process* dan hasil validasi untuk produk tertentu.

8.8 Inovasi dan Tren Terkini Teknologi Pengalengan Perikanan

Perkembangan teknologi pengalengan hasil perikanan mengarah pada efisiensi proses termal, pengurangan beban panas, peningkatan mutu produk, dan pengembangan produk siap santap. Inovasi tersebut berkembang melalui perbaikan

sistem retort, pengembangan kemasan, serta optimasi kondisi proses berdasarkan karakteristik produk.

1. *Agitating/Rotary Retort*

   Agitasi atau rotasi selama proses retort dapat meningkatkan perpindahan panas pada produk tertentu. Ali *et al*. (2006) menunjukkan bahwa rotasi pada pengolahan tuna dalam minyak menggunakan retort pouch dapat mempercepat penetrasi panas dan mengurangi waktu proses untuk mencapai nilai F_0 yang sama. Efektivitas metode ini dipengaruhi oleh kecepatan rotasi, formulasi, dan karakteristik produk.

2. Pengembangan Retort Pouch

   Retort pouch berkembang sebagai alternatif wadah logam untuk produk perikanan siap santap. Penerapannya telah dilaporkan pada Pangasius, cobia, seer fish, udang, dan berbagai produk perikanan berbumbu (Tekade *et al*., 2024; Tameshwar *et al*., 2024; Gopal *et al*., 2025; Ganachari *et al*., 2025; Gundubilli *et al*., 2026). Karakteristik bentuk dan struktur multilapis kemasan mendukung pengembangan proses termal yang disesuaikan dengan produk.

   Stowe *et al*. (2025) menunjukkan bahwa geometri wadah memengaruhi karakteristik penetrasi panas. Temuan ini memperkuat pentingnya mempertimbangkan desain wadah dalam pengembangan dan validasi proses termal.

3. Optimasi F_0 dan Retensi Mutu

   Arah pengembangan proses termal semakin menekankan pencapaian letalitas yang memadai dengan beban panas yang terkendali. Ganachari *et al*. (2025) melaporkan mutu sensoris dan tekstur yang lebih baik pada F_0 8 menit dibandingkan F_0 9 menit pada produk udang dalam retort pouch. Pada squid rings, Gundubilli

et al. (2026) memperoleh waktu proses yang lebih singkat pada F_0 10 menit dibandingkan F_0 12 menit, dengan karakteristik mutu yang tetap dapat dipertahankan selama penyimpanan.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa optimasi proses termal diarahkan pada keseimbangan antara kecukupan proses dan retensi mutu, sesuai dengan karakteristik masing-masing produk.

4. Diversifikasi Produk Ready-to-Eat

Teknologi retort mendukung pengembangan produk perikanan ready-to-eat dengan stabilitas penyimpanan pada kondisi yang ditetapkan. Produk yang telah dikembangkan mencakup ikan dalam medium kari atau saus, cakalang berbumbu, udang, dan cumi-cumi. Pendekatan ini membuka peluang diversifikasi produk perikanan dengan karakteristik sensori dan formulasi yang lebih beragam.

Secara keseluruhan, tren teknologi pengalengan perikanan bergerak menuju proses yang lebih terkontrol, efisien, dan spesifik terhadap produk. Pengembangan retort pouch, sistem retort dengan agitasi, desain wadah, serta optimasi F_0 menjadi bagian penting dalam menghasilkan produk perikanan yang aman dengan mutu yang tetap dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

Aberoumand, A., & Baesi, F. (2023). The nutritional quality and contents of heavy elements due to thermal processing and storage in canned Thunnus tonggol fish change compared to fresh fish. Food Science & Nutrition, 11(6), 3588–3600. https://doi.org/10.1002/fsn3.3348.

Ali, A. A., Sudhir, B., & Gopal, T. K. S. (2006). Effect of rotation on the heat penetration characteristics of thermally processed tuna in oil in retort pouches. International Journal of Food Science & Technology, 41(2), 215–219. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01051.x.

Association of Food and Drug Officials (AFDO). (2011). A guide to can defects and basic components of double seam containers. Association of Food and Drug Officials.

Azhari, E., Aliredjo, M. S., Dharmayanti, N., & Purnomo, A. H. (2023). Sterilisasi produk siap saji: Cakalang (Katsuwonus pelamis Linnaeus 1778) dalam kemasan retort pouch. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 26(1), 77–86. https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.41863.

Esfahani, S. T., Zamindar, N., Esmaeili, Y., & Sharifian, S. (2024). Effect of initial quality of oil and thermal processing on oxidation indexes in canned tuna. Applied Food Research, 4(2), 100553. https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100553.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) & World Health Organization (WHO). (2020). Code of practice for fish and fishery products. Rome: FAO and WHO.

Food and Drug Administration (FDA). (2016). Instructions for paper submission of Form FDA 2541d (Food Process Filing for Low-Acid Retorted Method). U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition.

Food and Drug Administration (FDA). (2022). Fish and fishery products hazards and controls guidance (June 2022 ed.). U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition.

Ganachari, J., Bojayanaik, M., Chavan, S. D., & Fernandes, D. J. (2025). Effect of thermal processing on quality and shelf life of black tiger shrimp (Penaeus monodon) curry in retort pouches during ambient storage. International Journal of Advanced Biochemistry Research, 9(8), 482–491. https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i8g.5224.

Ganachari, J., Bojayanaik, M., Chavan, S. D., & Fernandes, D. J. (2025). Optimization of thermal processing and quality evaluation of retort-pouch processed black tiger shrimp (Penaeus monodon) in masala. International Journal of Advanced Biochemistry Research, 9(9), 152–161. https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i9c.5544.

Gopal, T. K. S., Manju, S., Sonaji, E. R., Jose, L., Ravishankar, C. N., & Vijayan, P. K. (2025). Heat penetration characteristics and shelf life studies of seer fish moilee packed in retort pouch. Fishery Technology, 41(1).

Stowe, C. H., Punia Bangar, S., Whiteside, W. S., & Thomas, R. L. (2025). Effects of semi-rigid plastic trays geometry on heat penetration in a retort process as demonstrated via heat mapping. Journal of Food Process Engineering, 48(4), e70101. https://doi.org/10.1111/jfpe.70101.

Tameshwar, Bojayanaik, M., Tekade, V., Chavan, S. D., Gundubilli, D., Banavath, S. N., Siravati, M. R., & Shetty, V. (2024). Optimizing the use of flexible retort pouches for production of ready to eat cobia (Rachycentron canadum) fish chunks in curry medium. European Journal of Nutrition & Food Safety, 16(11), 130–144. https://doi.org/10.9734/ejnfs/2024/v16i111581.

Tekade, V., Bojayanaik, M., Tameshwar, Chavan, S. D., Banavath, S. N., Siravati, M. R., Gundubilli, D., & Shetty, V. (2024). Heat penetration characteristics and quality evaluation of Pangasius (Pangasius hypophthalmus) chunks in masala using retort pouches. European Journal of Nutrition & Food Safety, 16(11), 78–91. https://doi.org/10.9734/ejnfs/2024/v16i111578.

Uzal, F. A., Henderson, E., & Asin, J. (2024). Botulism in fish: A review. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation, 36(3), 312–318. https://doi.org/10.1177/10406387241236725.

Wachnicka, E., Stringer, S. C., Barker, G. C., & Peck, M. W. (2016). Systematic assessment of nonproteolytic Clostridium botulinum spores for heat resistance. Applied and Environmental Microbiology, 82(19), 6019–6029. https://doi.org/10.1128/AEM.01737-16

BAB 9

TEKNOLOGI FERMENTASI DAN PRODUK TRADISIONAL

Oleh Endang Ismail

Hasil perikanan merupakan salah satu sumber pangan yang memiliki nilai gizi tinggi dan berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan protein masyarakat. Ikan, udang, dan hasil perikanan lainnya mengandung protein bermutu tinggi, asam lemak, vitamin, dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Namun, hasil perikanan juga termasuk bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan karena memiliki kadar air dan kandungan nutrien yang tinggi. Aktivitas mikroorganisme, enzimatis, serta berbagai reaksi kimia dapat menyebabkan penurunan mutu apabila tidak segera dilakukan penanganan dan pengolahan. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan yang mampu mempertahankan mutu, memperpanjang daya simpan, serta meningkatkan nilai tambah hasil perikanan.

Fermentasi merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan yang telah digunakan sejak lama dan berkembang melalui pengalaman serta pengetahuan masyarakat secara turun-temurun. Teknologi ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme atau enzim untuk menghasilkan perubahan yang diinginkan pada bahan pangan. Dalam pengolahan hasil perikanan, fermentasi tidak hanya berfungsi sebagai metode pengawetan, tetapi juga dapat menghasilkan karakteristik khas pada produk, seperti perubahan rasa, aroma, warna, dan

tekstur. Proses fermentasi yang terkendali juga berpotensi menghasilkan produk dengan nilai tambah dan karakteristik mutu yang lebih konsisten.

Indonesia memiliki kekayaan produk fermentasi dan olahan tradisional hasil perikanan yang sangat beragam. Berbagai daerah memiliki produk dengan karakteristik dan metode pengolahan yang berbeda sesuai dengan jenis bahan baku, kondisi lingkungan, ketersediaan bahan tambahan, serta kebiasaan masyarakat setempat. Produk seperti peda, bekasam, pakasam, rusip, terasi, dan berbagai produk tradisional lainnya merupakan contoh pemanfaatan teknologi pengolahan yang telah menjadi bagian dari budaya pangan masyarakat. Keberagaman tersebut menunjukkan bahwa teknologi pengolahan tradisional memiliki hubungan yang erat dengan sumber daya lokal dan kearifan masyarakat dalam memanfaatkan hasil perikanan.

Teknologi fermentasi pada produk perikanan melibatkan berbagai faktor yang saling berkaitan, antara lain jenis dan kualitas bahan baku, mikroorganisme yang berperan, kadar garam, suhu, pH, aktivitas air, lama fermentasi, serta kondisi lingkungan selama proses. Pengendalian faktor-faktor tersebut penting untuk menghasilkan produk yang aman dan memiliki karakteristik yang diharapkan. Perkembangan teknologi pangan memungkinkan proses fermentasi tradisional dikaji secara lebih ilmiah melalui identifikasi mikroorganisme, pengendalian kondisi fermentasi, penggunaan kultur starter, serta penerapan prinsip higiene dan sanitasi. Pendekatan tersebut dapat membantu mempertahankan karakteristik khas produk tradisional sekaligus meningkatkan konsistensi dan keamanan produk.

Di sisi lain, produk tradisional hasil perikanan memiliki nilai yang lebih luas daripada sekadar sebagai bahan pangan. Produk tersebut dapat menjadi bagian dari identitas budaya, sumber pendapatan masyarakat, serta komoditas yang memiliki peluang untuk dikembangkan secara komersial.

Namun, pengembangan produk tradisional menghadapi berbagai tantangan, seperti perubahan preferensi konsumen, keterbatasan umur simpan, variasi mutu, standar keamanan pangan, teknik pengemasan, dan tuntutan pasar terhadap produk yang praktis serta memiliki mutu yang konsisten. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi teknologi yang tetap mempertahankan karakteristik khas produk dan nilai kearifan lokal.

Integrasi antara teknologi fermentasi dengan pengetahuan tradisional menjadi salah satu pendekatan yang penting dalam pengembangan produk hasil perikanan. Teknologi modern dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses produksi, meningkatkan keamanan dan mutu, memperpanjang daya simpan, serta mengembangkan kemasan dan bentuk produk. Pada saat yang sama, karakteristik cita rasa, metode pengolahan, dan nilai budaya yang melekat pada produk tradisional perlu dipertahankan sebagai identitas dan keunggulan produk.

Bab ini membahas teknologi fermentasi dan produk tradisional hasil perikanan, meliputi prinsip dasar fermentasi, faktor-faktor yang memengaruhi proses, mikroorganisme yang berperan, teknologi pengolahan, serta berbagai produk tradisional yang berkembang di masyarakat. Pembahasan juga mencakup karakteristik mutu, keamanan pangan, pengemasan, serta peluang inovasi dan pengembangan produk agar teknologi fermentasi dan produk tradisional hasil perikanan dapat terus berkembang, memiliki nilai tambah, dan mampu bersaing di pasar tanpa kehilangan identitas serta kearifan lokalnya.

9.1 Potensi Hasil Perikanan sebagai Bahan Pangan

Hasil perikanan merupakan salah satu sumber daya pangan yang memiliki potensi besar dalam mendukung ketahanan pangan dan pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat. Komoditas perikanan meliputi ikan, udang,

kepiting, kerang, cumi-cumi, serta berbagai organisme perairan lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Keanekaragaman jenis dan habitat perairan di Indonesia memberikan peluang yang besar untuk menghasilkan berbagai komoditas perikanan yang dapat dikonsumsi secara langsung maupun diolah menjadi berbagai produk pangan bernilai tambah.

Secara nutrisi, hasil perikanan dikenal sebagai sumber protein hewani yang memiliki mutu tinggi. Protein ikan umumnya mengandung asam amino esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan, pemeliharaan jaringan tubuh, serta berbagai fungsi fisiologis. Selain protein, beberapa jenis ikan, terutama ikan berlemak, mengandung asam lemak tidak jenuh ganda seperti omega-3 yang terdiri atas EPA (*eicosapentaenoic acid*) dan DHA (*docosahexaenoic acid*). Komponen tersebut memiliki peranan penting dalam mendukung fungsi tubuh, sehingga konsumsi ikan menjadi salah satu bagian penting dalam pola pangan yang beragam dan bergizi.

Hasil perikanan juga mengandung berbagai vitamin dan mineral yang diperlukan tubuh. Vitamin larut lemak, seperti vitamin A dan D, dapat ditemukan pada jenis ikan tertentu, sedangkan vitamin kelompok B juga terdapat dalam berbagai komoditas perikanan. Mineral seperti kalsium, fosfor, zat besi, seng, dan selenium turut berkontribusi terhadap nilai gizi hasil perikanan. Komposisi zat gizi tersebut dapat berbeda-beda bergantung pada spesies, ukuran, umur, jenis kelamin, habitat, musim, serta kondisi fisiologis organisme perairan.

Selain memiliki nilai gizi yang tinggi, hasil perikanan memiliki karakteristik yang mendukung pengembangan berbagai produk pangan. Daging ikan memiliki tekstur yang relatif lunak sehingga dapat diolah melalui berbagai metode, seperti pengukusan, perebusan, penggorengan, pengasapan,

pengeringan, penggaraman, pemindangan, hingga fermentasi. Pengolahan tersebut memungkinkan hasil perikanan dikembangkan menjadi produk dengan karakteristik, cita rasa, bentuk, dan daya simpan yang beragam. Diversifikasi pengolahan juga dapat meningkatkan nilai ekonomi komoditas serta memberikan pilihan produk yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi konsumen.

Namun demikian, potensi hasil perikanan sebagai bahan pangan juga diikuti oleh tantangan dalam penanganan dan pengolahannya. Hasil perikanan pada umumnya memiliki kadar air yang tinggi, kandungan protein yang cukup besar, serta komponen lain yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Setelah organisme mati, aktivitas enzimatis dan mikrobiologis dapat berlangsung dengan cepat sehingga menyebabkan perubahan mutu berupa penurunan kesegaran, perubahan tekstur, pembentukan bau yang tidak diinginkan, serta perubahan karakteristik lainnya. Kondisi tersebut menyebabkan hasil perikanan termasuk komoditas yang mudah rusak dan memerlukan penanganan secara cepat dan tepat.

Penanganan pascapanen yang baik menjadi salah satu faktor penting untuk mempertahankan kualitas bahan baku. Penerapan rantai dingin, penggunaan es, sanitasi peralatan dan lingkungan, serta pengendalian waktu dan suhu selama distribusi dapat memperlambat proses kerusakan. Apabila bahan baku akan diolah menjadi produk dengan daya simpan lebih panjang, pemilihan metode pengolahan harus disesuaikan dengan karakteristik bahan dan tujuan produk. Dengan demikian, pengolahan tidak hanya berfungsi sebagai upaya mempertahankan hasil perikanan, tetapi juga sebagai strategi untuk meningkatkan nilai tambah dan mengurangi kehilangan hasil.

Dalam konteks teknologi fermentasi dan produk tradisional, karakteristik bahan baku menjadi dasar penting dalam menentukan metode pengolahan. Jenis ikan atau hasil perikanan yang digunakan, tingkat kesegaran, komposisi kimia, ukuran bahan, serta kondisi awal bahan akan memengaruhi jalannya proses dan karakteristik produk akhir. Pemahaman terhadap potensi dan karakteristik hasil perikanan tersebut diperlukan agar proses fermentasi maupun pengolahan tradisional dapat dilakukan secara tepat, menghasilkan produk yang aman, memiliki mutu yang baik, dan tetap mempertahankan karakteristik khas yang menjadi identitas produk.

Dengan ketersediaan bahan baku yang beragam, kandungan gizi yang tinggi, serta peluang diversifikasi pengolahan yang luas, hasil perikanan memiliki prospek besar untuk dikembangkan sebagai bahan pangan bernilai tambah. Pemanfaatan teknologi pengolahan yang tepat, termasuk fermentasi, dapat menjadi salah satu pendekatan untuk memperpanjang daya simpan, meningkatkan karakteristik produk, memperluas pemanfaatan komoditas, dan mendukung pengembangan produk pangan berbasis sumber daya lokal.

9.2 Pengertian dan Peran Fermentasi dalam Pengolahan Hasil Perikanan

Fermentasi merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan yang telah dikenal dan diterapkan oleh masyarakat sejak dahulu. Secara umum, fermentasi dapat dipahami sebagai suatu proses biokimia yang melibatkan aktivitas mikroorganisme atau enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme untuk mengubah komponen tertentu dalam bahan pangan menjadi senyawa yang dapat memberikan karakteristik baru pada produk. Aktivitas tersebut dapat menghasilkan perubahan pada komponen karbohidrat,

protein, lipid, maupun senyawa lainnya sehingga memengaruhi rasa, aroma, warna, tekstur, keasaman, dan karakteristik kimia produk. Dalam perkembangannya, fermentasi tidak hanya dipandang sebagai teknik tradisional, tetapi telah menjadi bagian dari teknologi pangan yang dapat dikendalikan berdasarkan prinsip mikrobiologi, biokimia, dan rekayasa proses.

Pada pengolahan hasil perikanan, fermentasi memiliki karakteristik yang cukup kompleks karena bahan baku ikan dan hasil perikanan lainnya kaya akan protein, mineral, lipid, serta memiliki kadar air yang relatif tinggi. Komponen tersebut menjadi lingkungan yang memungkinkan terjadinya aktivitas mikroorganisme dan enzim. Melalui fermentasi yang berlangsung dalam kondisi tertentu, komponen bahan baku dapat mengalami perubahan sehingga menghasilkan produk dengan sifat dan karakteristik yang berbeda dari bahan awal. Keberadaan garam, suhu, pH, lama fermentasi, aktivitas air, serta jenis mikroorganisme merupakan beberapa faktor yang menentukan arah dan keberhasilan proses.

Salah satu peran utama fermentasi dalam pengolahan hasil perikanan adalah **memperpanjang daya simpan**. Penggunaan garam, pembentukan asam organik, penurunan pH, serta aktivitas mikroorganisme tertentu dapat menciptakan kondisi yang kurang mendukung pertumbuhan mikroorganisme pembusuk. Kondisi tersebut dapat memperlambat proses kerusakan sehingga bahan perikanan yang pada kondisi segar mudah mengalami penurunan mutu dapat diolah menjadi produk yang memiliki daya simpan lebih panjang. Namun, efektivitas fermentasi sebagai metode pengawetan sangat bergantung pada pengendalian proses dan karakteristik produk yang dihasilkan.

Fermentasi juga berperan dalam **membentuk karakteristik sensoris yang khas**. Aktivitas mikroorganisme selama fermentasi dapat menghasilkan

berbagai senyawa metabolit, seperti asam organik, alkohol, senyawa volatil, dan komponen pembentuk cita rasa lainnya. Interaksi antara senyawa-senyawa tersebut dengan komponen bahan baku menghasilkan karakteristik rasa, aroma, warna, dan tekstur yang menjadi ciri khas produk fermentasi. Hal tersebut dapat ditemukan pada berbagai produk tradisional hasil perikanan yang memiliki cita rasa dan aroma spesifik sesuai dengan bahan baku, metode pengolahan, serta kondisi fermentasinya.

Selain pengawetan dan pembentukan karakteristik sensoris, fermentasi dapat berperan dalam **meningkatkan nilai tambah hasil perikanan**. Bahan baku yang memiliki daya simpan pendek dapat diubah menjadi produk yang lebih awet, memiliki cita rasa khas, dan dapat dipasarkan dalam bentuk yang berbeda. Proses tersebut memberikan peluang untuk meningkatkan nilai ekonomi bahan baku sekaligus mengurangi potensi kehilangan hasil akibat kerusakan. Produk fermentasi juga dapat dikembangkan menjadi berbagai bentuk produk pangan yang lebih sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Fermentasi dapat menyebabkan **perubahan terhadap komponen gizi dan sifat fungsional** bahan pangan. Aktivitas mikroorganisme dan enzim selama proses dapat memecah molekul kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada kondisi tertentu, proses tersebut dapat membantu meningkatkan ketersediaan beberapa komponen gizi atau menghasilkan senyawa metabolit yang memiliki karakteristik tertentu. Namun, perubahan nilai gizi sangat bergantung pada jenis bahan baku, mikroorganisme yang terlibat, kondisi proses, serta lama fermentasi. Oleh sebab itu, fermentasi perlu dilakukan dengan kondisi yang sesuai agar perubahan yang terjadi memberikan manfaat yang diharapkan.

Dalam konteks produk tradisional, fermentasi juga memiliki **peran sosial dan budaya** yang penting. Berbagai produk fermentasi hasil perikanan merupakan bagian dari pengetahuan dan kearifan lokal yang diwariskan antargenerasi. Teknik pengolahan yang berkembang di masyarakat umumnya disesuaikan dengan ketersediaan bahan baku, kondisi lingkungan, kebiasaan konsumsi, serta sumber daya yang tersedia. Oleh karena itu, produk fermentasi tradisional tidak hanya memiliki nilai sebagai produk pangan, tetapi juga mencerminkan identitas budaya dan karakteristik suatu daerah.

Perkembangan teknologi pangan memberikan peluang untuk mengembangkan proses fermentasi tradisional menjadi lebih terkontrol tanpa menghilangkan karakteristik khas produk. Penggunaan kultur starter yang terpilih, pengendalian suhu dan waktu fermentasi, pengaturan kadar garam dan pH, serta penerapan higiene dan sanitasi dapat membantu menghasilkan produk dengan mutu yang lebih konsisten dan aman. Pendekatan teknologi tersebut memungkinkan pengetahuan tradisional dipadukan dengan ilmu pengetahuan modern sehingga produk fermentasi hasil perikanan dapat dikembangkan secara berkelanjutan.

Dengan demikian, fermentasi memiliki peran yang luas dalam pengolahan hasil perikanan, yaitu sebagai metode pengawetan, pembentuk karakteristik sensoris, peningkat nilai tambah, serta bagian dari pelestarian produk pangan tradisional. Pemahaman terhadap prinsip fermentasi dan faktor-faktor yang memengaruhinya menjadi dasar penting dalam menghasilkan produk fermentasi hasil perikanan yang aman, bermutu, memiliki karakteristik khas, dan berpotensi dikembangkan sebagai produk pangan bernilai ekonomi.

9.3 Peranan Olahan Tradisional dalam Pemanfaatan dan Pelestarian Hasil Perikanan

Olahan tradisional hasil perikanan merupakan bagian penting dari kekayaan pangan masyarakat Indonesia yang berkembang berdasarkan ketersediaan sumber daya perairan, kebiasaan konsumsi, pengetahuan lokal, dan pengalaman yang diwariskan dari generasi ke generasi. Keberagaman wilayah perairan Indonesia menghasilkan berbagai jenis komoditas perikanan yang kemudian dimanfaatkan masyarakat melalui beragam teknik pengolahan. Pengolahan tersebut tidak hanya bertujuan menghasilkan pangan yang dapat dikonsumsi, tetapi juga menjadi salah satu bentuk adaptasi masyarakat dalam mempertahankan ketersediaan pangan dan mengurangi kerusakan hasil perikanan yang mudah mengalami penurunan mutu.

Salah satu peranan utama olahan tradisional adalah **memperpanjang masa simpan hasil perikanan**. Pada masa ketika teknologi pendinginan dan penyimpanan modern belum berkembang seperti saat ini, masyarakat memanfaatkan metode sederhana seperti penggaraman, pengeringan, pengasapan, pemindangan, dan fermentasi untuk menghambat kerusakan. Penggunaan garam, pengurangan kadar air melalui pengeringan, paparan asap, maupun pembentukan kondisi asam selama fermentasi dapat menghambat aktivitas mikroorganisme pembusuk dan memperlambat berbagai reaksi yang menyebabkan penurunan mutu. Dengan demikian, hasil perikanan dapat disimpan lebih lama dan dimanfaatkan di luar periode produksi atau musim penangkapan.

Olahan tradisional juga berperan dalam **meningkatkan pemanfaatan hasil perikanan**. Tidak semua hasil tangkapan dapat langsung dipasarkan atau dikonsumsi dalam keadaan segar. Pengolahan memungkinkan komoditas yang berlimpah pada waktu tertentu tetap dapat dimanfaatkan

melalui perubahan bentuk menjadi produk yang memiliki daya simpan lebih panjang. Ikan berukuran kecil, hasil tangkapan sampingan, maupun komoditas yang memiliki nilai ekonomi relatif rendah dapat diolah menjadi produk pangan yang lebih bernilai. Pendekatan tersebut dapat membantu mengurangi kehilangan hasil (*post-harvest losses*) sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya perikanan.

Dari sisi ekonomi, olahan tradisional memiliki peranan dalam **meningkatkan nilai tambah dan pendapatan masyarakat**. Proses pengolahan dapat mengubah bahan baku dengan harga relatif rendah menjadi produk yang memiliki nilai jual lebih tinggi. Kegiatan produksi olahan tradisional juga banyak dilakukan dalam skala rumah tangga dan usaha mikro, sehingga dapat menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat di wilayah pesisir maupun daerah yang memiliki akses terhadap sumber daya perikanan. Selain memberikan pendapatan bagi pengolah, aktivitas tersebut dapat menciptakan lapangan kerja dan menggerakkan kegiatan ekonomi lokal yang berkaitan dengan penyediaan bahan baku, pengemasan, distribusi, dan pemasaran.

Peranan olahan tradisional juga berkaitan erat dengan **pelestarian pengetahuan dan kearifan lokal**. Teknik pengolahan yang diwariskan secara turun-temurun merupakan bentuk pengetahuan masyarakat dalam memahami karakteristik bahan baku, menentukan bahan tambahan, mengatur waktu pengolahan, dan menghasilkan produk dengan karakteristik tertentu. Pengetahuan tersebut sering kali bersifat spesifik terhadap suatu daerah dan menjadi bagian dari identitas masyarakat. Oleh karena itu, mempertahankan keberadaan produk tradisional berarti turut menjaga pengetahuan lokal yang memiliki nilai budaya dan historis.

Selain sebagai sumber pangan dan produk ekonomi, olahan tradisional memiliki **nilai budaya dan sosial**. Produk tertentu dapat menjadi bagian dari kebiasaan makan, acara keluarga, perayaan, kegiatan adat, maupun identitas kuliner suatu wilayah. Karakteristik rasa, aroma, bentuk, dan teknik pengolahan dapat menjadi ciri khas yang membedakan produk suatu daerah dengan daerah lainnya. Keberadaan produk tersebut memperlihatkan hubungan antara masyarakat dengan lingkungan perairan serta cara masyarakat memanfaatkan sumber daya alam secara turun-temurun.

Dalam konteks pelestarian hasil perikanan, pengolahan tradisional juga dapat mendukung **diversifikasi pemanfaatan komoditas**. Hasil perikanan tidak hanya dipasarkan sebagai ikan segar, tetapi dapat diolah menjadi berbagai produk dengan karakteristik dan daya simpan yang berbeda. Diversifikasi tersebut memberikan alternatif pemanfaatan ketika terjadi kelebihan pasokan atau ketika kondisi pemasaran ikan segar kurang menguntungkan. Dengan demikian, teknologi pengolahan tradisional dapat menjadi salah satu strategi untuk meningkatkan ketahanan ekonomi dan mengurangi ketergantungan terhadap pemasaran produk segar.

Meskipun demikian, produk olahan tradisional menghadapi berbagai tantangan dalam mempertahankan keberadaannya. Perubahan pola konsumsi, perkembangan teknologi pangan, tuntutan konsumen terhadap keamanan dan kepraktisan, serta persaingan dengan produk modern dapat memengaruhi keberlanjutan produk tradisional. Selain itu, proses produksi yang masih bergantung pada pengalaman individu dapat menyebabkan variasi mutu dan karakteristik produk. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengembangan yang mampu mengintegrasikan pengetahuan tradisional dengan teknologi modern tanpa menghilangkan karakteristik dan identitas produk.

Penerapan teknologi sederhana dan tepat guna dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu dan keamanan produk, misalnya melalui perbaikan sanitasi, pengendalian suhu dan waktu proses, penggunaan bahan baku yang bermutu, penerapan teknik pengemasan yang sesuai, serta pengembangan sistem penyimpanan yang lebih baik. Modernisasi tersebut sebaiknya dilakukan secara selektif dengan tetap mempertahankan cita rasa, karakteristik, dan metode pengolahan yang menjadi ciri khas produk. Dengan pendekatan tersebut, produk tradisional dapat tetap relevan dengan kebutuhan konsumen masa kini sekaligus mempertahankan nilai budaya yang melekat di dalamnya.

Dengan demikian, olahan tradisional memiliki peranan yang strategis dalam pemanfaatan dan pelestarian hasil perikanan. Peran tersebut mencakup pengawetan dan perpanjangan masa simpan, pengurangan kehilangan hasil, peningkatan nilai tambah, penciptaan peluang ekonomi, diversifikasi produk, serta pelestarian pengetahuan dan budaya lokal. Pengembangan produk tradisional melalui pendekatan teknologi yang tepat diharapkan mampu menjaga keberlanjutan pemanfaatan hasil perikanan sekaligus mempertahankan kekayaan pangan dan kearifan lokal Indonesia.

9.4 Fermentasi Hasil Perikanan

Fermentasi hasil perikanan merupakan salah satu teknologi pengolahan yang memiliki peranan penting dalam meningkatkan daya simpan, mutu, dan nilai tambah berbagai komoditas perikanan. Proses ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dan enzim dalam kondisi yang dikendalikan untuk menghasilkan perubahan pada komponen bahan baku sehingga terbentuk produk dengan karakteristik khas, baik dari segi rasa, aroma, warna, maupun tekstur. Penerapan fermentasi pada hasil perikanan telah berkembang sejak lama sebagai bagian dari pengetahuan dan kearifan lokal

masyarakat, terutama dalam memanfaatkan hasil tangkapan yang melimpah dan mudah mengalami kerusakan. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, proses fermentasi tradisional mulai dipelajari secara lebih sistematis sehingga faktor-faktor yang memengaruhi proses dapat dikendalikan untuk menghasilkan produk yang lebih aman, bermutu, dan konsisten. Oleh karena itu, pemahaman mengenai prinsip fermentasi, mikroorganisme yang berperan, faktor-faktor yang memengaruhi proses, serta karakteristik produk menjadi dasar penting dalam pengembangan teknologi fermentasi hasil perikanan.

9.4.1 Prinsip dan Proses Fermentasi

Fermentasi merupakan salah satu teknologi pengolahan pangan yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dan/atau enzim untuk menghasilkan perubahan yang diinginkan pada bahan pangan. Pada hasil perikanan, fermentasi pada dasarnya merupakan proses biokimia yang mengubah komponen bahan baku melalui aktivitas mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang dalam kondisi tertentu. Perubahan tersebut dapat menghasilkan produk dengan karakteristik baru, seperti rasa, aroma, warna, tekstur, dan daya simpan yang berbeda dari bahan bakunya. Menurut Fellows dan Hampton (1992), fermentasi ikan dapat dipahami sebagai pengendalian aktivitas mikroorganisme yang diinginkan untuk mengubah cita rasa atau tekstur ikan sekaligus memperpanjang umur simpannya.

Prinsip utama fermentasi hasil perikanan adalah **mengendalikan kondisi lingkungan sehingga mikroorganisme yang diharapkan dapat tumbuh dan beraktivitas, sedangkan mikroorganisme pembusuk dan patogen dapat ditekan**. Kondisi tersebut dapat dicapai melalui kombinasi beberapa faktor, terutama kadar garam, suhu, pH, aktivitas air,

ketersediaan oksigen, lama fermentasi, serta keberadaan substrat yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme. Pada fermentasi ikan, garam merupakan salah satu komponen penting karena dapat menurunkan aktivitas air dan memberikan tekanan selektif terhadap mikroorganisme. Pada produk tertentu, garam juga membantu menciptakan kondisi yang memungkinkan mikroorganisme yang toleran terhadap garam berkembang lebih dominan.

Mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi dapat berasal dari mikrobiota alami bahan baku, lingkungan pengolahan, bahan tambahan, maupun kultur starter yang sengaja ditambahkan. Fermentasi yang berlangsung terutama karena mikroorganisme alami disebut fermentasi spontan. Sebaliknya, menurut Belleggia and Osimani (2023), pada fermentasi terarah, mikroorganisme tertentu digunakan sebagai kultur starter untuk mengarahkan proses agar berlangsung lebih cepat, stabil, dan menghasilkan karakteristik produk yang lebih konsisten. Kajian mengenai produk fermentasi ikan menunjukkan bahwa kelompok bakteri asam laktat, termasuk *Lactobacillus* dan *Tetragenococcus*, sering berperan penting dalam proses fermentasi, meskipun kelompok mikroorganisme lain juga dapat ditemukan pada matriks produk.

Pada fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat, karbohidrat dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk menghasilkan asam organik, terutama asam laktat. Penurunan pH akibat pembentukan asam dapat menciptakan kondisi yang kurang sesuai bagi sejumlah mikroorganisme pembusuk dan patogen. Hal ini menjadi salah satu mekanisme penting dalam pengawetan produk fermentasi. Hasil penelitian dan kajian mengenai fermentasi ikan menunjukkan bahwa penurunan pH dan pembentukan asam organik merupakan salah satu faktor

penting dalam pengendalian mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Berbeda dengan bahan pangan nabati, ikan pada umumnya memiliki kandungan karbohidrat yang relatif rendah sehingga ketersediaan substrat untuk fermentasi asam laktat dapat menjadi terbatas. Oleh karena itu, pada beberapa produk fermentasi ikan dengan kadar garam tertentu, bahan yang mengandung karbohidrat seperti nasi, gula, tepung, atau serealia dapat ditambahkan untuk mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat. Penambahan karbohidrat juga dapat membantu proses pengasaman dan memengaruhi karakteristik tekstur produk.

Selain aktivitas mikroorganisme, **enzim endogen dan enzim yang dihasilkan mikroorganisme** juga memiliki peranan penting selama fermentasi. Enzim proteolitik dapat memecah protein menjadi peptida dan asam amino yang lebih sederhana, sedangkan enzim lainnya dapat berperan dalam perubahan lipid dan komponen organik lainnya. Produk hasil pemecahan tersebut kemudian dapat mengalami reaksi lanjutan yang menghasilkan senyawa pembentuk cita rasa dan aroma. Dengan demikian, karakteristik khas produk fermentasi tidak hanya ditentukan oleh satu jenis reaksi, tetapi merupakan hasil interaksi antara aktivitas mikroorganisme, enzim, komponen bahan baku, dan kondisi proses. Li *et al*., (2024) menjelaskan bahwa profil cita rasa produk ikan fermentasi terbentuk melalui interaksi kompleks antara aktivitas mikroba dan enzim terhadap bahan baku.

Secara umum, proses fermentasi hasil perikanan dapat diawali dengan **pemilihan dan persiapan bahan baku**. Bahan baku yang digunakan harus memiliki mutu dan tingkat kesegaran yang sesuai karena kondisi awal

bahan akan memengaruhi jalannya fermentasi dan mutu produk akhir. Ikan kemudian dapat dibersihkan, disiangi, dipotong, atau diperlakukan sesuai karakteristik produk yang akan dibuat. Tahap berikutnya adalah penambahan bahan pendukung, seperti garam, sumber karbohidrat, rempah, atau kultur starter. Komposisi bahan tambahan harus disesuaikan dengan jenis produk dan metode fermentasi yang digunakan.

Setelah bahan dipersiapkan, proses dilanjutkan dengan **fermentasi pada kondisi tertentu**. Selama tahap ini terjadi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang diharapkan serta perubahan biokimia pada bahan. Pada fermentasi spontan, komunitas mikroorganisme berkembang secara alami dan mengalami perubahan komposisi selama proses (Toppe and Olsen, 2024). Pada fermentasi menggunakan starter, mikroorganisme tertentu ditambahkan untuk mendominasi atau mengarahkan proses. Penggunaan starter dapat membantu mempercepat fermentasi dan meningkatkan keseragaman mutu, meskipun penerapannya perlu disesuaikan dengan karakteristik produk tradisional yang hendak dipertahankan. Kajian terbaru menekankan bahwa penggunaan kultur starter merupakan salah satu pendekatan untuk meningkatkan konsistensi kualitas dan mempercepat proses fermentasi produk ikan.

Selama fermentasi, perubahan **pH, kadar garam, aktivitas air, suhu, dan karakteristik sensoris** perlu diperhatikan. Pengendalian parameter tersebut penting karena perubahan kondisi lingkungan akan memengaruhi jenis dan aktivitas mikroorganisme yang berkembang. Pada produk fermentasi ikan, misalnya, kondisi dengan kadar garam dan pH tertentu dapat menyeleksi mikroorganisme yang mampu bertahan dan

berkembang, sehingga memengaruhi pola fermentasi serta karakteristik akhir produk. Oleh sebab itu, fermentasi bukan sekadar proses penyimpanan bahan dalam jangka waktu tertentu, tetapi merupakan proses yang perlu dikendalikan agar perubahan yang terjadi sesuai dengan karakteristik produk yang diinginkan.

Tahap akhir proses fermentasi meliputi **pematangan, penghentian atau perlambatan fermentasi, pengemasan, dan penyimpanan**. Lama fermentasi sangat bergantung pada jenis produk, metode yang digunakan, bahan baku, suhu, kadar garam, dan target karakteristik produk. Fermentasi yang terlalu singkat dapat menyebabkan karakteristik produk belum berkembang secara optimal, sedangkan fermentasi yang terlalu lama dapat menghasilkan perubahan yang tidak diinginkan, termasuk penurunan mutu atau pembentukan senyawa tertentu secara berlebihan. Oleh karena itu, penentuan waktu fermentasi menjadi salah satu aspek penting dalam pengendalian proses.

Secara sederhana, prinsip proses fermentasi hasil perikanan dapat digambarkan sebagai suatu rangkaian yang dimulai dari **bahan baku bermutu → persiapan bahan → penambahan garam/bahan pendukung atau starter → pengaturan kondisi fermentasi → aktivitas mikroorganisme dan enzim → pembentukan metabolit → perubahan karakteristik produk → pematangan dan penyimpanan**. Setiap tahap saling berkaitan sehingga keberhasilan fermentasi ditentukan oleh pengendalian proses secara keseluruhan **Gambar 9.1**.

Gambar 9. 1 Prinsip Dasar Fermentasi

Dalam pengembangan produk fermentasi tradisional, penerapan prinsip fermentasi secara ilmiah perlu dilakukan secara hati-hati. Teknologi modern seperti penggunaan kultur starter, pengendalian suhu dan pH, analisis mikrobiologi, serta pengemasan yang tepat dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan dan konsistensi produk tanpa harus menghilangkan karakteristik tradisionalnya. Pendekatan tersebut penting karena produk fermentasi ikan memiliki keragaman mikroorganisme dan metode pengolahan yang sangat luas. Penelitian mengenai fermentasi ikan di Indonesia juga menunjukkan keberagaman produk antarwilayah serta pentingnya memahami peran bakteri asam laktat dalam pembentukan mutu produk (Soemarie, Milanda dan Barliana, 2022).

Dengan demikian, prinsip fermentasi hasil perikanan pada dasarnya merupakan proses pengelolaan aktivitas mikroorganisme dan enzim melalui pengaturan bahan, lingkungan, serta waktu proses. Keberhasilan fermentasi ditandai oleh

terbentuknya karakteristik produk yang diharapkan, peningkatan daya simpan, serta tercapainya mutu dan keamanan pangan yang sesuai (Chan *et al*., 2023). Pemahaman terhadap prinsip tersebut menjadi dasar untuk mempelajari mikroorganisme yang berperan, faktor-faktor yang memengaruhi fermentasi, serta berbagai jenis produk fermentasi hasil perikanan yang berkembang secara tradisional maupun melalui teknologi modern.

9.4.2 Mikroorganisme yang Berperan dalam Fermentasi

Mikroorganisme merupakan komponen penting dalam proses fermentasi hasil perikanan karena berperan dalam mengubah berbagai komponen bahan baku menjadi senyawa yang menentukan karakteristik produk akhir. Mikroorganisme tersebut dapat berasal dari mikrobiota alami bahan baku, lingkungan pengolahan, bahan tambahan, maupun kultur starter yang sengaja ditambahkan. Pada fermentasi tradisional, proses umumnya berlangsung secara spontan sehingga komunitas mikroorganisme berkembang secara alami dan mengalami perubahan selama proses fermentasi. Sementara itu, pada fermentasi terkontrol, mikroorganisme tertentu dapat digunakan sebagai kultur starter untuk mengarahkan proses sehingga karakteristik produk lebih konsisten. Kajian terhadap berbagai produk fermentasi ikan menunjukkan bahwa komunitas mikroorganisme yang terlibat cukup beragam, tetapi bakteri asam laktat, khususnya kelompok lactobacilli dan *Tetragenococcus*, merupakan mikroorganisme yang sering berperan dominan dalam proses fermentasi (Sawant *et al*., 2025).

Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat atau *Lactic Acid Bacteria* (LAB) merupakan kelompok mikroorganisme yang sangat penting dalam fermentasi hasil perikanan. Kelompok ini meliputi berbagai genus, antara lain *Lactiplantibacillus*, *Latilactobacillus*, *Tetragenococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Weissella*, dan beberapa genus lainnya. Dalam produk fermentasi ikan, beberapa spesies yang sering ditemukan antara lain *Lactiplantibacillus plantarum*, *Latilactobacillus sakei*, dan *Latilactobacillus curvatus*. Sementara itu, *Tetragenococcus* banyak ditemukan pada produk dengan kadar garam relatif tinggi karena kelompok ini memiliki kemampuan toleransi terhadap kondisi salinitas yang tinggi (Zang *et al*., 2026).

Peranan utama bakteri asam laktat adalah menghasilkan asam organik melalui metabolisme substrat yang tersedia. Pembentukan asam, terutama asam laktat, dapat menyebabkan penurunan pH sehingga menciptakan lingkungan yang kurang sesuai bagi sebagian mikroorganisme pembusuk dan patogen. Selain menghasilkan asam, beberapa bakteri asam laktat juga dapat menghasilkan senyawa antimikroba, seperti hidrogen peroksida dan bakteriosin. Senyawa tersebut berkontribusi terhadap penghambatan mikroorganisme yang tidak diinginkan selama fermentasi. Dengan demikian, bakteri asam laktat berperan tidak hanya dalam pembentukan karakteristik produk, tetapi juga dalam meningkatkan stabilitas dan keamanan mikrobiologis produk fermentasi (Khongthaw *et al*., 2026).

Bakteri asam laktat juga berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa dan aroma produk. Aktivitas proteolitik bakteri dapat menghasilkan peptida dan

asam amino dari protein ikan. Senyawa-senyawa tersebut selanjutnya dapat mengalami transformasi menjadi berbagai senyawa volatil dan nonvolatil yang berkontribusi terhadap karakteristik sensoris produk. Oleh karena itu, keberadaan dan aktivitas LAB perlu diperhatikan dalam pengembangan produk fermentasi karena perubahan komposisi komunitas mikroba dapat memengaruhi rasa, aroma, tekstur, serta mutu produk akhir.

Pada produk fermentasi hasil perikanan Indonesia, LAB memiliki peranan yang cukup penting. Produk fermentasi ikan di Indonesia umumnya dibuat menggunakan metode fermentasi spontan sehingga mikroorganisme yang terlibat dapat berbeda antara satu produk dan produk lainnya. Perbedaan bahan baku, kadar garam, kondisi lingkungan, lama fermentasi, serta metode pengolahan dapat menyebabkan terbentuknya komunitas LAB yang berbeda. Kajian terhadap berbagai produk fermentasi ikan Indonesia menunjukkan bahwa pemahaman mengenai karakteristik dan fungsi LAB diperlukan untuk mengembangkan proses fermentasi yang lebih konsisten dan menghasilkan produk dengan mutu yang lebih baik (Cai *et al*., 2024).

Bakteri Halotoleran dan Halofilik

Selain LAB yang toleran terhadap garam, bakteri halotoleran dan halofilik juga memiliki peranan penting dalam fermentasi hasil perikanan, terutama pada produk yang menggunakan konsentrasi garam relatif tinggi. Salah satu kelompok yang banyak ditemukan adalah *Tetragenococcus*, khususnya *Tetragenococcus halophilus* dan *Tetragenococcus muriaticus*. Kelompok ini memiliki kemampuan beradaptasi terhadap tekanan osmotik akibat kadar garam tinggi sehingga mampu bertahan dan

melakukan aktivitas metabolik selama fermentasi produk seperti kecap ikan dan produk fermentasi berbasis ikan lainnya. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa *T. halophilus* dapat berkembang dan berperan penting dalam komunitas mikroba selama fermentasi kecap ikan serta berkontribusi terhadap pembentukan senyawa volatil dan karakteristik flavor. Sementara itu, *T. muriaticus* juga menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik pada lingkungan fermentasi dan berperan dalam meningkatkan kualitas serta keamanan kecap ikan melalui penghambatan mikroorganisme pembusuk dan pengaturan metabolisme protein dan lipid (Han *et al*., 2024).

Kemampuan mikroorganisme tersebut untuk beradaptasi terhadap kadar garam menjadikannya penting dalam fermentasi produk perikanan tradisional. Garam tidak hanya berfungsi sebagai bahan pengawet, tetapi juga berperan sebagai faktor seleksi yang menentukan kelompok mikroorganisme yang mampu tumbuh selama proses fermentasi. Dengan demikian, komposisi dan konsentrasi garam dapat memengaruhi struktur komunitas mikroba dan pada akhirnya menentukan karakteristik produk yang dihasilkan.

Bakteri *Bacillus*

Genus *Bacillus* juga sering ditemukan pada berbagai produk fermentasi hasil perikanan. Kelompok ini memiliki kemampuan menghasilkan enzim ekstraseluler, termasuk enzim proteolitik dan lipolitik, yang dapat berperan dalam pemecahan protein dan lipid bahan baku. Aktivitas tersebut menghasilkan peptida, asam amino, asam lemak, dan berbagai senyawa metabolit yang dapat berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa dan aroma produk fermentasi.

Settachaimongkon *et al*, (2025) menyatakan, keberadaan *Bacillus* dalam produk fermentasi tidak selalu menunjukkan fungsi yang sama. Beberapa spesies atau strain dapat berperan dalam proses pematangan dan pembentukan karakteristik produk, sedangkan keberadaan spesies tertentu perlu dikendalikan karena beberapa anggota genus ini dapat berkaitan dengan keamanan pangan. Oleh sebab itu, identifikasi hingga tingkat spesies atau strain menjadi penting ketika *Bacillus* akan dipertimbangkan sebagai mikroorganisme fungsional atau kultur starter.

Bakteri *Staphylococcus*, *Micrococcus*, dan Kelompok Bakteri Lain

Selain LAB, *Bacillus*, dan *Tetragenococcus*, berbagai kelompok bakteri lain juga dapat ditemukan pada produk fermentasi ikan. *Staphylococcus* dan *Micrococcus* merupakan kelompok yang telah dilaporkan pada berbagai produk fermentasi hasil perikanan dan dapat berkontribusi terhadap perubahan komponen bahan selama pematangan. Selain itu, genus seperti *Pseudomonas*, *Psychrobacter*, *Halanaerobium*, dan *Halomonas* juga dapat ditemukan dengan proporsi tertentu, tergantung pada jenis produk dan kondisi fermentasinya (Prihanto, Umam dan Bangun, 2024).

Keberadaan kelompok mikroorganisme tersebut menunjukkan bahwa fermentasi hasil perikanan merupakan suatu ekosistem mikroba yang kompleks. Tidak semua mikroorganisme yang ditemukan memiliki fungsi sebagai mikroorganisme fermentatif utama. Sebagian dapat berperan dalam proses pematangan, sebagian lainnya merupakan mikroorganisme yang terbawa dari bahan baku atau lingkungan, sedangkan beberapa kelompok perlu dikendalikan karena

berpotensi menyebabkan kerusakan atau membahayakan keamanan pangan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai dinamika komunitas mikroorganisme selama fermentasi menjadi penting dalam pengendalian mutu.

Khamir

Khamir atau *yeast* merupakan kelompok mikroorganisme lain yang dapat ditemukan dalam produk fermentasi hasil perikanan. Beberapa genus yang telah dilaporkan antara lain *Candida*, *Debaryomyces*, dan *Saccharomyces*. Khamir dapat berkontribusi terhadap pembentukan aroma dan cita rasa melalui metabolisme berbagai senyawa organik. Aktivitas khamir dapat menghasilkan alkohol, ester, aldehida, dan senyawa volatil lainnya yang memberikan karakteristik aroma tertentu pada produk fermentasi (Hu *et al*., 2024).

Dalam beberapa sistem fermentasi, khamir dapat hidup berdampingan dengan bakteri dan Khamir atau *yeast* merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang dapat ditemukan pada produk fermentasi hasil perikanan. Beberapa genus khamir yang dilaporkan berasosiasi dengan fermentasi ikan antara lain *Candida*, *Debaryomyces*, dan *Saccharomyces*. Khamir dapat berkontribusi terhadap pembentukan aroma dan cita rasa melalui aktivitas metaboliknya terhadap berbagai substrat selama fermentasi. Metabolisme tersebut dapat menghasilkan alkohol, ester, aldehida, dan senyawa volatil lainnya yang berkontribusi terhadap karakteristik sensori produk fermentasi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* pada fermentasi ikan *Suanyu* dapat meningkatkan karakteristik sensoris dan memengaruhi profil senyawa volatil, termasuk kelompok alkohol dan

senyawa aroma lainnyamembentuk hubungan yang kompleks. Metabolit yang dihasilkan oleh satu kelompok mikroorganisme dapat menjadi substrat bagi mikroorganisme lainnya. Interaksi tersebut dapat memengaruhi kecepatan fermentasi, pembentukan senyawa aroma, dan karakteristik akhir produk. Oleh karena itu, meskipun bakteri asam laktat sering menjadi kelompok dominan, kontribusi khamir terhadap karakteristik produk tidak dapat diabaikan.

Kapang

Kapang juga dapat ditemukan pada beberapa sistem fermentasi hasil perikanan, terutama pada proses fermentasi yang memungkinkan pertumbuhan fungi dalam kondisi aerob atau semi-aerob. Genus seperti *Aspergillus* dan *Penicillium* telah dilaporkan sebagai bagian dari komunitas fungi pada produk fermentasi ikan. Studi terbaru pada produk fermentasi ikan *nafam* berhasil mengidentifikasi beberapa kapang, termasuk *Aspergillus flavus* dan *Penicillium compactum*, serta menunjukkan bahwa sejumlah isolat fungi memiliki aktivitas enzim hidrolitik, termasuk protease (Chowdhuri *et al*., 2025). Selain itu, *Aspergillus oryzae* telah dikaji sebagai kultur kapang dalam fermentasi ikan karena kemampuannya menghasilkan enzim proteolitik yang dapat mempercepat hidrolisis protein dan berpotensi memengaruhi pembentukan karakteristik sensori produk (Li *et al*., 2024). Aktivitas enzimatik kapang, termasuk protease dan enzim yang berperan dalam metabolisme lipid, dapat berkontribusi terhadap perubahan komponen bahan baku dan pembentukan prekursor cita rasa selama fermentasi.Namun, keberadaan kapang perlu mendapatkan perhatian khusus karena tidak semua kapang bersifat

menguntungkan. Beberapa jenis kapang dapat menghasilkan metabolit yang tidak diinginkan atau mikotoksin. Oleh karena itu, pertumbuhan kapang dalam produk fermentasi harus dikendalikan melalui pemilihan bahan baku, sanitasi, pengaturan kondisi fermentasi, dan penyimpanan yang tepat. Dalam konteks teknologi fermentasi modern, keberadaan kapang yang diinginkan harus dibedakan secara jelas dari kontaminasi kapang yang berpotensi membahayakan.

Perubahan Komunitas Mikroorganisme Selama Fermentasi

Komunitas mikroorganisme dalam produk fermentasi tidak bersifat statis, tetapi mengalami perubahan atau suksesi selama proses berlangsung. Pada tahap awal, mikroorganisme yang berasal dari bahan baku dan lingkungan dapat berkembang. Selanjutnya, perubahan kadar garam, pH, ketersediaan substrat, oksigen, dan metabolit menyebabkan sebagian mikroorganisme terhambat, sementara kelompok lain menjadi lebih dominan. Kondisi tersebut menyebabkan terbentuknya komunitas mikroba yang berbeda antara tahap awal dan akhir fermentasi.

Pada fermentasi hasil perikanan, faktor lingkungan memiliki pengaruh besar terhadap mikroorganisme yang dominan. Produk dengan kadar garam tinggi cenderung menyeleksi mikroorganisme yang tahan terhadap garam, sedangkan kondisi yang mendukung pembentukan asam dapat meningkatkan dominasi bakteri asam laktat. Oleh sebab itu, pengaturan kondisi proses dapat digunakan untuk mengarahkan perkembangan komunitas mikroba sehingga fermentasi berlangsung secara lebih terkendali (Nguyen *et al*., 2025).

Dalam fermentasi tradisional, dinamika mikroorganisme tersebut sering berlangsung secara spontan dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan setempat. Hal ini menjadi salah satu penyebab mengapa produk tradisional yang menggunakan bahan baku dan metode pengolahan serupa dapat menghasilkan karakteristik yang berbeda. Sebaliknya, penggunaan kultur starter memungkinkan mikroorganisme tertentu diperkenalkan dalam jumlah yang memadai sehingga proses fermentasi dapat lebih diarahkan. Penggunaan starter juga berpotensi meningkatkan konsistensi mutu dan mengurangi risiko pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Peranan Mikroorganisme dalam Keamanan dan Mutu Produk

Mikroorganisme dalam fermentasi memiliki dua sisi yang perlu diperhatikan, yaitu mikroorganisme yang mendukung proses dan mikroorganisme yang berpotensi menyebabkan kerusakan atau bahaya keamanan pangan. Mikroorganisme fermentatif yang tepat dapat menghasilkan asam organik, bakteriosin, dan metabolit lainnya yang menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan. Namun, apabila proses fermentasi berlangsung dalam kondisi yang tidak higienis atau parameter proses tidak dikendalikan, mikroorganisme pembusuk maupun patogen dapat tetap bertahan atau berkembang.

Beberapa kajian mengenai produk fermentasi ikan melaporkan adanya mikroorganisme patogen tertentu, seperti *Clostridium* dan *Vibrio*, pada sebagian produk. Temuan tersebut menegaskan bahwa fermentasi tidak boleh dianggap sebagai proses yang secara otomatis membuat produk aman. Keamanan tetap bergantung

pada mutu bahan baku, sanitasi, formulasi, kadar garam, suhu, pH, lama fermentasi, serta kondisi penyimpanan (Belleggia and Osimani, 2023). Oleh karena itu, pengendalian mikrobiologis merupakan bagian penting dalam pengembangan produk fermentasi hasil perikanan (Nguyen *et al*., 2025).

Secara keseluruhan, mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi hasil perikanan terdiri atas berbagai kelompok dengan fungsi yang berbeda. Bakteri asam laktat berperan penting dalam pengasaman, pengawetan, dan pembentukan cita rasa; *Tetragenococcus* berperan terutama pada fermentasi berkadar garam tinggi (Narzary *et al*., 2021); *Bacillus*, *Staphylococcus*, dan kelompok bakteri lainnya dapat berkontribusi terhadap proses pematangan dan pembentukan karakteristik produk; sedangkan khamir dan kapang dapat berperan dalam pembentukan aroma serta transformasi komponen bahan. Interaksi antarmikroorganisme tersebut menghasilkan ekosistem fermentasi yang kompleks dan menentukan karakteristik akhir produk.

Pemahaman terhadap mikroorganisme yang terlibat menjadi dasar penting dalam pengembangan teknologi fermentasi hasil perikanan. Identifikasi mikroorganisme yang dominan, pemilihan strain yang memiliki sifat teknologi yang sesuai, serta pengendalian kondisi fermentasi dapat digunakan untuk menghasilkan produk yang aman, bermutu, konsisten, dan tetap memiliki karakteristik khas. Dalam konteks produk fermentasi tradisional Indonesia, pengembangan kultur starter berbasis mikroorganisme lokal juga memiliki peluang besar untuk menggabungkan keunggulan pengetahuan tradisional dengan prinsip teknologi pangan modern (Prihanto, Umam & Bangun, (2024)).

9.5 Faktor yang Memengaruhi Proses Fermentasi

Keberhasilan fermentasi hasil perikanan tidak hanya ditentukan oleh keberadaan mikroorganisme, tetapi juga oleh kondisi lingkungan tempat mikroorganisme tersebut tumbuh dan beraktivitas. Fermentasi merupakan proses yang dinamis sehingga perubahan kondisi selama fermentasi dapat memengaruhi komposisi komunitas mikroba, aktivitas enzim, pembentukan metabolit, karakteristik sensoris, serta keamanan produk. Pada produk fermentasi ikan, faktor seperti kualitas bahan baku, konsentrasi garam, suhu, pH, aktivitas air, ketersediaan substrat, lama fermentasi, keberadaan oksigen, dan penggunaan kultur starter saling berinteraksi dalam menentukan karakteristik produk akhir (Chan *et al*., 2023).

9.5.1 Kualitas dan Karakteristik Bahan Baku

Bahan baku merupakan faktor awal yang sangat menentukan keberhasilan fermentasi. Ikan atau hasil perikanan yang digunakan harus memiliki tingkat kesegaran dan kualitas yang sesuai karena kondisi bahan sebelum fermentasi akan memengaruhi komunitas mikroorganisme awal, komposisi kimia, serta proses perubahan selama fermentasi. Bahan baku yang telah mengalami kerusakan sebelum fermentasi dapat mengandung populasi mikroorganisme pembusuk yang tinggi dan menghasilkan metabolit yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, fermentasi tidak dapat digunakan untuk memperbaiki bahan baku yang telah mengalami kerusakan berat.

Karakteristik bahan baku juga meliputi spesies, ukuran, komposisi proksimat, kadar lemak, kadar protein, kadar air, dan kandungan senyawa lain. Perbedaan komposisi tersebut dapat memengaruhi

aktivitas mikroorganisme dan enzim selama fermentasi. Kandungan protein yang tinggi, misalnya, menyediakan substrat bagi aktivitas proteolitik yang dapat menghasilkan peptida dan asam amino. Selanjutnya, senyawa-senyawa tersebut dapat mengalami transformasi lebih lanjut menjadi komponen yang berkontribusi terhadap cita rasa dan aroma produk. Li *et al*. (2023) menjelaskan bahwa pembentukan cita rasa pada ikan fermentasi merupakan hasil interaksi antara aktivitas mikroba, enzim, serta transformasi protein dan lipid selama proses fermentasi.

Dengan demikian, pemilihan bahan baku tidak hanya berkaitan dengan kesegaran, tetapi juga harus mempertimbangkan kesesuaian karakteristik bahan dengan jenis produk fermentasi yang akan dihasilkan. Penanganan bahan baku sejak penangkapan, penerimaan, sortasi, pencucian, hingga proses persiapan perlu dilakukan secara higienis dan secepat mungkin untuk mempertahankan kualitas bahan (Ter *et al*., 2023).

9.5.2 Konsentrasi Garam

Garam merupakan salah satu faktor paling penting dalam fermentasi hasil perikanan, terutama pada produk tradisional yang menggunakan teknik penggaraman sebelum atau selama fermentasi. Garam berfungsi menurunkan aktivitas air, menghambat pertumbuhan berbagai mikroorganisme yang tidak diinginkan, serta memberikan tekanan selektif terhadap komunitas mikroba yang berkembang selama fermentasi. Oleh karena itu, konsentrasi garam dapat menentukan jenis mikroorganisme yang mampu bertahan dan menjadi dominan dalam proses fermentasi.

Pada produk dengan kadar garam relatif tinggi, mikroorganisme yang toleran terhadap garam memiliki peluang lebih besar untuk tumbuh. Kelompok seperti *Tetragenococcus* diketahui memiliki kemampuan beradaptasi pada kondisi salinitas tinggi dan sering ditemukan pada produk fermentasi ikan dengan kadar garam tinggi. Sebaliknya, kadar garam yang lebih rendah dapat memberikan kondisi yang lebih sesuai bagi kelompok bakteri asam laktat tertentu. Perbedaan kadar garam tersebut pada akhirnya dapat menghasilkan pola fermentasi dan karakteristik produk yang berbeda (Belleggia & Osimani, 2023; Li *et al*., 2024).

Konsentrasi garam juga harus disesuaikan dengan karakteristik produk. Kadar garam yang terlalu rendah dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk atau patogen tidak terhambat secara memadai, sedangkan kadar garam yang terlalu tinggi dapat menghambat mikroorganisme fermentatif yang diharapkan dan menghasilkan produk dengan tingkat keasinan yang tidak sesuai. Oleh sebab itu, pengendalian kadar garam merupakan salah satu aspek penting dalam memperoleh keseimbangan antara keamanan, proses fermentasi, dan penerimaan sensoris produk.

9.5.3 Suhu Fermentasi

Suhu merupakan faktor lingkungan yang sangat menentukan laju pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme. Setiap mikroorganisme memiliki kisaran suhu optimum yang berbeda. Perubahan suhu dapat menyebabkan perubahan kecepatan fermentasi, komposisi komunitas mikroba, pembentukan metabolit, serta karakteristik produk akhir.

Suhu yang terlalu rendah dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme fermentatif sehingga proses berlangsung lebih lama. Sebaliknya, suhu yang terlalu tinggi dapat menghambat atau bahkan menyebabkan kematian mikroorganisme tertentu. Kondisi suhu yang tidak sesuai juga dapat memberikan kesempatan bagi mikroorganisme lain yang tidak diharapkan untuk berkembang. Oleh karena itu, pengendalian suhu menjadi penting terutama pada fermentasi yang menggunakan kultur starter.

Penelitian mengenai fermentasi ikan menunjukkan bahwa suhu fermentasi bervariasi bergantung pada jenis produk, karakteristik bahan baku, serta mikroorganisme atau kultur starter yang digunakan. Penggunaan kultur starter memungkinkan proses fermentasi berlangsung pada suhu yang lebih terkontrol sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang diinginkan serta mempercepat pembentukan karakteristik produk. Li *et al*. (2024) melaporkan bahwa penerapan berbagai kultur starter pada kondisi fermentasi yang berbeda dapat memengaruhi dinamika pH, tekstur, pembentukan asam amino bebas, serta produksi senyawa volatil selama fermentasi produk ikan. Dengan demikian, pengaturan suhu dan pemilihan kultur starter merupakan faktor penting dalam mengendalikan proses fermentasi serta menghasilkan produk dengan karakteristik mutu yang konsisten.

9.5.4 pH dan Keasaman

pH merupakan salah satu indikator penting dalam memantau perkembangan fermentasi. Perubahan pH umumnya berkaitan dengan pembentukan atau konsumsi senyawa asam selama proses. Pada fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat, metabolisme

karbohidrat menghasilkan asam organik yang dapat menyebabkan penurunan pH. Kondisi tersebut dapat membantu menghambat pertumbuhan sejumlah mikroorganisme pembusuk dan patogen.

Nilai pH tidak hanya berperan sebagai indikator proses, tetapi juga menjadi faktor selektif bagi mikroorganisme. Ketika pH berubah selama fermentasi, sebagian mikroorganisme menjadi kurang mampu tumbuh, sedangkan mikroorganisme yang lebih toleran terhadap kondisi tersebut dapat berkembang lebih dominan. Dengan demikian, perubahan pH berhubungan erat dengan suksesi komunitas mikroorganisme selama fermentasi (Belleggia & Osimani, 2023).

Pengendalian pH juga penting dari aspek keamanan pangan. Fermentasi yang tidak mampu menghasilkan kondisi pengasaman yang memadai dapat meningkatkan risiko pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan. Namun, nilai pH yang aman tidak dapat dipandang sebagai satu-satunya indikator keamanan karena keamanan produk fermentasi juga dipengaruhi oleh kadar garam, aktivitas air, suhu, mutu bahan baku, sanitasi, dan lama fermentasi (Chan *et al*., 2023).

9.5.5 Aktivitas Air

Aktivitas air (*water activity*, aw) menunjukkan ketersediaan air yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan dan aktivitas metaboliknya. Dalam fermentasi hasil perikanan, aktivitas air berkaitan erat dengan kadar garam dan kadar air bahan. Penambahan garam dapat menurunkan aktivitas air sehingga membatasi pertumbuhan sebagian mikroorganisme (Barbosa-Cánovas *et al*., 2020).

Penurunan aktivitas air menjadi salah satu mekanisme penting dalam pengawetan produk ikan fermentasi. Namun, mikroorganisme yang berbeda memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghadapi kondisi aktivitas air rendah. Mikroorganisme halotoleran dan halofilik memiliki kemampuan lebih baik untuk bertahan pada kondisi dengan kadar garam tinggi dibandingkan mikroorganisme lainnya. Oleh sebab itu, kombinasi antara kadar garam dan aktivitas air berperan dalam menentukan komunitas mikroorganisme yang berkembang selama fermentasi.

Pengendalian aktivitas air juga berpengaruh terhadap stabilitas produk selama penyimpanan. Produk dengan aktivitas air yang lebih rendah umumnya lebih tahan terhadap pertumbuhan berbagai mikroorganisme pembusuk, meskipun pengendalian tersebut harus tetap mempertimbangkan karakteristik sensoris dan tujuan produk.

9.5.6 Ketersediaan Substrat dan Sumber Karbohidrat

Ketersediaan substrat merupakan faktor penting bagi pertumbuhan mikroorganisme fermentatif. Ikan memiliki kandungan protein yang tinggi tetapi kandungan karbohidrat yang relatif rendah. Kondisi tersebut menjadi salah satu alasan mengapa beberapa proses fermentasi ikan menggunakan bahan tambahan yang mengandung karbohidrat, seperti nasi, beras, serealia, gula, atau sumber karbohidrat lainnya.

Karbohidrat dapat dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat untuk menghasilkan asam organik, terutama asam laktat. Pembentukan asam tersebut dapat membantu menurunkan pH dan mengarahkan proses fermentasi. Dalam produk fermentasi tradisional, sumber karbohidrat juga dapat berasal dari bahan tambahan

yang memang menjadi bagian dari resep dan karakteristik produk.

Ketersediaan substrat tidak hanya menentukan pertumbuhan mikroorganisme, tetapi juga berpengaruh terhadap pembentukan metabolit. Perbedaan jenis dan jumlah substrat dapat menyebabkan perbedaan pola metabolisme dan menghasilkan profil cita rasa serta aroma yang berbeda. Oleh karena itu, formulasi bahan merupakan bagian penting dalam pengembangan produk fermentasi (Maherawati *et al*., 2025).

9.5.7 Lama Fermentasi

Lama fermentasi menentukan sejauh mana aktivitas mikroorganisme dan enzim berlangsung. Pada tahap awal fermentasi, mikroorganisme tertentu mulai memanfaatkan substrat dan menghasilkan metabolit. Selanjutnya, perubahan pH, kadar garam, ketersediaan nutrien, serta akumulasi metabolit menyebabkan perubahan komposisi komunitas mikroba. Proses tersebut berlangsung secara bertahap hingga terbentuk karakteristik produk yang diinginkan.

Fermentasi yang terlalu singkat dapat menyebabkan pembentukan cita rasa, aroma, tekstur, atau karakteristik kimia belum berlangsung secara optimal. Sebaliknya, fermentasi yang terlalu lama dapat menyebabkan perubahan yang berlebihan dan berpotensi menurunkan mutu produk. Karena itu, waktu fermentasi harus ditentukan berdasarkan jenis bahan baku, formulasi, mikroorganisme yang digunakan, suhu, kadar garam, serta karakteristik produk yang ditargetkan.

Pada fermentasi tradisional, lama proses sering kali ditentukan berdasarkan pengalaman pengolah dan karakteristik sensoris produk. Pendekatan tersebut

merupakan bagian dari pengetahuan lokal, tetapi dapat menghasilkan variasi antarprodusen. Penggunaan parameter objektif seperti pH, kadar garam, aktivitas air, dan jumlah mikroorganisme dapat membantu menentukan titik akhir fermentasi secara lebih konsisten.

9.5.8 Kultur Starter

Penggunaan kultur starter merupakan salah satu pendekatan untuk mengendalikan fermentasi. Kultur starter berupa mikroorganisme yang dipilih berdasarkan sifat teknologi tertentu kemudian ditambahkan ke bahan baku dalam jumlah yang sesuai. Tujuannya adalah membantu mikroorganisme yang diinginkan mendominasi proses sehingga fermentasi dapat berlangsung lebih terarah dan menghasilkan karakteristik produk yang lebih konsisten.

Kultur starter yang digunakan pada produk fermentasi ikan harus memiliki karakteristik yang sesuai dengan kondisi proses, termasuk toleransi terhadap garam, kemampuan menghasilkan asam atau metabolit yang diinginkan, kemampuan bertahan pada kondisi bahan, serta keamanan untuk digunakan dalam pangan. Li *et al*. (2024) menunjukkan bahwa berbagai jenis bakteri, khamir, kapang, dan mikroorganisme lainnya telah dikaji sebagai kultur starter untuk meningkatkankonsistensi dan kualitas produk ikan fermentasi.

Pada konteks Indonesia, penggunaan kultur starter juga memiliki peluang untuk mengembangkan produk fermentasi tradisional berbasis mikroorganisme lokal. Kajian terhadap produk fermentasi ikan Indonesia menunjukkan bahwa berbagai produk memiliki komunitas bakteri asam laktat yang khas dan berpotensi

dimanfaatkan dalam pengembangan produk serta pengendalian proses fermentasi (Maherawati *et al*., 2025).

9.5.9 Ketersediaan Oksigen

Ketersediaan oksigen juga dapat memengaruhi komposisi dan aktivitas mikroorganisme selama fermentasi. Mikroorganisme memiliki kebutuhan oksigen yang berbeda; sebagian bersifat aerob, sebagian anaerob, dan sebagian lainnya mampu tumbuh pada kondisi dengan maupun tanpa oksigen. Oleh karena itu, kondisi wadah, tingkat kontak bahan dengan udara, serta metode pengemasan dapat memengaruhi proses fermentasi.

Pada produk tertentu, kondisi oksigen yang terbatas dapat mendukung mikroorganisme yang diharapkan dan menekan pertumbuhan mikroorganisme aerob tertentu. Sebaliknya, masuknya udara secara tidak terkendali dapat meningkatkan peluang pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan, terutama apabila kondisi lainnya juga mendukung. Pengaturan lingkungan fermentasi dengan demikian perlu disesuaikan dengan karakteristik mikroorganisme target dan jenis produk (Belleggia & Osimani, 2023).

9.5.10 Higiene dan Sanitasi

Higiene dan sanitasi merupakan faktor yang tidak dapat dipisahkan dari keberhasilan fermentasi hasil perikanan. Fermentasi yang menggunakan mikroorganisme terkontrol tetap membutuhkan bahan baku, peralatan, wadah, air, dan lingkungan pengolahan yang bersih. Kontaminasi mikroorganisme dari lingkungan dapat mengubah komposisi komunitas mikroba dan menyebabkan pembentukan senyawa yang tidak diinginkan.

Pada fermentasi tradisional, pengendalian sanitasi menjadi lebih penting karena proses sering berlangsung secara spontan. Fermentasi spontan tidak selalu menjamin bahwa mikroorganisme yang tumbuh seluruhnya merupakan mikroorganisme yang menguntungkan. Kajian mengenai keamanan produk fermentasi ikan menekankan pentingnya pengendalian proses, karena fermentasi yang tidak berlangsung pada kondisi yang tepat dapat tetap memiliki risiko mikrobiologis (Chan *et al*., 2023).

Oleh karena itu, penerapan prinsip higiene dan sanitasi harus dimulai dari pemilihan bahan baku, pencucian dan penanganan ikan, kebersihan peralatan, kebersihan pekerja, kualitas air, kebersihan wadah fermentasi, hingga pengemasan dan penyimpanan. Pengendalian tersebut diperlukan agar mikroorganisme yang diharapkan dapat berkembang tanpa persaingan berlebihan dari mikroorganisme kontaminan.

Interaksi Antar Faktor dalam Fermentasi

Faktor-faktor yang memengaruhi fermentasi tidak bekerja secara terpisah, tetapi saling berinteraksi. Perubahan kadar garam, misalnya, dapat memengaruhi aktivitas air dan sekaligus menentukan kelompok mikroorganisme yang mampu tumbuh. Suhu dapat memengaruhi laju pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan pertumbuhan mikroorganisme dapat menyebabkan perubahan pH dan pembentukan metabolit. Perubahan pH selanjutnya dapat mengubah komunitas mikroba dan aktivitas enzim.

Interaksi tersebut menyebabkan setiap produk fermentasi memiliki kondisi proses yang khas. Produk dengan kadar garam tinggi membutuhkan mikroorganisme yang toleran terhadap garam,

sedangkan produk yang mengandalkan fermentasi asam laktat memerlukan kondisi yang mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat. Dengan demikian, tidak terdapat satu kondisi fermentasi yang dapat diterapkan secara universal untuk seluruh produk hasil perikanan.

Dalam pengembangan teknologi fermentasi modern, pengendalian berbagai faktor tersebut menjadi semakin penting. Wang *et al*. (2023) menekankan bahwa pengembangan produk ikan fermentasi masa kini perlu diarahkan pada pemantauan mikrobiota dan pengendalian proses fermentasi secara lebih presisi agar karakteristik rasa, keamanan, dan manfaat produk dapat dipertahankan secara konsisten.

Secara keseluruhan, faktor yang memengaruhi proses fermentasi hasil perikanan meliputi **kualitas bahan baku, konsentrasi garam, suhu, pH, aktivitas air, ketersediaan substrat, lama fermentasi, kultur starter, oksigen, serta higiene dan sanitasi**. Pengendalian faktor-faktor tersebut diperlukan untuk mengarahkan pertumbuhan mikroorganisme yang diinginkan, menghambat mikroorganisme yang tidak diinginkan, serta menghasilkan produk dengan karakteristik sensoris, mutu, dan keamanan yang sesuai. Pemahaman terhadap faktor-faktor tersebut menjadi dasar dalam mengoptimalkan teknologi fermentasi tradisional maupun mengembangkan proses fermentasi yang lebih terkontrol.

9.6 Perubahan Karakteristik dan Nilai Gizi Selama Fermentasi

Proses fermentasi pada hasil perikanan menyebabkan berbagai perubahan fisik, kimia, mikrobiologis, dan sensoris yang secara bersama-sama menentukan karakteristik produk akhir. Perubahan tersebut terutama terjadi akibat aktivitas mikroorganisme dan enzim endogen maupun enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme selama fermentasi. Komponen utama ikan, seperti protein, lipid, air, mineral, dan senyawa nitrogen nonprotein, mengalami transformasi dengan tingkat yang berbeda-beda sesuai dengan jenis bahan baku, kondisi fermentasi, konsentrasi garam, suhu, lama fermentasi, serta mikroorganisme yang terlibat. Dengan demikian, fermentasi tidak hanya berfungsi sebagai metode pengawetan, tetapi juga menghasilkan produk dengan karakteristik dan nilai pangan yang berbeda dari bahan bakunya (Chan *et al*., 2023; Li *et al*., 2024).

9.6.1 Perubahan Karakteristik Fisik

Salah satu perubahan yang mudah diamati selama fermentasi adalah perubahan karakteristik fisik bahan. Tekstur daging ikan dapat mengalami perubahan dari kondisi relatif padat dan kompak menjadi lebih lunak, empuk, atau mudah hancur, bergantung pada jenis produk dan lama fermentasi. Perubahan tersebut terutama berkaitan dengan aktivitas enzim proteolitik yang memecah protein struktural dan jaringan penyusun daging ikan.

Selama fermentasi, struktur protein mengalami hidrolisis menjadi molekul yang lebih sederhana, seperti peptida dan asam amino. Proses tersebut dapat menyebabkan perubahan kemampuan jaringan dalam mengikat air serta perubahan struktur miofibril. Pada tingkat fermentasi tertentu, perubahan tersebut

menghasilkan tekstur yang menjadi karakteristik khas produk. Namun, fermentasi yang berlangsung terlalu lama atau tidak terkendali dapat menyebabkan degradasi jaringan yang berlebihan sehingga tekstur menjadi terlalu lunak dan menurunkan penerimaan konsumen.

Perubahan fisik juga dapat terlihat pada warna produk. Warna ikan dapat berubah selama fermentasi akibat perubahan pigmen, reaksi oksidasi, interaksi antara senyawa hasil degradasi protein dan lipid, serta pengaruh bahan tambahan seperti garam dan rempah. Pada beberapa produk, perubahan warna merupakan bagian dari karakteristik pematangan yang diharapkan, sedangkan perubahan warna yang terlalu gelap atau tidak seragam dapat menunjukkan adanya perubahan mutu yang perlu diperhatikan.

9.6.2 Perubahan Protein dan Senyawa Nitrogen

Protein merupakan salah satu komponen utama yang mengalami perubahan selama fermentasi hasil perikanan. Proses proteolisis berlangsung melalui aktivitas enzim protease yang berasal dari jaringan ikan maupun mikroorganisme. Protein yang berukuran besar dihidrolisis menjadi peptida yang lebih pendek dan selanjutnya dapat menghasilkan asam amino bebas. Proses tersebut merupakan salah satu perubahan biokimia utama yang menentukan karakteristik produk fermentasi (Chan *et al*., 2023).

Pembentukan peptida dan asam amino bebas memiliki peranan penting terhadap cita rasa produk. Sebagian asam amino, seperti glutamat, aspartat, alanin, glisin, dan beberapa asam amino lainnya, dapat memberikan rasa gurih atau umami, manis, maupun rasa khas lainnya. Selain itu, asam amino dapat menjadi

prekursor pembentukan berbagai senyawa volatil melalui reaksi metabolisme mikroorganisme. Oleh karena itu, peningkatan senyawa nitrogen terlarut selama fermentasi tidak hanya berkaitan dengan perubahan nilai kimia, tetapi juga berhubungan dengan pembentukan cita rasa dan aroma.

Namun, degradasi protein juga perlu dikendalikan. Pemecahan protein yang berlebihan dapat menghasilkan senyawa nitrogen tertentu yang berkontribusi terhadap aroma yang kurang menyenangkan. Selain itu, metabolisme asam amino oleh mikroorganisme tertentu dapat menghasilkan senyawa seperti amonia, amina biogenik, dan senyawa volatil lainnya. Oleh karena itu, kondisi fermentasi perlu dikendalikan agar proteolisis berlangsung pada tingkat yang mendukung pembentukan karakteristik produk tanpa menghasilkan senyawa yang tidak diinginkan.

9.6.3 Perubahan Lipid

Lipid juga mengalami perubahan penting selama fermentasi. Dua proses utama yang berhubungan dengan lipid adalah **lipolisis dan oksidasi lipid**. Lipolisis merupakan proses hidrolisis trigliserida dan lipid kompleks menjadi asam lemak bebas serta komponen lainnya. Proses tersebut dapat berlangsung melalui aktivitas lipase endogen dari jaringan ikan maupun lipase yang dihasilkan oleh mikroorganisme.

Asam lemak bebas yang terbentuk kemudian dapat mengalami oksidasi. Oksidasi lipid menghasilkan berbagai senyawa antara dan senyawa volatil, termasuk aldehida, keton, alkohol, ester, dan asam organik. Senyawa-senyawa tersebut dapat memberikan kontribusi terhadap aroma dan cita rasa khas produk fermentasi. Ye *et al*. (2024) menjelaskan bahwa aktivitas

lipase dan lipoksigenase berperan penting dalam metabolisme lipid dan pembentukan senyawa volatil pada produk ikan fermentasi.

Perubahan lipid dapat memberikan efek positif maupun negatif. Pada tingkat tertentu, pembentukan asam lemak bebas dan senyawa turunannya berkontribusi terhadap kompleksitas cita rasa dan aroma. Namun, oksidasi lipid yang berlebihan dapat menghasilkan senyawa yang menyebabkan ketengikan serta menurunkan mutu sensori dan nilai gizi lipid. Kondisi tersebut menjadi semakin penting pada ikan yang kaya akan asam lemak tidak jenuh ganda karena komponen tersebut relatif rentan mengalami oksidasi.

9.6.4 Perubahan pH dan Keasaman

Perubahan pH merupakan salah satu indikator penting selama fermentasi. Pada fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat, metabolisme substrat tertentu dapat menghasilkan asam organik sehingga pH produk mengalami penurunan. Penurunan pH dapat memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim, kestabilan protein, serta karakteristik sensoris produk.

Kondisi asam dapat membantu menghambat pertumbuhan sebagian mikroorganisme pembusuk dan patogen sehingga berkontribusi terhadap pengawetan. Namun, perubahan pH tidak selalu berlangsung dengan pola yang sama pada seluruh produk fermentasi ikan. Produk dengan kadar garam tinggi dan aktivitas mikroorganisme yang berbeda dapat menunjukkan dinamika pH yang berbeda pula. Oleh sebab itu, pH perlu dipahami sebagai salah satu parameter yang saling berkaitan dengan kadar garam, aktivitas air, suhu, dan komunitas mikroorganisme (Chan *et al*., 2023).

Perubahan keasaman juga berkontribusi terhadap karakteristik rasa. Peningkatan asam organik dapat menghasilkan rasa asam atau memberikan keseimbangan terhadap rasa asin dan gurih. Kombinasi antara asam organik, asam amino, peptida, senyawa volatil, dan komponen lain menghasilkan profil cita rasa yang kompleks pada produk fermentasi.

9.6.5 Perubahan Aroma dan Cita Rasa

Aroma dan cita rasa merupakan karakteristik yang sangat menentukan penerimaan produk fermentasi hasil perikanan. Selama fermentasi, berbagai senyawa pembentuk flavor dihasilkan melalui aktivitas mikroorganisme dan enzim terhadap protein, lipid, karbohidrat, serta komponen lainnya. Oleh karena itu, aroma dan cita rasa produk fermentasi umumnya lebih kompleks dibandingkan bahan baku awal.

Protein melalui proses proteolisis menghasilkan peptida dan asam amino yang dapat berkontribusi langsung terhadap rasa atau menjadi prekursor pembentukan senyawa volatil. Sementara itu, metabolisme lipid menghasilkan berbagai senyawa volatil yang berperan dalam aroma. Metabolisme karbohidrat dapat menghasilkan asam organik dan senyawa lainnya yang turut membentuk profil rasa.

Li *et al*. (2024) menjelaskan bahwa profil flavor produk ikan fermentasi merupakan hasil interaksi kompleks antara aktivitas mikroba dan enzim terhadap bahan baku. Komposisi mikroorganisme yang berbeda dapat menghasilkan pola metabolit yang berbeda sehingga produk yang menggunakan bahan baku serupa dapat memiliki karakteristik aroma dan cita rasa yang berbeda.

Dalam produk fermentasi tradisional Indonesia, perbedaan komunitas mikroorganisme, bahan baku, kadar garam, metode pengolahan, dan kondisi lingkungan menjadi salah satu penyebab munculnya keragaman karakteristik produk antardaerah. Prihanto, Umam & Bangun, (2024) menunjukkan bahwa produk fermentasi ikan Indonesia memiliki keragaman mikroorganisme dan karakteristik proses yang berhubungan dengan mutu serta karakteristik produk.

9.6.6 Perubahan Kadar Air dan Aktivitas Air

Kadar air dan aktivitas air juga dapat mengalami perubahan selama fermentasi. Penggunaan garam menyebabkan terjadinya perpindahan air dari jaringan ikan melalui proses osmosis. Akibatnya, kadar air dan aktivitas air bahan dapat menurun. Penurunan aktivitas air menjadi salah satu mekanisme penting dalam menghambat pertumbuhan berbagai mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Perubahan kadar air juga dapat memengaruhi konsentrasi relatif komponen gizi lainnya. Ketika sebagian air keluar dari jaringan bahan, komponen seperti protein, mineral, dan senyawa nitrogen dapat menunjukkan peningkatan konsentrasi secara relatif berdasarkan berat produk. Oleh karena itu, perubahan kadar suatu zat gizi selama fermentasi perlu dibedakan antara perubahan absolut dan perubahan akibat konsentrasi bahan.

Aktivitas air memiliki hubungan erat dengan kadar garam dan kondisi penyimpanan. Produk fermentasi dengan aktivitas air yang lebih rendah umumnya memiliki kestabilan mikrobiologis yang lebih baik, meskipun mikroorganisme halotoleran dan halofilik masih dapat bertahan pada kondisi tersebut. Dengan

demikian, pengendalian aktivitas air menjadi bagian penting dalam menjaga mutu dan keamanan produk.

9.6.7 Perubahan Nilai Gizi Protein

Fermentasi dapat mengubah bentuk dan ketersediaan protein tanpa selalu berarti bahwa jumlah protein total meningkat. Aktivitas proteolitik menyebabkan protein kompleks dipecah menjadi peptida dan asam amino yang lebih sederhana. Perubahan tersebut dapat meningkatkan proporsi nitrogen terlarut dan menghasilkan komponen yang lebih mudah dimanfaatkan dalam proses pencernaan.

Peptida dan asam amino yang terbentuk selama fermentasi juga dapat memiliki aktivitas biologis tertentu. Beberapa penelitian mengenai pangan fermentasi menunjukkan bahwa proses proteolisis dapat menghasilkan peptida bioaktif, meskipun keberadaan dan aktivitasnya sangat bergantung pada jenis bahan baku, mikroorganisme, kondisi fermentasi, serta metode analisis yang digunakan. Oleh karena itu, manfaat fungsional produk fermentasi tidak dapat digeneralisasi untuk seluruh jenis produk.

Kajian Atun *et al*. (2024) terhadap berbagai produk ikan fermentasi di Asia Tenggara menunjukkan bahwa produk tersebut tetap menjadi sumber protein dan asam amino, selain menyediakan lipid, vitamin, dan mineral. Namun, nilai gizi aktual sangat dipengaruhi oleh jenis ikan, formulasi, metode fermentasi, serta bahan tambahan yang digunakan.

9.6.8 Perubahan Vitamin dan Mineral

Komponen vitamin dan mineral juga dapat mengalami perubahan selama fermentasi, meskipun mekanismenya berbeda dengan perubahan protein dan

lipid. Beberapa vitamin dapat mengalami perubahan akibat aktivitas mikroorganisme, kondisi lingkungan, oksidasi, atau proses pengolahan yang menyertai fermentasi. Pada kondisi tertentu, mikroorganisme bahkan dapat menghasilkan atau meningkatkan ketersediaan vitamin tertentu.

Mineral pada dasarnya relatif lebih stabil dibandingkan vitamin karena tidak mengalami degradasi biologis seperti senyawa organik. Namun, proses pengolahan dapat memengaruhi distribusi dan ketersediaan mineral. Produk fermentasi yang menggunakan bagian ikan bertulang atau ikan berukuran kecil yang dikonsumsi secara utuh dapat menjadi sumber mineral seperti kalsium dan fosfor. Chan *et al*. (2023) melaporkan bahwa kalsium dan fosfor merupakan mineral yang menonjol pada sejumlah produk ikan fermentasi, terutama ketika tulang ikut dikonsumsi.

Perlu diperhatikan bahwa perubahan kadar vitamin dan mineral selama fermentasi tidak selalu berarti peningkatan nilai gizi secara mutlak. Perubahan tersebut perlu dievaluasi berdasarkan jenis vitamin atau mineral, kondisi proses, bahan tambahan, serta basis perhitungan yang digunakan. Dengan demikian, penilaian nilai gizi produk fermentasi perlu dilakukan secara komprehensif.

9.6.9 Perubahan Asam Lemak dan Potensi Nilai Fungsional

Ikan merupakan sumber asam lemak tidak jenuh, termasuk kelompok omega-3 seperti EPA (*eicosapentaenoic acid*) dan DHA (*docosahexaenoic acid*). Selama fermentasi, lipid mengalami hidrolisis dan oksidasi sehingga profil asam lemak dan senyawa

turunannya dapat mengalami perubahan. Lipolisis dapat meningkatkan jumlah asam lemak bebas, sedangkan oksidasi dapat mengubah sebagian asam lemak tidak jenuh menjadi berbagai produk oksidasi.

Perubahan tersebut memiliki dua sisi. Di satu sisi, pembentukan asam lemak bebas dan senyawa turunannya dapat mendukung pembentukan cita rasa dan aroma. Di sisi lain, oksidasi berlebihan dapat menurunkan kualitas lipid dan membentuk senyawa oksidasi yang tidak diinginkan. Oleh sebab itu, pengendalian suhu, lama fermentasi, kontak dengan oksigen, kadar garam, dan kondisi penyimpanan sangat penting untuk mempertahankan mutu lipid.

Kajian Ye *et al*. (2024) menegaskan bahwa metabolisme lipid, khususnya hidrolisis dan oksidasi, merupakan bagian penting dalam pembentukan mutu produk ikan fermentasi dan memiliki pengaruh kuat terhadap karakteristik flavor.

9.6.10 Perubahan Senyawa Bioaktif

Selain perubahan komponen gizi utama, fermentasi dapat menyebabkan terbentuknya berbagai metabolit yang berpotensi memberikan karakteristik fungsional. Aktivitas mikroorganisme dapat menghasilkan peptida, asam organik, senyawa antioksidan, dan metabolit lainnya. Beberapa metabolit tersebut dapat berkontribusi terhadap karakteristik produk atau berpotensi memberikan manfaat fisiologis.

Namun, klaim mengenai manfaat kesehatan produk fermentasi perlu dilakukan secara hati-hati. Keberadaan senyawa bioaktif dalam suatu produk tidak secara otomatis menunjukkan bahwa produk tersebut memberikan efek kesehatan tertentu pada manusia. Bukti mengenai aktivitas biologis perlu didukung oleh

penelitian yang sesuai, mulai dari pengujian *in vitro*, *in vivo*, hingga penelitian pada manusia apabila diperlukan.

Dalam konteks pengembangan produk fermentasi hasil perikanan, keberadaan metabolit bioaktif menjadi salah satu peluang penelitian yang menarik. Penggunaan kultur starter yang tepat dapat diarahkan tidak hanya untuk menghasilkan karakteristik sensori yang diinginkan, tetapi juga untuk meningkatkan pembentukan metabolit tertentu yang berpotensi memberikan nilai tambah fungsional (Li *et al*., 2024).

9.6.11 Perubahan Nilai Gizi dan Keamanan Produk

Perubahan nilai gizi selama fermentasi harus selalu dipertimbangkan bersama dengan aspek keamanan pangan. Fermentasi dapat menghasilkan kondisi yang menghambat mikroorganisme tertentu melalui penurunan pH, peningkatan keasaman, penurunan aktivitas air, maupun pembentukan senyawa antimikroba. Namun, fermentasi tidak secara otomatis menjamin bahwa seluruh bahaya biologis telah hilang.

Salah satu perhatian penting pada produk fermentasi ikan adalah pembentukan **amina biogenik** sebagai hasil dekarboksilasi asam amino oleh mikroorganisme tertentu. Histamin merupakan salah satu senyawa yang perlu diperhatikan terutama pada ikan yang rentan terhadap pembentukan histamin. Faktor bahan baku, higiene, suhu, lama penyimpanan, serta komunitas mikroorganisme dapat memengaruhi pembentukan senyawa tersebut. Oleh karena itu, pengendalian fermentasi harus dilakukan secara menyeluruh untuk memperoleh keseimbangan antara perkembangan karakteristik produk dan keamanan pangan (Chan *et al*., 2023).

Dengan demikian, perubahan selama fermentasi tidak selalu dapat dikategorikan sebagai peningkatan atau penurunan nilai gizi secara sederhana. Fermentasi lebih tepat dipandang sebagai proses transformasi komponen pangan. Protein mengalami proteolisis menjadi peptida dan asam amino; lipid mengalami lipolisis dan oksidasi; karbohidrat dapat dimetabolisme menjadi asam organik dan senyawa lainnya; sedangkan komponen vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif dapat mengalami perubahan sesuai kondisi proses.

Secara keseluruhan, fermentasi menghasilkan perubahan karakteristik fisik, kimia, sensoris, dan nilai gizi yang saling berkaitan. Perubahan tersebut menjadi dasar terbentuknya identitas produk fermentasi hasil perikanan, baik pada produk tradisional maupun produk yang dikembangkan dengan teknologi modern. Pengendalian proses yang tepat diperlukan agar perubahan yang terjadi dapat diarahkan menuju karakteristik yang diinginkan, mempertahankan komponen gizi yang bernilai, meningkatkan penerimaan konsumen, serta meminimalkan pembentukan senyawa yang tidak diinginkan. Dengan pendekatan tersebut, fermentasi dapat diposisikan tidak hanya sebagai teknologi pengawetan, tetapi juga sebagai teknologi bioproses untuk menghasilkan produk perikanan dengan nilai tambah dan karakteristik yang khas.

9.7 Jenis Produk Fermentasi Hasil Perikanan

Indonesia memiliki keragaman produk fermentasi hasil perikanan yang sangat luas. Keberagaman tersebut berkaitan erat dengan kondisi geografis, ketersediaan komoditas perikanan, kebiasaan konsumsi, pengetahuan lokal, serta tradisi pengolahan yang diwariskan antargenerasi. Produk fermentasi hasil perikanan dapat dibuat dari ikan air tawar,

ikan laut, udang, maupun hasil perikanan lainnya dengan menggunakan kombinasi garam, sumber karbohidrat, gula, rempah, dan bahan tambahan tertentu. Perbedaan bahan baku dan kondisi fermentasi menghasilkan produk dengan karakteristik rasa, aroma, tekstur, warna, serta daya simpan yang berbeda.

Kajian terbaru mengenai fermentasi ikan di Indonesia menunjukkan sedikitnya 14 jenis produk fermentasi yang telah terdokumentasi dalam berbagai wilayah. Produk tersebut antara lain terasi, bekasam, peda, rusip, bakasang, budu, jambal, chao, wadi, dan inasua. Penelitian mengenai produk-produk tersebut saat ini banyak diarahkan pada karakterisasi mikroorganisme, khususnya bakteri asam laktat, perubahan kimia dan nilai gizi, keamanan pangan, serta pengembangan kultur starter untuk menghasilkan mutu yang lebih konsisten (Prihanto, Umam & Bangun, 2024).

9.7.1 Peda

Peda merupakan salah satu produk fermentasi ikan tradisional Indonesia yang umumnya dibuat menggunakan ikan laut, terutama ikan kembung (*Rastrelliger* spp.). Peda memiliki karakteristik berupa daging yang relatif lunak, rasa asin-gurih, aroma fermentasi yang khas, dan warna yang mengalami perubahan selama proses pematangan. Produk ini umumnya diolah melalui proses penggaraman yang dilanjutkan dengan fermentasi atau pematangan secara spontan.

Pada fermentasi peda, garam memiliki peranan penting dalam mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme. Garam menurunkan aktivitas air dan memberikan tekanan selektif sehingga hanya mikroorganisme yang mampu bertahan pada kondisi tersebut yang dapat berkembang. Proses fermentasi

selanjutnya menghasilkan berbagai perubahan biokimia, terutama pada protein dan lipid, yang berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa dan aroma khas peda.

Peda termasuk produk yang proses fermentasinya secara tradisional berlangsung secara spontan tanpa penambahan kultur starter. Mikroorganisme yang berperan berasal dari bahan baku dan lingkungan pengolahan. Pengendalian kondisi fermentasi menjadi penting karena perubahan kadar garam dan lingkungan dapat memengaruhi perkembangan mikroorganisme serta karakteristik produk akhir. Penelitian Lubis *et al*. (2024) menunjukkan bahwa kadar garam dan pengendalian lingkungan merupakan faktor penting dalam menghasilkan karakteristik organoleptik peda kembung yang sesuai.

Dari perspektif pengolahan hasil perikanan, peda memiliki nilai penting karena mampu mengubah ikan segar menjadi produk dengan daya simpan lebih panjang dan karakteristik sensoris yang khas. Namun, penggunaan garam yang relatif tinggi menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan produk. Oleh karena itu, penelitian mengenai peda saat ini antara lain diarahkan pada pengendalian kadar garam, penggunaan kultur starter, pengendalian lingkungan fermentasi, serta upaya mempertahankan karakteristik tradisional dengan menghasilkan produk yang lebih konsisten.

9.7 .2 Bekasam/ Pakasam

Bekasam atau pakasam merupakan salah satu produk fermentasi ikan tradisional yang banyak dikenal di wilayah Sumatra Selatan dan beberapa daerah lain di Indonesia. Produk ini umumnya dibuat menggunakan ikan air tawar yang dicampur dengan garam dan sumber

karbohidrat, terutama nasi atau beras. Kombinasi ikan, garam, dan sumber karbohidrat tersebut menciptakan kondisi yang mendukung berlangsungnya fermentasi, terutama oleh bakteri asam laktat.

Bekasam memiliki karakteristik rasa asam, asin, dan gurih dengan aroma fermentasi yang khas. Sumber karbohidrat dalam bekasam berperan sebagai substrat bagi mikroorganisme fermentatif, khususnya bakteri asam laktat. Selama fermentasi, mikroorganisme memanfaatkan substrat dan menghasilkan berbagai metabolit, termasuk asam organik yang menyebabkan perubahan pH dan memberikan rasa asam pada produk.

Setiarto dan Herlina (2024) menjelaskan bahwa bekasam merupakan produk fermentasi tradisional Indonesia yang memiliki keterkaitan kuat dengan budaya pangan masyarakat Sumatra Selatan. Proses pembuatannya secara tradisional umumnya berlangsung spontan dan memanfaatkan mikroorganisme yang terdapat pada bahan baku dan lingkungan. Bekasam juga memiliki potensi sebagai bahan penyedap karena menghasilkan cita rasa umami yang berasal dari kombinasi asam amino, peptida, asam organik, dan metabolit lainnya yang terbentuk selama fermentasi.

Perkembangan penelitian mengenai bekasam menunjukkan adanya upaya untuk mengendalikan proses fermentasi melalui penggunaan kultur starter. Desniar *et al*. (2023), misalnya, mengkaji penggunaan *Lactobacillus plantarum* dan *Pediococcus pentosaceus* sebagai starter tunggal maupun campuran pada fermentasi bekasam ikan nila. Penggunaan starter ditujukan untuk menghasilkan perubahan kimia dan mikrobiologis yang lebih terkendali dibandingkan fermentasi spontan.

Penelitian yang lebih baru juga memperlihatkan bahwa bekasam berpotensi dikembangkan sebagai bahan penambah cita rasa. Miftachurrochmah *et al*. (2025) mengevaluasi karakteristik mikrobiologis, kimia, dan sensoris bekasam dengan variasi kadar garam serta sumber karbohidrat. Hasil kajian tersebut memperkuat peluang bekasam untuk dikembangkan tidak hanya sebagai pangan tradisional, tetapi juga sebagai bahan penyedap berbasis hasil perikanan.

Bekasam juga dapat dibuat dari bahan baku selain ikan air tawar. Penelitian Ramadhanti *et al*. (2024), misalnya, mengkaji bekasam berbahan cumi-cumi dan menunjukkan bahwa lama fermentasi memengaruhi karakteristik mutu, jumlah bakteri asam laktat, sifat sensoris, dan senyawa volatil produk. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsep bekasam dapat dikembangkan lebih luas dengan tetap mempertahankan prinsip dasar fermentasinya.

9.7.3 Rusip

Rusip merupakan produk fermentasi tradisional yang berkembang terutama di wilayah Bangka Belitung dan Sumatra bagian selatan. Produk ini umumnya dibuat dari ikan teri atau ikan berukuran kecil yang dicampur dengan garam dan gula, kemudian difermentasi dalam kondisi yang relatif anaerob. Rusip memiliki karakteristik berupa rasa asin, asam, gurih, dan aroma fermentasi yang kuat sehingga umumnya digunakan sebagai lauk atau penyedap dalam makanan.

Proses fermentasi rusip menghasilkan berbagai perubahan biokimia akibat aktivitas mikroorganisme indigenous. Bakteri asam laktat menjadi salah satu kelompok penting yang berperan dalam proses tersebut. Aktivitas mikroorganisme menghasilkan asam organik

dan berbagai metabolit yang memengaruhi pH, cita rasa, aroma, serta karakteristik kimia produk. Komposisi bahan, kadar garam, sumber gula, kondisi anaerob, dan lama fermentasi merupakan faktor yang menentukan perkembangan mikroorganisme dan karakteristik rusip.

Penelitian Kurnianto *et al*. (2024) menunjukkan bahwa rusip ikan teri dibuat menggunakan bahan dasar ikan teri, gula aren, dan garam dengan fermentasi anaerob. Perbedaan lama fermentasi menghasilkan perubahan pada karakteristik fisikokimia, mikrobiologi, dan sensoris produk, sehingga waktu fermentasi menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan mutu rusip.

Perkembangan penelitian rusip semakin menarik dengan digunakannya pendekatan analisis mikrobiologi molekuler dan metagenomik. Penelitian terbaru oleh Massinai, (2026) menunjukkan bahwa fermentasi rusip menyebabkan perubahan signifikan pada komposisi biokimia, termasuk peningkatan keasaman, protein terlarut, total volatile basic nitrogen, serta perubahan komposisi asam amino dan asam lemak. Penelitian tersebut juga menunjukkan adanya perubahan komunitas mikroba selama fermentasi, dengan *Tetragenococcus halophilus* dan *Staphylococcus kushneri* menjadi lebih melimpah pada tahap akhir fermentasi.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa rusip merupakan produk yang menarik tidak hanya dari aspek budaya dan kuliner, tetapi juga dari perspektif teknologi pangan. Pemahaman mengenai dinamika mikroorganisme selama fermentasi dapat digunakan untuk mengembangkan proses yang lebih terkontrol sekaligus mempertahankan karakteristik tradisional produk.

9.7.4 Terasi

Terasi merupakan produk fermentasi hasil perikanan yang sangat dikenal dalam kuliner Indonesia. Berbeda dengan peda, bekasam, dan rusip yang umumnya mempertahankan bentuk ikan sebagai bahan utama, terasi merupakan produk berbentuk pasta yang terutama dibuat dari udang-udang kecil, khususnya kelompok *Acetes*, meskipun pada beberapa daerah dapat digunakan campuran ikan berukuran kecil atau bahan hasil perikanan lainnya.

Terasi memiliki karakteristik aroma yang kuat, rasa gurih dan asin, serta kandungan senyawa pembentuk *umami* yang menjadikannya penting sebagai penyedap makanan. Produk ini banyak digunakan dalam pembuatan sambal, bumbu masakan, dan berbagai makanan tradisional. Dengan demikian, terasi memiliki fungsi tidak hanya sebagai produk pangan, tetapi juga sebagai bahan pembentuk cita rasa dalam sistem kuliner Indonesia.

Proses pembuatan terasi secara tradisional melibatkan beberapa tahap, antara lain pencampuran bahan dengan garam, pengeringan, penggilingan atau penghancuran, fermentasi, serta pembentukan dan pematangan. Kondisi proses dapat berbeda antardaerah dan antarpengolah. Selama fermentasi terjadi aktivitas enzim dan mikroorganisme yang menyebabkan perubahan protein, lipid, dan komponen lainnya. Proteolisis merupakan salah satu proses penting yang menghasilkan peptida dan asam amino sebagai prekursor berbagai senyawa pembentuk rasa dan aroma.

Herlina & Setiarto, (2024) menjelaskan bahwa terasi merupakan produk fermentasi tradisional Indonesia dengan karakteristik sensori yang sangat khas.

Fermentasi terasi berkaitan erat dengan proses proteolisis dan aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme, sehingga menghasilkan senyawa yang berkontribusi terhadap rasa dan aroma. Kajian tersebut juga membahas aspek sejarah, mikrobiologi, proses fermentasi, nilai gizi, bioaktivitas, potensi bahaya, serta prospek pengembangan terasi (Ulfa, Riyadi & Anggo, 2025).

Penelitian Surya *et al*. (2024) menunjukkan bahwa praktik pembuatan terasi secara tradisional memiliki keragaman bahan baku. Meskipun udang kecil merupakan bahan utama, beberapa produsen di Cirebon menggunakan ikan teri sebagai bahan tambahan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa proporsi udang dan ikan dapat memengaruhi karakteristik produk sehingga formulasi bahan menjadi salah satu faktor penting dalam menghasilkan karakteristik terasi.

Perkembangan teknologi juga membuka peluang pemanfaatan hasil samping perikanan untuk produksi terasi. Penelitian yang dipublikasikan pada 2025 menunjukkan bahwa kepala udang *Litopenaeus vannamei* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku terasi bubuk. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa teknologi fermentasi dapat digunakan sebagai salah satu strategi peningkatan nilai tambah hasil samping pengolahan udang sekaligus menghasilkan produk penyedap baru.

9.7.5 Produk Fermentasi Tradisional Lainnya

Selain peda, bekasam, rusip, dan terasi, Indonesia memiliki berbagai produk fermentasi hasil perikanan lain yang berkembang secara spesifik di daerah tertentu. Keberagaman tersebut memperlihatkan bahwa

fermentasi telah menjadi bagian penting dari strategi masyarakat dalam mengawetkan dan memanfaatkan hasil perikanan sekaligus membentuk identitas kuliner lokal.

Salah satu produk tersebut adalah **bakasang**, yang dikenal terutama di wilayah Maluku dan Sulawesi. Bakasang umumnya dibuat dari jeroan atau bagian tertentu dari ikan, terutama ikan yang mengandung lemak, kemudian difermentasi dengan garam. Produk ini memiliki rasa dan aroma khas serta digunakan sebagai penyedap atau bagian dari masakan tradisional. Keberadaan bakasang menunjukkan bahwa fermentasi tidak selalu menggunakan daging ikan sebagai bahan utama, tetapi juga dapat memanfaatkan bagian hasil perikanan yang memiliki nilai ekonomi lebih rendah.

Produk lainnya adalah **wadi**, yang berkembang di Kalimantan dan dibuat dari ikan air tawar dengan penggunaan garam serta bahan tambahan yang mengandung karbohidrat. Fermentasi menghasilkan rasa dan aroma khas yang menjadikan wadi sebagai salah satu pangan tradisional masyarakat setempat.

Budu merupakan produk fermentasi ikan yang dikenal di wilayah Sumatra dan memiliki kemiripan dengan produk saus ikan. Produk ini dibuat melalui fermentasi ikan dengan garam sehingga menghasilkan cairan atau saus dengan rasa asin dan gurih yang dapat digunakan sebagai penyedap. Sementara itu, **inasua** merupakan produk fermentasi ikan yang berkembang di wilayah Maluku dan merupakan bagian dari tradisi pengolahan hasil perikanan masyarakat pesisir.

Produk lain yang juga tercatat dalam literatur adalah **jambal**, **chao**, dan berbagai bentuk ikan fermentasi lokal lainnya. Karakteristik setiap produk dipengaruhi oleh jenis ikan, bahan tambahan, kadar

garam, kondisi fermentasi, lama proses, serta lingkungan produksi. Kajian bibliometrik terbaru menunjukkan bahwa penelitian mengenai produk fermentasi ikan Indonesia mencakup terasi, bekasam, bakasang, budu, peda, jambal, rusip, chao, wadi, dan inasua. Di antara produk tersebut, terasi dan bekasam termasuk yang relatif banyak diteliti, sedangkan beberapa produk lainnya masih memiliki peluang penelitian dan pengembangan yang besar.

Keragaman produk tersebut memperlihatkan bahwa fermentasi hasil perikanan di Indonesia bukan merupakan suatu teknologi tunggal, melainkan kumpulan teknologi tradisional yang berkembang sesuai dengan kondisi lokal. Perbedaan metode penggaraman, sumber karbohidrat, penggunaan gula, kondisi aerob atau anaerob, lama fermentasi, dan bahan baku menghasilkan karakteristik produk yang berbeda. Oleh karena itu, setiap produk perlu dipahami berdasarkan konteks bahan baku dan proses pembuatannya.

Dari perspektif pengembangan teknologi pangan, produk-produk fermentasi tradisional tersebut memiliki peluang besar untuk dikembangkan melalui pendekatan teknologi modern. Penggunaan kultur starter, pengendalian suhu dan waktu, standardisasi kadar garam, pemantauan pH dan aktivitas air, penerapan higiene dan sanitasi, serta pengembangan teknik pengemasan dapat meningkatkan konsistensi dan keamanan produk. Namun demikian, modernisasi proses perlu dilakukan dengan tetap mempertahankan karakteristik sensori dan identitas budaya yang menjadi ciri khas produk.

Tabel 9. 1 Produk Fermentasi dan Sebarannya di 38 Provinsi Indonesia

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
1	Aceh	Budee/Budu	Ikan teri	Fermentasi ikan teri dengan garam; khas Aceh Jaya dan sebagian Aceh Besar.
2	Sumatera Utara	Naniura	Ikan mas	Produk ikan mas khas masyarakat Batak/ Toba yang mengalami proses pengasaman/ fermentasi.
3	Sumatera Barat	Budu	Ikan	Produk fermentasi ikan tradisional Sumatera Barat.
4	Riau	Terasi/Belacan	Udang/ ikan	Produk fermentasi yang banyak berkembang di masyarakat pesisir.
5	Jambi	Pekasam/ Bekasam	Ikan air tawar	Fermentasi ikan dengan garam dan bahan sumber karbohidrat seperti nasi/beras.

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
6	Sumatera Selatan	Bekasam	Ikan air tawar	Salah satu produk fermentasi ikan yang sangat khas Sumatera Selatan.
7	Bengkulu	Bekasam/ Pekasam	Ikan air tawar	Produk fermentasi ikan yang dikenal dalam tradisi masyarakat Sumatra bagian selatan.
8	Lampung	Pekasom/ Bekasam	Ikan teri/ ikan air tawar	Produk fermentasi tradisional Lampung; pekasom dibuat antara lain dari ikan teri, rebung, garam, dan nasi.
9	Kepulauan Bangka Belitung	Rusip	Ikan teri/ bilis	Fermentasi ikan teri dengan garam dan gula aren; merupakan produk khas Bangka Belitung.
10	Kepulauan Riau	Cincalok	Udang kecil	Fermentasi udang kecil dengan garam, dikenal di kawasan Melayu pesisir.

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
11	DKI Jakarta	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi yang menjadi bagian dari tradisi kuliner masyarakat pesisir dan Betawi.
12	Jawa Barat	Peda	Ikan kembung	Ikan kembung yang difermentasi dengan garam; merupakan produk yang sangat dikenal di Jawa Barat.
13	Jawa Tengah	Bekasam/ Bekasem	Ikan air tawar	Produk fermentasi ikan yang juga dikenal dalam tradisi pengolahan ikan di Jawa.
14	DI Yogyakarta	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi berbasis udang/ikan yang digunakan sebagai bumbu kuliner.
15	Jawa Timur	Terasi	Udang/ ikan	Terasi merupakan produk fermentasi yang banyak

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
				diproduksi di wilayah pesisir Jawa Timur, termasuk kawasan Madura.
16	Banten	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi hasil perikanan yang berkembang pada masyarakat pesisir Banten.
17	Bali	Terasi/ Belacan	Udang/ ikan	Produk fermentasi hasil perikanan yang digunakan sebagai bumbu dalam kuliner Bali.
18	Nusa Tenggara Barat	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi hasil perikanan pesisir yang digunakan sebagai bumbu.
19	Nusa Tenggara Timur	Kadoru*)	Ikan gabus	Produk olahan hasil perikanan yang menggabungkan penggaraman, pengasapan dan fermentasi tradisional di Sumba tengah

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
20	Kalimantan Barat	Cincalok/ Bekasam	Udang kecil/ ikan	Cincalok merupakan fermentasi udang khas Sambas, sedangkan bekasam merupakan fermentasi ikan air tawar.
21	Kalimantan Tengah	Wadi	Ikan air tawar	Produk fermentasi ikan khas masyarakat Dayak; menggunakan ikan, garam dan bahan sumber karbohidrat.
22	Kalimantan Selatan	Pakasam/ Bekasam	Ikan air tawar	Produk fermentasi ikan yang sangat dikenal dalam kuliner masyarakat Banjar.
23	Kalimantan Timur	Pekasam	Ikan air tawar	Fermentasi ikan yang memiliki kemiripan dengan wadi/bekasam di wilayah Kalimantan.
24	Kalimantan Utara	Tamba	Ikan air tawar	Produk fermentasi tradisional

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
				masyarakat Dayak Bulusu; ikan difermentasi bersama ubi kayu dan garam.
25	Sulawesi Utara	Bakasang	Jeroan/ ikan cakalang	Produk fermentasi tradisional berbahan jeroan ikan atau ikan kecil dengan garam.
26	Sulawesi Tengah	Bakasang	Ikan/ jeroan ikan	Produk fermentasi yang dikenal dalam tradisi masyarakat pesisir Sulawesi; dapat menggunakan bahan baku ikan dan garam.
27	Sulawesi Selatan	Chao	Ikan tembang	Fermentasi tradisional ikan tembang dengan garam dan nasi; banyak dikaitkan dengan Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep).
28	Sulawesi Tenggara	Terasi	Udang/ikan	Produk fermentasi hasil perikanan pesisir

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
				yang digunakan terutama sebagai bumbu.
29	Gorontalo	Terasi	Udang/ ikan	Fermentasi udang/ikan yang digunakan sebagai bahan penyedap kuliner.
30	Sulawesi Barat	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi hasil perikanan yang berkembang pada masyarakat pesisir.
31	Maluku	Inasua	Ikan laut	Fermentasi ikan tradisional masyarakat Teon, Nila, dan Serua (TNS) di Maluku Tengah; telah ditetapkan sebagai WBTB.
32	Maluku Utara	Bakasang	Jeroan tuna/ cakalang	Fermentasi jeroan ikan dengan garam; sangat dikenal di Ternate dan wilayah Maluku Utara.
33	Papua	Terasi/ Belacan	Udang/ ikan	Produk fermentasi pesisir yang

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
				dapat digunakan sebagai contoh representatif.
34	Papua Barat	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi hasil perikanan masyarakat pesisir.
35	Papua Selatan	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi berbasis hasil perikanan pesisir.
36	Papua Tengah	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi yang dapat dijadikan contoh pengolahan hasil perikanan.
37	Papua Pegunungan	Terasi	Udang/ ikan	Perlu dicatat bahwa wilayah ini bukan wilayah pesisir; contoh produk lebih tepat dipahami sebagai produk yang masuk melalui perdagangan, bukan produk khas lokal.
38	Papua Barat Daya	Terasi	Udang/ ikan	Produk fermentasi hasil perikanan yang

No	Provinsi	Contoh Produk Fermentasi	Bahan Utama	Keterangan Singkat
				relevan untuk wilayah pesisir Papua Barat Daya.

Sumber: Tega, *et al* , (2022); Ningsih *et al*, (2025)

9.7.6 Keragaman dan Potensi Pengembangan Produk Fermentasi Indonesia

Keragaman produk fermentasi hasil perikanan menunjukkan tingginya pengetahuan lokal masyarakat Indonesia dalam memanfaatkan sumber daya perikanan. Setiap produk merupakan hasil interaksi antara bahan baku, mikroorganisme, teknik pengolahan, kondisi lingkungan, serta budaya konsumsi masyarakat. Dengan demikian, produk fermentasi tidak hanya memiliki nilai sebagai pangan, tetapi juga sebagai warisan pengetahuan dan identitas budaya.

Kajian Prihanto, Umam & Bangun, (2024) menunjukkan bahwa penelitian terhadap fermentasi ikan Indonesia saat ini semakin diarahkan pada tiga aspek utama, yaitu keragaman mikroorganisme dan peran bakteri asam laktat, karakteristik kimia serta nilai gizi, dan keamanan pangan. Pengembangan kultur starter, identifikasi senyawa bioaktif, evaluasi keamanan, dan standardisasi proses menjadi beberapa arah pengembangan yang potensial.

Data bibliometrik dari Ulfa *et al*, (2025) yang mencakup publikasi hingga 2024 juga memperlihatkan bahwa penelitian fermentasi ikan Indonesia terus berkembang. Dari 83 publikasi yang teridentifikasi,

produk yang banyak dikaji antara lain terasi, bekasam, bakasang, budu, peda, rusip, jambal, chao, wadi, dan inasua. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi ikan merupakan bidang penelitian yang semakin mendapat perhatian, terutama berkaitan dengan mikrobiologi, karakteristik gizi, keamanan, dan pengembangan produk.

Dengan demikian, produk fermentasi hasil perikanan dapat dipandang sebagai sumber pangan bernilai tambah yang memiliki peluang pengembangan cukup besar. Pengembangan tersebut perlu dilakukan melalui integrasi antara pengetahuan tradisional dan teknologi modern. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan produk yang aman, bermutu, memiliki umur simpan yang baik, diterima konsumen, serta tetap mempertahankan karakteristik khas dan nilai budaya yang melekat pada masing-masing produk.

9.8 Olahan Tradisional Hasil Perikanan

Olahan tradisional hasil perikanan merupakan bagian penting dari kekayaan pangan dan budaya masyarakat pesisir maupun masyarakat yang tinggal di wilayah yang memiliki akses terhadap sumber daya perikanan. Pengolahan secara tradisional berkembang sebagai bentuk adaptasi masyarakat dalam mempertahankan mutu, memperpanjang daya simpan, meningkatkan nilai guna, serta menghasilkan produk dengan cita rasa yang sesuai dengan preferensi lokal. Berbagai teknik seperti pengeringan, penggaraman, pengasapan, pemindangan, perebusan, dan pengolahan menjadi produk siap konsumsi telah diwariskan secara turun-temurun dan menjadi bagian dari pengetahuan lokal masyarakat. Keberadaan teknik tersebut menunjukkan bahwa pengolahan hasil perikanan tidak hanya berkaitan dengan aspek teknologi

pangan, tetapi juga memiliki keterkaitan erat dengan kondisi lingkungan, ketersediaan bahan baku, kebiasaan konsumsi, serta identitas budaya suatu daerah (Wardono *et al*., 2020).

Perkembangan olahan tradisional hasil perikanan juga tidak terlepas dari tingginya keragaman jenis ikan dan hasil perairan yang tersedia di Indonesia. Setiap wilayah memiliki karakteristik bahan baku dan teknik pengolahan yang berbeda sehingga menghasilkan produk dengan bentuk, tekstur, rasa, aroma, dan daya simpan yang beragam. Beberapa produk bahkan memiliki nilai ekonomi dan identitas geografis yang kuat karena menjadi bagian dari kuliner khas suatu daerah. Dalam konteks pengolahan hasil perikanan modern, produk tradisional memiliki potensi untuk dikembangkan melalui penerapan teknologi yang lebih terkontrol tanpa menghilangkan karakteristik khasnya. Standardisasi proses, peningkatan higiene dan sanitasi, perbaikan pengemasan, pengendalian mutu, serta inovasi formulasi dapat dilakukan untuk meningkatkan keamanan, mutu, daya saing, dan nilai tambah produk (Suseno *et al*., 2025).

Dengan demikian, olahan tradisional hasil perikanan perlu dipandang sebagai sumber daya pangan yang memiliki nilai ekonomi, sosial, budaya, dan teknologi. Pelestarian pengetahuan tradisional yang dipadukan dengan inovasi teknologi pengolahan dapat menjadi strategi penting dalam meningkatkan pemanfaatan hasil perikanan secara berkelanjutan. Pendekatan tersebut tidak hanya mempertahankan keberadaan pangan tradisional sebagai bagian dari warisan budaya, tetapi juga membuka peluang pengembangan produk yang mampu memenuhi tuntutan konsumen modern terhadap pangan yang aman, bermutu,

praktis, dan memiliki karakteristik khas (Setiarto & Herlina, 2024).

9.9 Karakteristik Olahan Tradisional

Olahan tradisional hasil perikanan memiliki karakteristik yang terbentuk dari interaksi antara jenis bahan baku, teknik pengolahan, kondisi lingkungan, pengetahuan lokal, serta kebiasaan konsumsi masyarakat. Produk-produk tersebut pada umumnya dikembangkan berdasarkan pengalaman masyarakat dalam memanfaatkan hasil perikanan yang tersedia di lingkungannya. Oleh karena itu, karakteristik olahan tradisional tidak hanya ditentukan oleh sifat fisik dan kimia produk, tetapi juga mencerminkan teknologi lokal dan identitas budaya masyarakat yang menghasilkannya.

Salah satu karakteristik utama olahan tradisional hasil perikanan adalah keragaman bahan baku. Ikan laut, ikan air tawar, udang, cumi-cumi, kerang, dan berbagai hasil perairan lainnya dapat digunakan sebagai bahan baku. Pemilihan bahan biasanya disesuaikan dengan ketersediaan sumber daya perikanan setempat, musim penangkapan, harga, serta kebiasaan konsumsi. Perbedaan jenis dan karakteristik bahan baku akan menghasilkan perbedaan komposisi gizi, tekstur, rasa, aroma, dan daya simpan produk. Ikan yang memiliki kandungan lemak tinggi, misalnya, akan memiliki karakteristik yang berbeda ketika diolah melalui pengasapan atau pengeringan dibandingkan dengan ikan yang memiliki kadar lemak lebih rendah.

Karakteristik berikutnya adalah penggunaan teknik pengolahan yang relatif sederhana dan berbasis pengetahuan lokal. Berbagai metode seperti penggaraman, pengeringan, pengasapan, pemindangan, perebusan, pengukusan, dan kombinasi beberapa metode telah digunakan secara turun-

temurun. Teknik tersebut pada awalnya dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan penyimpanan dan mempertahankan hasil tangkapan ketika jumlah ikan melimpah. Meskipun sederhana, prinsip dasar yang digunakan sebenarnya memiliki landasan ilmiah, misalnya pengurangan kadar air melalui pengeringan, penurunan aktivitas air melalui penggaraman, atau penghambatan pertumbuhan mikroorganisme melalui pemanasan dan pengasapan.

Karakteristik sensoris merupakan salah satu keunggulan utama produk tradisional. Setiap metode pengolahan menghasilkan karakteristik warna, aroma, rasa, dan tekstur yang khas. Pengasapan, misalnya, memberikan aroma dan warna khas akibat paparan asap serta proses pengeringan selama pengolahan. Penggaraman menghasilkan rasa asin sekaligus perubahan tekstur akibat perpindahan air dan garam ke dalam jaringan ikan. Sementara itu, pemindangan menghasilkan produk dengan tekstur yang relatif lunak dan cita rasa khas akibat kombinasi perlakuan panas dan penggunaan garam. Karakteristik tersebut sering kali menjadi identitas produk dan menjadi alasan konsumen tetap mempertahankan preferensi terhadap pangan tradisional.

Olahan tradisional juga umumnya memiliki variasi proses yang cukup tinggi. Proses produksi dapat berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya, bahkan antara satu pengolah dengan pengolah lainnya. Perbedaan tersebut dapat berupa jumlah garam, lama pengeringan, jenis bahan bakar untuk pengasapan, suhu pemasakan, lama pemanasan, ukuran bahan, hingga kondisi penyimpanan. Variasi proses tersebut merupakan bagian dari kekayaan pengetahuan lokal, tetapi pada saat yang sama dapat menyebabkan ketidakseragaman mutu produk. Oleh karena itu, dokumentasi dan standardisasi parameter penting diperlukan apabila produk tradisional akan dikembangkan untuk pasar yang lebih luas.

Dari aspek mutu dan keamanan pangan, olahan tradisional memiliki karakteristik yang sangat bergantung pada kualitas bahan baku dan kondisi pengolahan. Bahan baku yang segar akan menghasilkan produk dengan mutu yang lebih baik dibandingkan bahan baku yang telah mengalami penurunan mutu. Penanganan ikan sejak penangkapan, transportasi, penerimaan, pencucian, hingga proses pengolahan menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas akhir. Selain itu, kebersihan peralatan, air, lingkungan produksi, serta higiene pekerja perlu diperhatikan untuk mencegah kontaminasi mikroorganisme dan bahan berbahaya.

Pada beberapa produk tradisional, kadar air dan aktivitas air menjadi parameter penting yang menentukan daya simpan. Produk yang mengalami pengeringan atau penggaraman umumnya memiliki aktivitas air yang lebih rendah sehingga pertumbuhan sebagian mikroorganisme dapat ditekan. Namun, pengurangan kadar air yang tidak terkendali dapat menyebabkan perubahan tekstur dan penurunan penerimaan konsumen. Sebaliknya, kadar air yang terlalu tinggi dapat mempercepat kerusakan mikrobiologis dan kimiawi. Oleh karena itu, keseimbangan antara daya simpan dan karakteristik sensoris menjadi salah satu aspek penting dalam pengolahan tradisional (Sengar *et al*, 2025).

Karakteristik olahan tradisional juga berkaitan dengan nilai gizi dan perubahan komponen pangan selama pengolahan. Ikan pada dasarnya merupakan sumber protein berkualitas tinggi, asam lemak, vitamin, dan mineral. Namun, proses pengolahan dapat menyebabkan perubahan pada komponen tersebut. Pemanasan yang terlalu tinggi atau terlalu lama berpotensi menyebabkan perubahan protein dan kehilangan sebagian vitamin yang sensitif terhadap panas. Pengeringan dapat menyebabkan konsentrasi relatif protein dan mineral meningkat akibat berkurangnya kadar air,

sedangkan penggaraman dapat meningkatkan kandungan natrium produk. Dengan demikian, karakteristik gizi produk tradisional perlu dipertimbangkan bersama dengan metode pengolahannya.

Selain karakteristik teknis, olahan tradisional memiliki nilai sosial dan budaya yang kuat. Produk tertentu tidak hanya dikonsumsi sebagai sumber pangan, tetapi juga digunakan dalam kegiatan sosial, upacara adat, perayaan, atau menjadi bagian dari identitas kuliner daerah. Pengetahuan mengenai pemilihan bahan baku, teknik pengolahan, penggunaan bahan tambahan, hingga penentuan tingkat kematangan sering kali diwariskan secara turun-temurun. Hal tersebut menjadikan olahan tradisional sebagai bagian dari *food heritage* yang memiliki nilai lebih luas dibandingkan sekadar produk pangan.

Dalam perkembangannya, karakteristik tradisional perlu dipertahankan sekaligus disesuaikan dengan tuntutan keamanan dan mutu pangan modern. Upaya pengembangan dapat dilakukan melalui penerapan prinsip higiene dan sanitasi, pengendalian suhu dan waktu, penggunaan peralatan yang lebih higienis, standardisasi formulasi, pengemasan yang sesuai, serta penerapan sistem pengendalian mutu. Modernisasi tersebut sebaiknya tidak menghilangkan karakteristik sensoris dan identitas produk yang menjadi keunggulan utamanya.

Dengan demikian, karakteristik olahan tradisional hasil perikanan dapat dilihat dari beberapa aspek utama, yaitu jenis dan kualitas bahan baku, teknik pengolahan, karakteristik fisikokimia, sifat sensoris, daya simpan, nilai gizi, keamanan pangan, serta nilai sosial dan budaya. Keragaman karakteristik tersebut merupakan kekayaan teknologi pangan lokal yang perlu didokumentasikan, dilestarikan, dan dikembangkan. Integrasi antara pengetahuan tradisional dan teknologi modern dapat

menghasilkan produk olahan hasil perikanan yang tetap memiliki identitas lokal, tetapi mampu memenuhi persyaratan mutu, keamanan, efisiensi, dan kebutuhan konsumen masa kini.

9.10 Jenis dan Teknik Pengolahan Tradisional

Pengolahan tradisional hasil perikanan berkembang sebagai bentuk adaptasi masyarakat dalam mempertahankan mutu dan memperpanjang daya simpan ikan yang memiliki sifat mudah mengalami kerusakan. Keterbatasan fasilitas pendinginan pada masa lalu mendorong masyarakat mengembangkan berbagai teknik sederhana yang memanfaatkan prinsip pengurangan kadar air, penggunaan garam, pemanasan, pengasapan, dan aktivitas mikroorganisme. Sampai saat ini, teknik tersebut masih banyak digunakan karena relatif sederhana, membutuhkan investasi yang rendah, serta mampu menghasilkan produk dengan karakteristik rasa, aroma, tekstur, dan daya simpan yang khas. Teknik pengolahan tradisional yang banyak ditemukan antara lain penggaraman, pengeringan, pengasapan, pemindangan, dan fermentasi.

Meskipun menggunakan teknologi yang relatif sederhana, setiap metode memiliki prinsip ilmiah yang mendasari keberhasilannya. Penggaraman dan pengeringan terutama bekerja dengan menurunkan ketersediaan air bagi mikroorganisme, pengasapan mengombinasikan pemanasan, pengeringan, dan paparan komponen asap, sedangkan pemindangan mengandalkan perlakuan panas dan garam. Fermentasi memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan perubahan kimia dan sensoris serta dapat meningkatkan daya simpan produk. Oleh karena itu, pengolahan tradisional dapat dipahami sebagai bentuk penerapan teknologi pangan yang berkembang berdasarkan

pengalaman empiris masyarakat dan disesuaikan dengan kondisi bahan baku serta lingkungan setempat.

9.10.1 Penggaraman

Penggaraman merupakan salah satu metode pengawetan hasil perikanan yang paling tua dan masih banyak digunakan sampai saat ini. Prinsip utama penggaraman adalah memasukkan garam ke dalam jaringan ikan dan mengurangi ketersediaan air melalui proses osmosis. Penurunan aktivitas air menyebabkan kondisi lingkungan menjadi kurang sesuai bagi pertumbuhan berbagai mikroorganisme pembusuk. Pada saat yang sama, garam dapat menyebabkan perubahan pada sifat fisik jaringan, cita rasa, dan karakteristik produk. FAO menjelaskan bahwa penggaraman tradisional umumnya dilakukan dengan metode garam kering (*dry salting*) atau perendaman dalam larutan garam (*brining*), dan kedua metode tersebut dapat diterapkan pada ikan laut maupun ikan air tawar (Turan & Erkoyuncu, 2012).

Pada metode penggaraman kering, garam ditaburkan atau dilumurkan secara langsung pada permukaan ikan. Garam kemudian berdifusi secara bertahap ke dalam jaringan, sementara sebagian air keluar dari jaringan akibat perbedaan tekanan osmotik. Pada metode penggaraman basah, ikan direndam dalam larutan garam dengan konsentrasi tertentu. Kecepatan penetrasi garam dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran dan ketebalan ikan, kadar lemak, kesegaran bahan baku, suhu, konsentrasi garam, serta lama proses penggaraman.

Penggaraman sering dikombinasikan dengan teknik pengeringan. Kombinasi kedua metode tersebut dapat meningkatkan efektivitas pengawetan karena garam

menurunkan aktivitas air, sedangkan pengeringan mengurangi kadar air bahan secara lebih lanjut. Produk yang dihasilkan dapat berupa ikan asin, ikan asin kering, atau berbagai produk tradisional lain yang menggunakan garam sebagai tahap awal pengolahan. Dalam praktiknya, jumlah garam perlu dikendalikan karena kadar garam yang terlalu rendah dapat mengurangi efektivitas pengawetan, sedangkan kadar garam yang terlalu tinggi dapat menurunkan penerimaan konsumen dan meningkatkan asupan natrium.

Selain konsentrasi garam, kualitas bahan baku dan higiene selama pengolahan merupakan faktor penting. Penggaraman tidak dapat mengembalikan mutu ikan yang telah mengalami kerusakan sebelum proses. Penanganan ikan yang terlalu lama pada suhu yang tidak terkendali dapat memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme pembentuk senyawa yang tidak diinginkan sebelum garam mencapai jaringan bagian dalam. Oleh karena itu, penggunaan bahan baku segar dan penerapan praktik higiene yang baik merupakan bagian integral dari teknologi penggaraman.

9.10.2 Pengeringan

Pengeringan merupakan teknik pengawetan yang dilakukan dengan mengurangi kadar air bahan melalui penguapan. Pada pengeringan ikan, air bergerak dari bagian dalam jaringan menuju permukaan dan kemudian menguap ke lingkungan. Kecepatan proses dipengaruhi oleh suhu, kelembapan relatif, pergerakan udara, luas permukaan ikan, ukuran bahan, serta karakteristik jaringan ikan. Pengeringan secara tradisional umumnya dilakukan dengan memanfaatkan energi matahari karena murah dan mudah diterapkan,

khususnya pada wilayah pesisir dan daerah dengan intensitas sinar matahari yang tinggi.

Pengurangan kadar air menyebabkan aktivitas air bahan menurun sehingga pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dapat dihambat. Selain itu, aktivitas sejumlah enzim yang berperan dalam kerusakan bahan juga dapat ditekan. Oleh karena itu, pengeringan dapat memperpanjang umur simpan ikan tanpa memerlukan sistem pendinginan. Dalam praktik tradisional, ikan dapat dikeringkan dalam bentuk utuh, dibelah, difilet, atau dipotong menjadi bagian yang lebih kecil untuk mempercepat pelepasan air.

Meskipun sederhana, pengeringan secara terbuka memiliki beberapa kelemahan. Produk dapat terpapar debu, serangga, hewan, mikroorganisme dari lingkungan, serta perubahan cuaca. Pengeringan yang tidak merata juga dapat menyebabkan bagian tertentu masih memiliki kadar air yang relatif tinggi sehingga berpotensi mengalami kerusakan selama penyimpanan. FAO menekankan bahwa kualitas bahan baku, praktik penanganan, dan teknik pengeringan merupakan faktor penting dalam mengurangi kehilangan dan kerusakan produk ikan kering.

Perkembangan teknologi pengeringan memungkinkan metode tradisional tersebut ditingkatkan melalui penggunaan rak pengering yang lebih higienis, pengering surya, pengering mekanis, atau kombinasi antara energi matahari dan sumber panas lainnya. Modernisasi tersebut dapat memperbaiki efisiensi dan konsistensi proses tanpa harus menghilangkan karakteristik produk tradisional.

9.10.3 Pengasapan

Pengasapan merupakan teknik pengolahan yang mengombinasikan perlakuan panas dan paparan asap yang berasal dari pembakaran atau pembaraan bahan bakar tertentu. Dalam pengolahan ikan tradisional, asap tidak hanya berfungsi memberikan aroma dan warna khas, tetapi juga berkontribusi terhadap proses pengeringan. FAO mengategorikan pengasapan ikan tradisional sebagai proses *heat drying*, yaitu pengeringan dengan bantuan panas yang umumnya berasal dari pembakaran kayu (Kitts *et al*., 2022).

Selama pengasapan, ikan mengalami kehilangan air sehingga kadar air dan aktivitas airnya dapat menurun. Pada saat yang sama, komponen tertentu dari asap dapat menempel pada permukaan ikan dan memberikan karakteristik warna, aroma, serta cita rasa khas. Jenis bahan bakar, karakteristik asap, suhu, jarak ikan terhadap sumber panas, sirkulasi udara, dan lama pengasapan dapat memengaruhi karakteristik produk akhir. FAO mencatat bahwa jenis kayu dan durasi pengasapan merupakan faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik produk ikan asap.

Dalam praktik tradisional, pengasapan dapat dilakukan dengan menempatkan ikan di atas atau di sekitar sumber asap. Ikan dapat diasapi dalam keadaan utuh, dibelah, atau dipotong menjadi bagian tertentu. Perbedaan desain tungku, bahan bakar, dan kondisi lingkungan menyebabkan karakteristik ikan asap antardaerah dapat berbeda. Hal tersebut merupakan salah satu aspek yang membentuk keragaman pangan tradisional hasil perikanan.

Namun, pengasapan perlu dikendalikan dengan baik. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan permukaan produk terlalu cepat kering atau mengalami

perubahan warna dan tekstur yang berlebihan. Sebaliknya, proses yang tidak memadai dapat menghasilkan produk dengan kadar air tinggi dan daya simpan yang rendah. Selain itu, penggunaan bahan bakar dan kondisi pembakaran perlu diperhatikan untuk mengendalikan pembentukan senyawa yang tidak diinginkan (Banicod *et al*., 2026). Oleh karena itu, peningkatan desain tungku, pengaturan suhu dan waktu, serta penggunaan bahan bakar yang sesuai merupakan bagian penting dalam modernisasi pengasapan tradisional.

9.10.4 Pemindangan

Pemindangan merupakan salah satu teknik pengolahan ikan tradisional yang sangat dikenal di Indonesia. Prinsip dasarnya adalah memberikan perlakuan panas terhadap ikan melalui perebusan atau pemasakan dalam larutan yang mengandung garam. Proses tersebut menghasilkan ikan dengan karakteristik tekstur, rasa, warna, dan aroma yang khas. Pemindangan juga dapat memperpanjang daya simpan dibandingkan ikan segar karena kombinasi perlakuan panas dan garam dapat menghambat sebagian mikroorganisme serta memperlambat proses kerusakan.

Bahan baku pindang umumnya berasal dari ikan yang relatif mudah mengalami kerusakan, termasuk kelompok ikan pelagis seperti tongkol, kembung, dan layang. Ikan biasanya disortasi, dicuci, kemudian diberi garam dan dimasak dengan metode yang sesuai dengan tipe pindang yang diproduksi. Perbedaan konsentrasi garam, cara penyusunan ikan, jumlah air, jenis wadah, suhu, dan lama pemasakan menghasilkan beberapa variasi produk pindang.

Meskipun proses pemindangan melibatkan pemanasan, kualitas bahan baku tetap menjadi faktor utama. Hal ini terutama penting pada ikan dari kelompok Scombridae yang memiliki kandungan histidin tinggi. Apabila ikan mengalami penanganan yang buruk sebelum pemasakan, histamin dapat terbentuk dan tidak selalu dapat dihilangkan melalui proses pemanasan. Penelitian Rachmawati *et al*. (2025) pada produksi pindang di Palabuhanratu menunjukkan bahwa mutu bahan baku dan praktik penanganan sangat berpengaruh terhadap kadar histamin. Penggunaan ikan segar menghasilkan kadar histamin yang lebih rendah dibandingkan ikan beku yang mengalami penanganan pencairan yang tidak terkendali.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa keamanan pindang tidak hanya ditentukan oleh proses pemasakan, tetapi harus dikendalikan sejak penerimaan bahan baku. Pengendalian suhu, waktu penanganan, pencairan ikan beku, kebersihan peralatan, dan kondisi penyimpanan merupakan bagian penting dari pengolahan pindang yang aman. Dengan demikian, teknologi pemindangan tradisional dapat ditingkatkan melalui penerapan prinsip higiene, sanitasi, dan pengendalian titik kritis tanpa menghilangkan karakteristik tradisional produk.

9.10.5 Fermentasi

Fermentasi merupakan teknik pengolahan hasil perikanan yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menghasilkan perubahan yang diinginkan pada bahan pangan. Berbeda dengan penggaraman, pengeringan, dan pemindangan yang terutama mengandalkan pengurangan air atau perlakuan panas, fermentasi melibatkan proses biologis yang menghasilkan metabolit tertentu. Aktivitas mikroorganisme dapat menyebabkan perubahan

protein, lipid, karbohidrat, pH, aroma, rasa, tekstur, serta karakteristik kimia lainnya.

Fermentasi ikan secara tradisional umumnya berlangsung secara spontan, yaitu tanpa penambahan kultur starter yang telah ditentukan. Mikroorganisme yang berperan dapat berasal dari bahan baku, bahan tambahan, peralatan, lingkungan, dan wadah fermentasi. Bakteri asam laktat merupakan salah satu kelompok mikroorganisme penting pada berbagai produk fermentasi ikan Indonesia. Kajian Prihanto, Umam & Bangun, (2024) terhadap 14 produk fermentasi ikan Indonesia menunjukkan adanya keragaman bakteri asam laktat serta perbedaan peran mikroorganisme dalam pembentukan mutu produk.

Produk fermentasi tradisional Indonesia antara lain peda, bekasam, rusip, terasi, bakasang, wadi, budu, inasua, dan berbagai produk lokal lainnya. Setiap produk memiliki bahan baku, formulasi, kadar garam, lama fermentasi, kondisi lingkungan, serta komunitas mikroorganisme yang berbeda. Bekasam, misalnya, menggunakan ikan dan sumber karbohidrat sehingga fermentasi dapat menghasilkan asam organik yang memberikan karakteristik rasa asam. Kajian Setiarto dan Herlina (2024) menunjukkan bahwa bekasam merupakan produk fermentasi tradisional yang memiliki hubungan kuat dengan pengetahuan lokal masyarakat Sumatra Selatan.

Fermentasi juga dapat meningkatkan nilai tambah hasil perikanan melalui pembentukan karakteristik rasa dan aroma yang khas. Aktivitas enzim mikroorganisme menyebabkan protein mengalami hidrolisis menjadi peptida dan asam amino, sedangkan lipid dapat mengalami hidrolisis dan oksidasi. Metabolit yang terbentuk selama proses tersebut berkontribusi

terhadap kompleksitas cita rasa dan aroma produk. Dengan demikian, fermentasi tidak hanya berfungsi sebagai metode pengawetan, tetapi juga sebagai teknologi bioproses yang menghasilkan karakteristik sensori dan kimia yang berbeda dari bahan baku.

Meskipun demikian, fermentasi tradisional memiliki tingkat variasi yang relatif tinggi karena kondisi proses sering kali ditentukan berdasarkan pengalaman pengolah. Perbedaan suhu, kadar garam, lama fermentasi, kualitas bahan baku, dan kondisi sanitasi dapat menyebabkan perbedaan mutu antarproduk. Oleh karena itu, pengembangan fermentasi tradisional perlu diarahkan pada pengendalian parameter proses, penggunaan kultur starter yang sesuai, serta pemantauan pH, kadar garam, aktivitas air, dan karakteristik mikrobiologis.

9.10.6 Kombinasi Teknik Pengolahan Tradisional

Dalam praktiknya, metode pengolahan tradisional tidak selalu digunakan secara tunggal. Kombinasi beberapa teknik sering diterapkan untuk memperoleh daya simpan dan karakteristik produk yang lebih baik. Penggaraman, misalnya, sering dikombinasikan dengan pengeringan. Garam membantu mengurangi aktivitas air dan menghambat mikroorganisme, sedangkan pengeringan mengurangi kadar air lebih lanjut. Pengasapan juga pada dasarnya merupakan kombinasi antara pemanasan dan pengeringan dengan paparan komponen asap.

Kombinasi metode tersebut menunjukkan bahwa teknologi tradisional sebenarnya telah menerapkan konsep *hurdle technology*, yaitu penggunaan beberapa faktor pengawetan secara bersamaan untuk menghambat kerusakan. Dalam pengembangan produk

tradisional, prinsip ini dapat dipertahankan dan diperkuat dengan teknologi modern, misalnya melalui pengendalian suhu, penggunaan alat pengering yang lebih higienis, pengemasan yang tepat, atau pengendalian kondisi fermentasi (Ningsih *et al*., 2025).

9.10.7 Pengembangan Teknologi Tradisional

Teknik pengolahan tradisional memiliki keunggulan berupa kesederhanaan, biaya relatif rendah, penggunaan bahan dan peralatan yang tersedia secara lokal, serta kemampuan menghasilkan produk dengan identitas sensoris dan budaya yang kuat. Namun, beberapa metode masih menghadapi tantangan berupa variasi mutu, ketergantungan pada kondisi cuaca, keterbatasan pengendalian suhu dan waktu, risiko kontaminasi, serta ketidakseragaman karakteristik produk.

FAO menekankan bahwa peningkatan fasilitas, praktik higiene, pengendalian mutu bahan baku, pengemasan, penyimpanan, dan penerapan teknologi yang sesuai dapat membantu mengurangi kehilangan hasil dan meningkatkan mutu produk olahan tradisional.

Dengan demikian, pengembangan teknologi tradisional tidak harus berarti mengganti seluruh metode yang telah diwariskan masyarakat. Pendekatan yang lebih tepat adalah mempertahankan prinsip dan karakteristik utama produk, kemudian memperbaiki bagian proses yang berhubungan dengan keamanan, efisiensi, konsistensi, dan daya simpan. Integrasi antara pengetahuan tradisional dan teknologi modern dapat menghasilkan produk hasil perikanan yang tetap memiliki identitas lokal, tetapi memenuhi tuntutan mutu dan keamanan pangan modern.

Secara keseluruhan, penggaraman, pengeringan, pengasapan, pemindangan, dan fermentasi merupakan teknik penting dalam pengolahan tradisional hasil perikanan. Masing-masing teknik memiliki prinsip kerja, keunggulan, keterbatasan, dan karakteristik produk yang berbeda. Pemahaman terhadap prinsip setiap teknik menjadi dasar untuk meningkatkan mutu dan keamanan produk sekaligus mempertahankan nilai tradisionalnya. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada standardisasi proses, pengendalian parameter kritis, penerapan higiene dan sanitasi, perbaikan peralatan, serta pengembangan kemasan dan sistem penyimpanan yang sesuai.

9.11 Contoh Produk Olahan Tradisional Hasil Perikanan

Indonesia memiliki keragaman produk olahan tradisional hasil perikanan yang berkembang sesuai dengan ketersediaan sumber daya perikanan, kondisi geografis, kebiasaan konsumsi, serta pengetahuan lokal masyarakat. Produk-produk tersebut umumnya dikembangkan sebagai upaya untuk memperpanjang daya simpan ikan, meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomi, serta menghasilkan karakteristik cita rasa yang khas. Teknik yang digunakan meliputi penggaraman, pengeringan, pengasapan, pemindangan, perebusan, dan kombinasi beberapa teknik pengolahan. Keragaman tersebut dapat ditemukan hampir di seluruh wilayah Indonesia dengan karakteristik produk yang berbeda-beda. Penelitian Noya *et al*. (2024), misalnya, menunjukkan adanya berbagai produk olahan ikan tradisional di Maluku, antara lain cakalang asar/asap, cakalang Banda, ikan julung kering, ikan lalosi asin, dan ikan teri asin kering.

Keberadaan produk tradisional tersebut menunjukkan bahwa teknologi pengolahan hasil perikanan telah berkembang dalam masyarakat jauh sebelum penerapan teknologi pengolahan pangan modern. Pengetahuan mengenai pemilihan jenis ikan, penanganan bahan baku, penggunaan garam, teknik pengeringan atau pengasapan, lama pemasakan, serta penyimpanan diperoleh melalui pengalaman dan diwariskan antargenerasi. Meskipun prosesnya relatif sederhana, produk yang dihasilkan memiliki karakteristik sensoris yang menjadi identitas daerah. Oleh karena itu, produk tradisional tidak hanya memiliki nilai sebagai pangan, tetapi juga memiliki nilai ekonomi, sosial, dan budaya.

9.11.1 Ikan Asin

Ikan asin merupakan salah satu produk olahan tradisional yang paling luas dikenal dan dikonsumsi masyarakat Indonesia. Produk ini dibuat melalui kombinasi penggaraman dan, pada umumnya, pengeringan. Berbagai jenis ikan dapat digunakan sebagai bahan baku, mulai dari ikan pelagis berukuran kecil seperti teri dan tembang hingga ikan berukuran lebih besar seperti manyung, tenggiri, atau jenis ikan demersal lainnya. Pemilihan bahan baku biasanya dipengaruhi oleh ketersediaan ikan, harga, ukuran, dan preferensi konsumen.

Penggaraman bertujuan mengurangi ketersediaan air dalam jaringan ikan sekaligus meningkatkan konsentrasi garam. Selanjutnya, pengeringan membantu mengurangi kadar air sehingga produk menjadi lebih awet. Kombinasi kedua perlakuan tersebut menyebabkan perubahan tekstur, rasa, dan kenampakan ikan. Produk yang dihasilkan umumnya memiliki rasa asin, tekstur lebih padat atau kering, serta karakteristik aroma yang khas.

Salah satu contoh produk ikan asin yang memiliki identitas kuat adalah **ikan asin jambal roti**. Produk ini dibuat terutama dari ikan manyung dan dikenal dengan karakteristik daging yang mudah hancur setelah dimasak serta aroma yang khas. Studi Wibawa *et al*. (2025) pada usaha pengolahan jambal roti di Pangandaran menunjukkan bahwa proses tradisional masih meliputi tahapan pembersihan, penggaraman, dan penjemuran dengan menggunakan peralatan sederhana. Produk tersebut sekaligus memiliki peran dalam pemanfaatan sumber daya lokal dan mendukung kegiatan ekonomi masyarakat pesisir.

Produk ikan asin lainnya dapat ditemukan dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan bahan baku serta kebiasaan masyarakat setempat. Penelitian Rinto *et al*. (2024) menunjukkan bahwa ikan asin sepat rawa (*Trichopodus trichopterus*) merupakan salah satu produk yang masih dikembangkan melalui metode pengolahan tradisional. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa proses pengeringan ikan asin menghadapi risiko kontaminasi lalat sehingga aspek higiene selama pengolahan menjadi bagian penting dalam menghasilkan produk yang aman dan bermutu.

Di Maluku, produk ikan asin tradisional antara lain ikan lalosi asin dan ikan teri asin kering. Noya *et al*. (2024) melaporkan bahwa kedua produk tersebut memiliki karakteristik organoleptik yang relatif baik pada parameter rasa, tekstur, aroma, dan kenampakan. Hal tersebut memperlihatkan bahwa karakteristik sensoris merupakan salah satu aspek penting yang mempertahankan penerimaan konsumen terhadap produk ikan asin tradisional.

9.11.2 Ikan Asap

Ikan asap merupakan produk tradisional yang dihasilkan melalui proses pengasapan dengan memanfaatkan asap dari pembakaran atau pembaraan bahan bakar tertentu. Selain berfungsi sebagai metode pengawetan, pengasapan memberikan warna, aroma, dan cita rasa khas pada produk. Di berbagai daerah Indonesia, ikan asap memiliki nama dan karakteristik yang berbeda, antara lain **ikan salai** di Sumatra, **ikan asar** di Maluku, **ikan fufu** di Sulawesi, dan **iwak panggang** di Jawa. Keragaman penamaan tersebut menunjukkan kuatnya keterkaitan antara produk ikan asap dengan budaya pangan lokal.

Bahan baku ikan asap dapat berasal dari berbagai jenis ikan, terutama ikan yang memiliki daging cukup tebal dan sesuai untuk proses pengasapan. Salah satu contoh yang penting adalah cakalang asap atau cakalang asar yang banyak diproduksi di Maluku. Produk ini menjadi salah satu pangan tradisional yang memiliki nilai ekonomi dan identitas kuliner daerah. Selain cakalang, ikan julung juga dapat diolah melalui pengasapan dan menjadi produk tradisional yang dikenal di wilayah Maluku.

Noya *et al*. (2024) melaporkan bahwa produk ikan asap tradisional di Maluku memiliki karakteristik organoleptik yang berbeda sesuai jenis bahan baku dan teknik pengolahan. Cakalang asap, ikan julung asap, dan cakalang Banda merupakan contoh produk yang menunjukkan karakteristik rasa, aroma, tekstur, dan kenampakan yang menjadi bagian dari identitas produk lokal.

Ikan asap juga terus mengalami pengembangan melalui teknologi pengolahan yang lebih terkontrol. Rakhmayeni *et al*. (2024), misalnya, mengkaji karakteristik ikan tandipang asap dengan perlakuan asap cair. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa perlakuan pengasapan dapat menghasilkan produk dengan karakteristik kimia dan sensoris tertentu serta dapat dikembangkan untuk meningkatkan konsistensi mutu.

Pengembangan ikan asap juga diarahkan pada peningkatan daya simpan melalui teknologi pengemasan. Hal ini penting karena meskipun pengasapan dapat menghambat kerusakan, produk ikan asap masih memiliki kadar air yang memungkinkan terjadinya perubahan mutu selama penyimpanan. Dengan demikian, kombinasi pengasapan tradisional dengan pengemasan vakum atau modifikasi atmosfer dapat menjadi salah satu strategi untuk meningkatkan umur simpan tanpa menghilangkan karakteristik khas produk.

9.11.3 Pindang

Pindang merupakan salah satu produk ikan tradisional Indonesia yang dibuat melalui perlakuan panas dan penggunaan garam. Produk ini telah lama diproduksi di berbagai daerah dan umumnya menggunakan ikan pelagis seperti tongkol, kembung, dan layang. Proses pengolahan menghasilkan ikan dengan karakteristik rasa gurih-asin, tekstur yang relatif lunak, serta aroma khas akibat kombinasi bahan baku, garam, dan pemanasan.

Pindang memiliki keunggulan berupa proses pengolahan yang relatif sederhana dan dapat memperpanjang daya simpan dibandingkan ikan segar. Namun demikian, karakteristik produk sangat

dipengaruhi oleh kesegaran bahan baku, konsentrasi garam, lama pemasakan, suhu, dan kondisi penyimpanan. Oleh karena itu, pengendalian proses sejak penerimaan bahan baku sampai penyimpanan sangat diperlukan.

Penelitian Rachmawati *et al*. (2025) menunjukkan bahwa pindang merupakan produk tradisional yang memiliki tantangan keamanan pangan, terutama karena bahan bakunya sering berasal dari ikan kelompok Scombridae yang secara alami memiliki kandungan histidin tinggi. Penanganan bahan baku yang tidak tepat dapat meningkatkan pembentukan histamin. Penelitian tersebut menekankan pentingnya pengendalian suhu, penanganan ikan beku, dan identifikasi titik kendali kritis untuk meningkatkan keamanan pindang.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan pindang perlu dilakukan dengan mempertahankan karakteristik tradisional sekaligus memperbaiki aspek keamanan. Penerapan higiene dan sanitasi, pengendalian suhu, pengaturan waktu pengolahan, serta penggunaan bahan baku yang bermutu merupakan langkah penting untuk menghasilkan pindang yang aman dan konsisten.

9.11.4 Abon Ikan

Abon ikan merupakan produk olahan berbentuk serat-serat daging ikan yang telah dibumbui dan mengalami proses pemasakan serta pengeringan. Produk ini merupakan salah satu bentuk diversifikasi hasil perikanan yang dapat meningkatkan nilai tambah ikan dan memperpanjang masa pemanfaatannya. Berbagai jenis ikan dapat digunakan untuk membuat abon, termasuk ikan laut maupun ikan air tawar.

Proses pembuatan abon secara umum meliputi pemasakan ikan, pemisahan daging dari tulang dan kulit, penghancuran atau penyuwiran daging, pencampuran dengan bumbu, pemasakan, dan pengeringan hingga diperoleh tekstur yang relatif kering dan berserat. Pengurangan kadar air selama proses merupakan salah satu faktor penting yang menentukan daya simpan produk. Selain itu, formulasi bumbu menentukan karakteristik rasa dan aroma yang menjadi daya tarik utama abon.

Abon ikan juga berkembang sebagai produk tradisional yang memiliki potensi komersial. Sormin *et al*. (2024) melaporkan bahwa abon ikan layang (*Decapterus* sp.) merupakan produk yang populer di Pulau Banda, Maluku, yang dikenal sebagai salah satu wilayah dengan aktivitas pengolahan ikan tradisional. Penelitian tersebut mengevaluasi mutu abon ikan layang secara subjektif dan objektif sehingga menunjukkan bahwa pengendalian mutu diperlukan untuk mempertahankan karakteristik produk.

Perkembangan abon ikan saat ini tidak hanya terbatas pada produk konvensional. Inovasi dapat dilakukan melalui penambahan bahan pangan lain untuk menghasilkan variasi rasa, aroma, tekstur, dan nilai gizi. Sukmiwati *et al*. (2024), misalnya, mengembangkan abon ikan lele dengan penambahan buah nangka. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa formulasi dan lama penyimpanan dapat memengaruhi karakteristik lemak dan perubahan oksidatif produk.

Pengembangan tersebut memperlihatkan bahwa abon ikan memiliki peluang besar sebagai produk diversifikasi yang menghubungkan teknologi pengolahan tradisional dengan kebutuhan konsumen modern. Produk dapat dikembangkan dalam bentuk

kemasan praktis, variasi rasa, maupun formulasi dengan bahan pangan lokal lainnya, selama karakteristik utama dan keamanan produk tetap dipertahankan.

9.11.5 Produk Olahan Tradisional Hasil Perikanan di Maluku

Maluku merupakan salah satu wilayah yang memiliki keragaman produk olahan tradisional hasil perikanan. Kondisi geografis sebagai wilayah kepulauan dan tingginya ketersediaan sumber daya ikan mendorong masyarakat mengembangkan berbagai teknik pengolahan untuk mempertahankan hasil tangkapan. Produk yang dihasilkan antara lain cakalang asar/asap, cakalang Banda, ikan julung kering, ikan lalosi asin, dan ikan teri asin kering.

Keragaman tersebut menunjukkan adanya hubungan erat antara bahan baku lokal dan teknik pengolahan. Cakalang lebih banyak dikaitkan dengan produk asap karena ukuran dan karakteristik dagingnya sesuai untuk pengasapan, sedangkan ikan-ikan berukuran lebih kecil dapat diolah menjadi produk asin atau kering. Perbedaan metode tersebut menghasilkan variasi warna, tekstur, rasa, dan aroma yang menjadi ciri khas masing-masing produk.

Produk tradisional Maluku juga memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai produk unggulan daerah. Nilai sensoris yang baik dapat menjadi dasar pengembangan pasar, sedangkan penerapan pengemasan, standardisasi proses, dan pengendalian mutu dapat meningkatkan daya saing. Namun, pengembangan tersebut tetap perlu memperhatikan identitas produk agar inovasi tidak menghilangkan karakteristik tradisional yang menjadi pembeda utama.

9.11.6 Produk Olahan Tradisional dari Hasil Perikanan Lainnya

Selain produk berbasis ikan, masyarakat Indonesia juga mengembangkan berbagai olahan tradisional dari komoditas perikanan lainnya. Salah satu contohnya adalah **olahan teripang**, terutama di wilayah Papua Barat. Teripang dapat diolah melalui perebusan, pengeringan, maupun pengasapan sebelum dipasarkan atau dikonsumsi. Hanifaturahmah *et al*. (2024) menunjukkan bahwa proses pengolahan tradisional teripang dapat memengaruhi karakteristik kimia dan aktivitas antioksidannya.

Produk hasil perikanan lain yang juga berkembang adalah **petis**, yang umumnya dibuat dari hasil samping atau cairan hasil pengolahan udang. Produk ini memiliki karakteristik berupa pasta dengan rasa gurih dan aroma khas serta digunakan sebagai penyedap berbagai makanan tradisional. Pengembangan petis dalam bentuk bubuk juga mulai dilakukan untuk meningkatkan kepraktisan dan memperluas bentuk pemanfaatannya. Penelitian mengenai petis bubuk dari rebusan udang menunjukkan adanya peluang diversifikasi produk melalui penggunaan bahan pengisi dan pengembangan bentuk produk baru.

Contoh lainnya adalah **produk berbasis ikan roa asap** yang berkembang sebagai pangan tradisional masyarakat Sulawesi dan Maluku. Ikan roa (*Hemiramphus* sp.) diasap dan kemudian dapat digunakan secara langsung maupun diolah lebih lanjut menjadi bubuk penyedap. Botutihe *et al*. (2024) menunjukkan bahwa bubuk ikan roa asap dapat dikembangkan sebagai bahan dasar bumbu penyedap dengan karakteristik protein, kadar air, rasa, warna, dan aroma yang dapat disesuaikan dengan formulasi.

Keragaman produk tersebut memperlihatkan bahwa pengolahan tradisional hasil perikanan tidak terbatas pada produk ikan asin, ikan asap, pindang, dan abon. Berbagai komoditas perikanan dan hasil samping pengolahan juga dapat dikembangkan menjadi produk pangan bernilai tambah. Pemanfaatan bahan baku lokal secara optimal dapat mengurangi kehilangan hasil sekaligus membuka peluang ekonomi baru bagi masyarakat pengolah.

9.11.7 Potensi Pengembangan Produk Tradisional

Produk olahan tradisional hasil perikanan memiliki potensi besar untuk dikembangkan karena memiliki karakteristik sensoris yang khas, bahan baku yang relatif tersedia, serta keterkaitan kuat dengan budaya dan identitas daerah. Selain dikonsumsi secara lokal, produk tersebut berpotensi dikembangkan sebagai produk unggulan daerah dan komoditas bernilai ekonomi lebih tinggi.

Namun, pengembangan produk tradisional menghadapi beberapa tantangan, terutama berkaitan dengan ketidakseragaman mutu, higiene dan sanitasi, daya simpan, pengemasan, serta keamanan pangan. Produk yang dibuat secara tradisional dapat mengalami variasi karakteristik karena perbedaan bahan baku, formulasi, lama proses, suhu, dan kondisi penyimpanan. Pada produk tertentu, seperti pindang, pengendalian bahan baku dan suhu bahkan berhubungan langsung dengan risiko keamanan pangan.

Oleh karena itu, strategi pengembangan sebaiknya tidak dilakukan dengan menghilangkan metode tradisional, tetapi melalui pendekatan **standardisasi dan modernisasi bertahap**. Perbaikan dapat dilakukan pada kualitas bahan baku, higiene dan sanitasi,

pengendalian suhu dan waktu, penggunaan peralatan yang lebih sesuai, pengemasan, pelabelan, serta sistem penyimpanan. Teknologi modern juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan konsistensi tanpa menghilangkan karakteristik sensoris dan budaya produk.

Dengan demikian, contoh produk olahan tradisional hasil perikanan seperti ikan asin, ikan asap, pindang, abon ikan, serta berbagai produk khas daerah menunjukkan bahwa teknologi tradisional merupakan bagian penting dari sistem pengolahan hasil perikanan di Indonesia. Keberadaan produk-produk tersebut perlu dipertahankan melalui dokumentasi dan pelestarian pengetahuan lokal, sekaligus dikembangkan melalui inovasi teknologi. Integrasi antara **kearifan lokal, jaminan mutu, keamanan pangan, diversifikasi produk, dan inovasi pengemasan** dapat meningkatkan nilai tambah serta daya saing produk olahan tradisional hasil perikanan di pasar lokal maupun nasional.

9.12 Nilai Gizi, Cita Rasa, dan Karakteristik Produk

Produk olahan tradisional hasil perikanan tidak hanya memiliki fungsi sebagai upaya memperpanjang daya simpan, tetapi juga memiliki nilai gizi, cita rasa, aroma, tekstur, dan karakteristik fisik yang menjadi ciri khas masing-masing produk. Proses pengolahan dapat menyebabkan perubahan terhadap komposisi kimia bahan baku, terutama kadar air, protein, lemak, abu, serta komponen bioaktif tertentu. Pada saat yang sama, perlakuan penggaraman, pengeringan, pengasapan, pemindangan, dan pengolahan lainnya menghasilkan perubahan karakteristik sensoris yang menentukan penerimaan konsumen. Dengan demikian, penilaian

terhadap produk tradisional perlu mempertimbangkan aspek gizi dan mutu secara bersamaan.

9.12.1 Nilai Gizi Produk Olahan Tradisional

Ikan dan hasil perikanan pada dasarnya merupakan sumber pangan dengan kandungan protein berkualitas tinggi serta menyediakan berbagai asam amino esensial, asam lemak, vitamin, dan mineral. Proses pengolahan tradisional dapat mempertahankan sebagian besar komponen gizi tersebut, tetapi juga dapat menyebabkan perubahan komposisi akibat pemanasan, pengeringan, penggaraman, maupun proses lainnya. Pengeringan, misalnya, mengurangi kadar air sehingga komponen padat seperti protein dan mineral dapat menjadi lebih terkonsentrasi secara proporsional. Sebaliknya, pemanasan yang intensif dapat menyebabkan perubahan struktur protein dan kehilangan sebagian komponen yang sensitif terhadap panas. Review Sengar *et al*. (2025) menunjukkan bahwa ikan kering dan ikan asap tetap merupakan sumber protein berkualitas tinggi, asam lemak omega-3, vitamin, dan mineral, meskipun proses pengeringan dan pengasapan dapat memengaruhi karakteristik nutrisi produk.

Pada produk ikan asap, perubahan komposisi gizi sangat dipengaruhi oleh metode pengasapan, suhu, lama proses, kadar air awal, dan karakteristik bahan baku. Penelitian Rakhmayeni *et al*. (2024) terhadap ikan tandipang asap menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan memiliki kadar air 8,61–28,89%, kadar abu 4,37–6,20%, kadar lemak 1,91–6,75%, dan kadar protein 62,21–81,56% pada berbagai perlakuan pengasapan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengendalian

kondisi pengasapan berpengaruh terhadap komposisi proksimat produk.

Penelitian yang lebih baru pada ikan tuna sirip kuning juga memperlihatkan bahwa metode pengasapan dapat memengaruhi kadar air, abu, dan protein, sementara pengaruhnya terhadap kadar lemak dan karbohidrat relatif lebih kecil. Ikan tuna yang diolah dengan metode *asar* dan *fufu* tetap mengandung berbagai asam amino esensial dan nonesensial. Temuan tersebut menunjukkan bahwa produk ikan asap masih dapat menjadi sumber protein dan asam amino yang baik, meskipun metode pengolahan memengaruhi profil kimia dan karakteristik sensori produk.

Pada produk abon ikan, pengolahan juga menyebabkan perubahan komposisi gizi. Proses perebusan, penghancuran, pembumbuan, dan penggorengan menyebabkan terjadinya perubahan kadar air dan lemak. Sormin *et al*. (2024) melaporkan bahwa abon ikan layang tradisional dari Banda memiliki kadar protein rata-rata 19,82%, lemak 21,53%, kadar air 6,96%, dan abu 4,33%. Rendahnya kadar air menjadi salah satu karakteristik penting yang mendukung daya simpan produk, sedangkan kandungan protein menunjukkan bahwa abon tetap berkontribusi sebagai sumber protein hewani.

Namun, nilai gizi tidak dapat dinilai hanya berdasarkan tingginya kadar protein. Komposisi produk juga perlu dilihat secara menyeluruh, termasuk kadar lemak, mineral, natrium, kadar air, serta perubahan komponen selama penyimpanan. Produk yang menggunakan garam dalam jumlah cukup tinggi, misalnya ikan asin dan beberapa jenis pindang, dapat memiliki kandungan natrium yang tinggi. Oleh sebab itu, pengembangan produk tradisional perlu

mempertimbangkan keseimbangan antara karakteristik khas produk dan kebutuhan konsumen terhadap pangan yang lebih sehat.

9.12.2 Pengaruh Pengolahan terhadap Komponen Gizi

Setiap teknik pengolahan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai gizi. **Penggaraman** terutama memengaruhi kadar air dan kandungan mineral, khususnya natrium. Penambahan garam dapat menurunkan aktivitas air dan memperpanjang daya simpan, tetapi pada konsumsi yang berlebihan dapat meningkatkan asupan natrium. Oleh karena itu, optimasi kadar garam menjadi salah satu aspek penting dalam pengembangan produk ikan asin dan produk tradisional lainnya.

Pengeringan menyebabkan penurunan kadar air secara signifikan sehingga zat gizi dalam bentuk padatan menjadi lebih terkonsentrasi. Namun, pengeringan yang berlangsung pada suhu tinggi atau dalam waktu lama dapat menyebabkan perubahan pada protein, oksidasi lemak, serta kehilangan komponen tertentu yang sensitif terhadap panas dan oksidasi. Sengar *et al*. (2025) menyebutkan bahwa selain manfaat pengawetan, pengeringan dan pengasapan ikan perlu dikendalikan karena dapat berkaitan dengan oksidasi lipid, kontaminasi mikroba, serta terbentuknya senyawa yang tidak diinginkan apabila proses tidak dilakukan secara tepat.

Pengasapan memberikan efek ganda terhadap mutu. Penurunan kadar air membantu memperpanjang daya simpan, sedangkan komponen asap memberikan aroma dan warna khas. Komponen fenolik dan senyawa tertentu dari asap juga dapat berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba dan karakteristik sensori. Namun,

proses pengasapan yang tidak terkendali dapat meningkatkan risiko terbentuknya senyawa seperti hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH). Oleh karena itu, pengendalian jenis bahan bakar, suhu, lama pengasapan, serta desain tungku sangat penting.

Pada penelitian Rakhmayeni *et al*. (2024), penggunaan asap cair pada ikan tandipang menghasilkan produk dengan kandungan PAH dan formaldehida di bawah batas deteksi pada perlakuan terbaik. Produk tersebut juga memperoleh skor kesukaan rasa tertinggi sebesar 7,2 pada konsentrasi asap cair 3% dengan waktu perendaman 45 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengendalian teknologi pengasapan dapat diarahkan untuk memperoleh karakteristik sensori yang baik sekaligus menjaga keamanan produk.

Sementara itu, **pemindangan** mengandalkan kombinasi pemanasan dan garam. Pemanasan dapat menyebabkan perubahan struktur protein dan meningkatkan ketersediaan beberapa komponen, sedangkan garam berperan dalam pembentukan rasa dan penghambatan mikroorganisme. Akan tetapi, keamanan bahan baku harus menjadi perhatian karena ikan yang digunakan dalam pemindangan, khususnya kelompok Scombridae, dapat mengandung histidin dalam jumlah tinggi. Penanganan bahan baku yang buruk dapat menyebabkan pembentukan histamin sebelum atau selama proses pengolahan. Rachmawati *et al*. (2025) menekankan pentingnya pengendalian suhu dan penanganan bahan baku dalam meningkatkan keamanan produk pindang.

9.12.3 Cita Rasa Produk Olahan Tradisional

Cita rasa merupakan salah satu faktor utama yang menentukan penerimaan konsumen terhadap produk olahan tradisional. Karakteristik rasa terbentuk melalui interaksi antara komponen alami bahan baku dan senyawa yang dihasilkan selama proses pengolahan. Garam memberikan rasa asin dan dapat meningkatkan persepsi gurih, sedangkan proses pemanasan dan pengasapan menghasilkan senyawa volatil serta produk reaksi yang berkontribusi terhadap kompleksitas rasa dan aroma.

Pada ikan asap, misalnya, aroma asap merupakan karakteristik utama yang membedakannya dari ikan yang diolah dengan metode lain. Komponen asap yang menempel dan berdifusi ke permukaan ikan memberikan aroma khas sekaligus memengaruhi warna dan cita rasa. Penelitian pada tuna sirip kuning menunjukkan bahwa metode pengasapan berpengaruh terhadap karakteristik sensori, termasuk aroma, rasa, dan tekstur. Produk *fufu* memperoleh skor kesukaan lebih tinggi untuk aroma, rasa, dan tekstur dibandingkan produk *asar* pada penelitian tersebut.

Pada produk fermentasi tradisional, cita rasa terbentuk melalui aktivitas mikroorganisme dan perubahan biokimia selama fermentasi. Produksi asam organik, peptida, asam amino, dan senyawa volatil dapat menghasilkan rasa asam, gurih, umami, serta aroma khas. Bekasam merupakan salah satu contoh produk yang karakteristik rasa dan aromanya sangat dipengaruhi oleh proses fermentasi. Penelitian terbaru mengenai bekasam menunjukkan bahwa produk fermentasi tradisional tersebut memiliki karakteristik sensori yang dapat dimanfaatkan sebagai *flavor*

enhancer, sehingga membuka peluang pengembangan bekasam tidak hanya sebagai produk konsumsi langsung tetapi juga sebagai bahan pemberi cita rasa.

Dengan demikian, cita rasa produk tradisional bukan sekadar hasil penambahan bumbu, tetapi merupakan hasil interaksi kompleks antara bahan baku, garam, panas, asap, mikroorganisme, enzim, dan lama pengolahan. Kompleksitas tersebut menjadi salah satu keunggulan produk tradisional yang sulit sepenuhnya digantikan oleh produk pangan modern.

9.12.4 Karakteristik Sensoris Produk

Karakteristik sensoris produk olahan tradisional umumnya meliputi **warna, aroma, rasa, tekstur, dan kenampakan**. Kelima parameter tersebut menjadi indikator penting dalam menentukan tingkat penerimaan konsumen. Perubahan pada salah satu parameter dapat memengaruhi persepsi konsumen terhadap kualitas keseluruhan produk.

Penelitian Noya *et al*. (2024) terhadap berbagai produk olahan ikan tradisional di Maluku menunjukkan bahwa karakteristik organoleptik dapat digunakan untuk menggambarkan penerimaan produk. Produk yang diteliti meliputi cakalang asar/asap, cakalang Banda, ikan julung kering, ikan lalosi asin, dan ikan teri asin kering. Nilai organoleptik menunjukkan penerimaan yang relatif baik pada parameter rasa, tekstur, aroma, dan kenampakan pada produk-produk tersebut.

Pada ikan julung asap, misalnya, nilai organoleptik rasa, tekstur, aroma, dan kenampakan masing-masing mencapai nilai 9. Sementara itu, ikan teri asin kering memperoleh nilai relatif tinggi untuk tekstur, aroma, dan kenampakan. Data tersebut menunjukkan bahwa

karakteristik sensoris merupakan salah satu faktor yang mempertahankan keberadaan produk tradisional dalam pola konsumsi masyarakat.

Karakteristik tekstur dipengaruhi oleh kadar air, struktur jaringan ikan, konsentrasi garam, intensitas pemanasan, dan lama pengeringan. Produk ikan asin yang mengalami pengeringan cukup intensif umumnya memiliki tekstur lebih padat dan kering. Sebaliknya, pindang memiliki tekstur yang relatif lunak akibat proses pemasakan dalam kondisi lembap. Abon memiliki tekstur berserat dan relatif kering karena daging ikan dihancurkan dan kemudian mengalami proses penggorengan atau pengeringan. Perbedaan tersebut menjadi bagian dari identitas masing-masing produk.

Warna juga menjadi parameter penting. Pada ikan asap, warna cokelat kekuningan hingga cokelat tua dapat menjadi indikator karakteristik proses pengasapan. Pada ikan asin kering, warna dipengaruhi oleh jenis ikan, kadar air, konsentrasi garam, lama pengeringan, dan kondisi penyimpanan. Perubahan warna yang terlalu gelap atau tidak seragam dapat menjadi indikasi adanya penyimpangan proses atau penurunan mutu.

9.12.5 Aroma dan Senyawa Pembentuk Cita Rasa

Aroma produk tradisional terbentuk dari senyawa volatil yang berasal dari bahan baku maupun yang dihasilkan selama pengolahan. Pada ikan asap, senyawa hasil pembakaran bahan bakar dan reaksi selama pemanasan memberikan karakteristik aroma asap. Senyawa fenolik merupakan salah satu kelompok senyawa yang berkontribusi terhadap aroma khas tersebut. Penggunaan asap cair juga dapat digunakan untuk memberikan aroma asap secara lebih terkendali.

Pada produk fermentasi, aroma dan cita rasa terbentuk melalui metabolisme mikroorganisme. Perubahan protein menghasilkan peptida dan asam amino bebas, sedangkan metabolisme karbohidrat dapat menghasilkan asam organik dan senyawa volatil. Kombinasi metabolit tersebut dapat menghasilkan karakteristik *umami*, asam, gurih, atau aroma fermentasi yang khas. Penelitian Miftachurrochmah *et al*. (2025) menunjukkan bahwa bekasam memiliki karakteristik sensori yang dapat berperan sebagai penguat cita rasa, sehingga produk tersebut berpotensi dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional sekaligus bahan penyedap tradisional.

9.12.6 Hubungan Nilai Gizi dan Penerimaan Konsumen

Nilai gizi dan karakteristik sensoris merupakan dua aspek yang saling melengkapi dalam menentukan kualitas produk olahan tradisional. Produk dengan kandungan protein tinggi belum tentu memiliki tingkat penerimaan yang tinggi apabila rasa, aroma, tekstur, atau kenampakannya tidak sesuai dengan preferensi konsumen. Sebaliknya, produk yang sangat disukai dari aspek sensoris perlu tetap memenuhi persyaratan keamanan dan nilai gizi agar dapat dikembangkan sebagai pangan yang berkualitas.

Abon ikan layang dari Banda memberikan salah satu contoh hubungan antara nilai gizi dan penerimaan sensoris. Produk tersebut memiliki kadar protein 19,82%, kadar air 6,96%, serta memperoleh nilai kesukaan yang tinggi pada warna, aroma, rasa, dan tekstur. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengolahan tradisional dapat menghasilkan produk yang memiliki kombinasi antara nilai gizi, daya simpan, dan penerimaan konsumen.

Pendekatan serupa dapat diterapkan pada pengembangan produk tradisional lainnya. Perbaikan formulasi, pengendalian kadar garam, optimasi suhu dan waktu pengolahan, serta penggunaan bahan tambahan pangan yang sesuai dapat dilakukan untuk meningkatkan mutu tanpa menghilangkan karakteristik utama produk. Diversifikasi juga dapat dilakukan untuk menghasilkan bentuk produk yang lebih praktis. Sebagai contoh, ikan roa asap yang secara tradisional dikonsumsi sebagai produk ikan asap dapat dikembangkan menjadi bubuk penyedap. Penelitian Botutihe *et al*. (2024) menunjukkan bahwa bubuk ikan roa asap dapat menghasilkan produk bumbu dengan kandungan protein yang cukup tinggi dan karakteristik rasa serta aroma yang disukai pada formulasi tertentu.

9.12.7 Implikasi terhadap Pengembangan Produk Tradisional

Karakteristik gizi, cita rasa, dan sensoris merupakan aset penting dalam pengembangan produk olahan tradisional hasil perikanan. Produk tradisional memiliki keunggulan karena telah memiliki identitas rasa dan karakteristik yang dikenal oleh konsumen. Oleh sebab itu, inovasi teknologi sebaiknya tidak menghilangkan karakteristik tersebut, tetapi meningkatkan konsistensi, keamanan, daya simpan, dan kemudahan konsumsi.

Pengembangan dapat dilakukan melalui pengendalian bahan baku, standardisasi formulasi, optimasi suhu dan waktu pengolahan, perbaikan higiene dan sanitasi, serta penggunaan teknologi pengemasan. Pada produk ikan asap, misalnya, pengendalian proses dapat membantu menghasilkan aroma dan warna yang lebih seragam sekaligus mengurangi risiko terbentuknya senyawa yang tidak diinginkan. Pada produk pindang, pengendalian bahan baku dan suhu menjadi penting

untuk menjaga keamanan. Sementara pada produk fermentasi, pengendalian kadar garam, suhu, waktu fermentasi, dan mikroorganisme dapat meningkatkan konsistensi cita rasa.

Dengan demikian, nilai gizi, cita rasa, dan karakteristik produk merupakan tiga komponen yang tidak dapat dipisahkan dalam pengembangan olahan tradisional hasil perikanan. **Nilai gizi menentukan kontribusi produk terhadap kebutuhan pangan, cita rasa menjadi daya tarik utama bagi konsumen, sedangkan karakteristik fisik dan sensoris menjadi identitas produk.** Integrasi ketiga aspek tersebut dengan pengendalian keamanan dan mutu akan memungkinkan produk tradisional tetap mempertahankan identitas lokal sekaligus memenuhi tuntutan konsumen modern (Sayuti *et al*., 2025).

9.13 Nilai Budaya dan Kearifan Lokal

Produk olahan tradisional hasil perikanan merupakan bagian dari kekayaan pangan sekaligus warisan budaya masyarakat Indonesia. Keberadaan produk seperti ikan asin, ikan asap, pindang, abon ikan, serta berbagai produk fermentasi menunjukkan bahwa masyarakat telah memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam memanfaatkan sumber daya perikanan sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan pangan setempat. Pengetahuan tersebut berkembang melalui pengalaman yang panjang dan diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Oleh karena itu, teknologi pengolahan tradisional tidak hanya dapat dipahami sebagai teknik mempertahankan mutu dan memperpanjang daya simpan hasil perikanan, tetapi juga sebagai bentuk pengetahuan lokal yang mencerminkan hubungan antara manusia, sumber daya alam, dan lingkungan sosial-budaya.

Keragaman produk olahan tradisional di Indonesia berkaitan erat dengan kondisi geografis dan ketersediaan sumber daya perikanan di masing-masing daerah. Masyarakat pesisir, kepulauan, maupun wilayah pedalaman yang memiliki akses terhadap ikan mengembangkan teknik pengolahan yang berbeda sesuai dengan jenis bahan baku, iklim, kebiasaan konsumsi, dan sumber daya yang tersedia. Di Maluku, misalnya, produk seperti cakalang asar/asap, cakalang Banda, ikan julung kering, ikan lalosi asin, dan ikan teri asin kering berkembang sebagai bagian dari tradisi pengolahan ikan masyarakat setempat. Keragaman tersebut memperlihatkan bahwa teknik pengolahan ikan menjadi bagian dari identitas pangan suatu wilayah.

9.13.1 Pengetahuan Lokal dalam Pengolahan Hasil Perikanan

Kearifan lokal dalam pengolahan hasil perikanan tercermin dari kemampuan masyarakat dalam memilih bahan baku, menentukan waktu pengolahan, mengatur penggunaan garam, memilih bahan bakar untuk pengasapan, menentukan lama pengeringan, serta mengenali perubahan warna, aroma, tekstur, dan rasa sebagai indikator mutu. Sebagian besar keputusan tersebut pada awalnya dilakukan berdasarkan pengalaman empiris, tanpa menggunakan instrumen pengukuran seperti termometer, pH meter, atau alat pengukur aktivitas air. Meskipun demikian, pengalaman yang diwariskan memungkinkan masyarakat menghasilkan produk dengan karakteristik yang relatif konsisten dalam lingkungan produksinya.

Pengetahuan tersebut memiliki nilai penting karena bersifat kontekstual. Teknik pengolahan yang berkembang di suatu wilayah merupakan hasil adaptasi terhadap kondisi bahan baku dan lingkungan setempat. Masyarakat pesisir, misalnya, memanfaatkan sinar

matahari, garam, kayu atau bahan bakar lokal, serta wadah yang tersedia untuk mengolah ikan. Dalam konteks tersebut, kearifan lokal dapat dipahami sebagai pengetahuan yang terbentuk melalui interaksi masyarakat dengan sumber daya alam dan diwariskan melalui praktik sosial.

Pada produk fermentasi tradisional, hubungan antara pengetahuan lokal dan proses pengolahan terlihat semakin jelas. Bekasam dari Sumatra Selatan, misalnya, merupakan produk fermentasi ikan yang memiliki sejarah dan keterkaitan budaya dengan masyarakat setempat. Setiarto dan Herlina (2024) menunjukkan bahwa bekasam tidak hanya dapat dikaji dari aspek proses fermentasi dan karakteristik mikrobiologis, tetapi juga dari aspek sejarah budaya, penggunaan pangan, karakteristik sensori, serta pengetahuan tradisional yang melatarbelakanginya.

Dengan demikian, pengetahuan mengenai pengolahan tradisional merupakan bentuk *intangible cultural heritage* yang memiliki nilai penting untuk didokumentasikan. Dokumentasi diperlukan agar pengetahuan tersebut tidak hilang akibat perubahan pola konsumsi, modernisasi, perubahan lingkungan, maupun berkurangnya jumlah generasi muda yang tertarik meneruskan pekerjaan sebagai pengolah hasil perikanan.

9.13.2 Produk Tradisional sebagai Identitas Daerah

Produk olahan hasil perikanan dapat menjadi penanda identitas suatu daerah karena memiliki karakteristik bahan baku, metode pengolahan, rasa, aroma, bentuk, dan cara penyajian yang khas. Identitas tersebut terbentuk melalui proses sosial yang panjang dan diperkuat oleh kebiasaan konsumsi masyarakat.

Produk tertentu bahkan lebih dikenal melalui nama daerah asalnya dibandingkan nama umum produk.

Cakalang asar di Maluku merupakan salah satu contoh produk yang memiliki keterkaitan erat dengan identitas pangan daerah. Demikian pula cakalang Banda, ikan julung kering, dan berbagai produk ikan asin di wilayah Maluku menunjukkan bagaimana teknik pengolahan dapat berkembang menjadi bagian dari karakteristik kuliner suatu daerah. Penelitian Noya *et al*. (2024) mendokumentasikan keberagaman produk olahan ikan tradisional di beberapa wilayah Maluku dan menunjukkan bahwa produk tersebut memiliki karakteristik organoleptik yang menjadi bagian penting dari penerimaan konsumen.

Identitas daerah tersebut memiliki nilai ekonomi apabila dapat dikembangkan secara tepat. Produk tradisional yang memiliki keunikan dapat menjadi bagian dari promosi kuliner daerah, oleh-oleh, wisata gastronomi, maupun pengembangan usaha mikro dan kecil. Dengan demikian, pelestarian produk tradisional tidak hanya berkaitan dengan mempertahankan resep atau teknik pengolahan, tetapi juga dapat berkontribusi terhadap penguatan ekonomi masyarakat lokal.

9.13.3 Pewarisan Pengetahuan Antar-Generasi

Salah satu ciri penting kearifan lokal adalah proses pewarisan pengetahuan dari generasi sebelumnya kepada generasi berikutnya. Pada masyarakat pengolah hasil perikanan, proses tersebut dapat berlangsung melalui keluarga, kelompok pengolah, komunitas nelayan, atau lingkungan sosial masyarakat. Generasi muda belajar mengenali bahan baku, mempersiapkan ikan, mengolah, menyimpan, dan mengevaluasi produk melalui keterlibatan langsung dalam kegiatan produksi.

Pewarisan secara langsung memungkinkan pengetahuan yang bersifat praktis tetap dipertahankan. Pengetahuan seperti menentukan tingkat kekeringan ikan berdasarkan tekstur, mengenali ikan yang masih layak diolah berdasarkan aroma dan kenampakan, menentukan jumlah garam berdasarkan pengalaman, atau menentukan kematangan produk melalui perubahan warna merupakan pengetahuan yang sering kali sulit sepenuhnya dijelaskan hanya melalui instruksi tertulis.

Namun, perubahan sosial dan ekonomi dapat mengancam keberlanjutan proses pewarisan tersebut. Generasi muda dapat lebih memilih pekerjaan di sektor lain sehingga jumlah pelaku pengolahan tradisional berkurang. Selain itu, perubahan preferensi konsumen, masuknya produk industri, serta tuntutan keamanan dan standardisasi pangan dapat menyebabkan sebagian teknik tradisional ditinggalkan. Oleh sebab itu, pelestarian perlu dilakukan melalui dokumentasi, pendidikan, pelatihan, dan pengembangan produk agar pengetahuan lokal tetap relevan dengan kondisi masa kini.

9.13.4 Kearifan Lokal dalam Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan

Kearifan lokal juga tercermin dalam kemampuan masyarakat memanfaatkan hasil perikanan secara optimal. Pengolahan tradisional memungkinkan ikan yang tidak langsung dikonsumsi dalam keadaan segar dapat diubah menjadi produk yang lebih awet dan memiliki nilai ekonomi. Teknik penggaraman, pengeringan, pengasapan, pemindangan, dan fermentasi merupakan bentuk adaptasi terhadap sifat ikan yang mudah rusak.

Pemanfaatan tersebut menjadi penting terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan fasilitas penyimpanan dingin. Produk olahan dapat menjadi bentuk penyimpanan pangan yang memungkinkan masyarakat mempertahankan sebagian hasil tangkapan untuk dikonsumsi pada waktu berikutnya. Dengan demikian, teknologi tradisional berkontribusi terhadap pemanfaatan sumber daya perikanan secara lebih efisien dan dapat mengurangi kehilangan hasil apabila diterapkan dengan baik.

Dalam konteks yang lebih luas, kearifan lokal tidak berarti bahwa seluruh praktik tradisional selalu optimal atau aman. Beberapa praktik perlu disesuaikan dengan pengetahuan ilmiah mengenai keamanan pangan. Misalnya, pada produk pindang, mutu bahan baku dan pengendalian suhu sangat penting karena penanganan yang tidak tepat dapat meningkatkan risiko pembentukan histamin pada ikan tertentu. Penelitian Rachmawati *et al*. (2025) menunjukkan pentingnya pengendalian proses untuk meningkatkan keamanan pindang tradisional. Dengan demikian, pelestarian kearifan lokal perlu berjalan bersama dengan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi.

9.13.5 Nilai Sosial dan Ekonomi Produk Tradisional

Produk olahan tradisional hasil perikanan memiliki fungsi sosial yang melampaui perannya sebagai bahan pangan. Produk tersebut dapat menjadi bagian dari aktivitas keluarga, kegiatan masyarakat, perdagangan lokal, dan berbagai kegiatan sosial-budaya. Proses pengolahan sering dilakukan secara bersama-sama sehingga menjadi sarana transfer pengetahuan, pembentukan hubungan sosial, dan penguatan identitas komunitas.

Dari sisi ekonomi, pengolahan tradisional dapat memberikan sumber pendapatan tambahan bagi rumah tangga nelayan maupun masyarakat yang tidak secara langsung melakukan penangkapan ikan. Produk dengan umur simpan lebih panjang juga dapat dipasarkan ke wilayah yang lebih jauh dibandingkan ikan segar. Hal tersebut membuka peluang bagi masyarakat untuk meningkatkan nilai tambah hasil tangkapan melalui pengolahan.

Nilai ekonomi tersebut dapat diperkuat melalui pengembangan kemasan, merek, sertifikasi, pemasaran digital, dan diversifikasi produk. Namun, komersialisasi perlu tetap mempertahankan karakteristik utama yang menjadi identitas produk. Jika inovasi dilakukan secara berlebihan tanpa mempertimbangkan karakter tradisional, produk dapat kehilangan keunikan yang justru menjadi daya tarik utamanya.

9.13.6 Produk Tradisional sebagai Warisan Kuliner

Olahan tradisional hasil perikanan dapat dipandang sebagai bagian dari warisan kuliner Indonesia. Warisan tersebut tidak hanya berupa produk akhir, tetapi mencakup bahan baku, resep, teknik pengolahan, alat yang digunakan, cara penyajian, serta cerita dan nilai sosial yang melekat pada produk. Dengan demikian, pelestarian pangan tradisional perlu dilakukan secara menyeluruh.

Bekasam merupakan salah satu contoh yang menunjukkan hubungan antara produk fermentasi dan warisan kuliner. Produk tersebut telah digunakan dalam kuliner masyarakat Sumatra Selatan dan memiliki cita rasa umami yang khas. Kajian Setiarto dan Herlina (2024) secara khusus membahas aspek sejarah budaya, proses pembuatan, sifat sensoris, serta karakteristik

produk bekasam, sehingga memperlihatkan bahwa produk fermentasi tradisional dapat dipelajari tidak hanya sebagai objek teknologi pangan tetapi juga sebagai bagian dari budaya pangan.

Pendekatan serupa dapat diterapkan pada berbagai produk tradisional lainnya. Dokumentasi mengenai asal-usul produk, bahan baku, teknik pengolahan, fungsi sosial, dan cara konsumsi dapat menjadi dasar untuk menjaga keberlanjutan pengetahuan lokal. Dokumentasi tersebut juga dapat menjadi sumber informasi bagi generasi muda, peneliti, pelaku usaha, dan pemerintah daerah dalam mengembangkan produk pangan berbasis sumber daya lokal.

9.13.7 Pelestarian dan Pengembangan Kearifan Lokal

Pelestarian produk tradisional menghadapi tantangan berupa perubahan pola konsumsi, modernisasi, keterbatasan regenerasi pengolah, perubahan ketersediaan bahan baku, dan tuntutan keamanan pangan. Oleh karena itu, pelestarian tidak cukup dilakukan dengan mempertahankan teknik lama secara apa adanya. Diperlukan pendekatan adaptif yang mempertahankan nilai dan identitas produk, tetapi memungkinkan perbaikan pada aspek keamanan, mutu, efisiensi, dan daya saing.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah standardisasi tanpa menghilangkan identitas tradisional. Parameter seperti kualitas bahan baku, konsentrasi garam, suhu dan lama pengolahan, kadar air, aktivitas air, pH, serta kondisi penyimpanan dapat dikendalikan. Peralatan tradisional juga dapat diperbaiki agar lebih higienis tanpa mengubah prinsip utama pengolahan. Dengan cara tersebut, karakteristik produk

dapat dipertahankan sekaligus memenuhi tuntutan keamanan pangan modern.

Pengembangan juga dapat dilakukan melalui dokumentasi digital dan promosi berbasis budaya. Informasi mengenai sejarah produk, asal daerah, teknik pengolahan, dan nilai budaya dapat digunakan sebagai bagian dari strategi pemasaran. Pendekatan tersebut memungkinkan konsumen tidak hanya membeli produk sebagai makanan, tetapi juga memahami cerita dan identitas yang melekat pada produk.

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, pelestarian kearifan lokal juga dapat dikaitkan dengan pemanfaatan sumber daya perikanan secara bertanggung jawab. Pengolahan yang baik dapat meningkatkan nilai ekonomi bahan baku sehingga masyarakat tidak selalu bergantung pada peningkatan volume tangkapan. Pemanfaatan bahan baku lokal dan pengurangan kehilangan hasil juga dapat mendukung efisiensi pemanfaatan sumber daya.

Dengan demikian, nilai budaya dan kearifan lokal dalam pengolahan hasil perikanan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari keberadaan produk tradisional. Kearifan lokal tercermin dalam pengetahuan pemilihan bahan baku, teknik pengolahan, pemanfaatan sumber daya, pengendalian mutu berdasarkan pengalaman, pewarisan pengetahuan, serta nilai sosial dan identitas daerah. Produk tradisional menjadi media yang menghubungkan pengetahuan antargenerasi dengan pemanfaatan sumber daya perikanan.

Pelestarian produk tradisional perlu diarahkan pada keseimbangan antara mempertahankan identitas budaya dan meningkatkan mutu serta keamanan pangan. Integrasi pengetahuan lokal dengan teknologi modern bukan dimaksudkan untuk menggantikan

tradisi, tetapi untuk memperkuat keberlanjutannya. Dengan pendekatan tersebut, produk olahan tradisional hasil perikanan dapat tetap menjadi bagian dari warisan budaya sekaligus berkembang sebagai produk pangan bernilai tambah yang mampu beradaptasi dengan kebutuhan konsumen masa kini **Gambar 9.2.**

Gambar 9. 2 Nilai Budaya dan Kearifan Lokal Olahan Tradisional Hasil Perikanan

9.14 Mutu dan Pengembangan Produk

Mutu dan pengembangan merupakan aspek penting dalam keberlanjutan produk fermentasi dan olahan tradisional hasil perikanan. Produk yang dihasilkan tidak hanya dituntut memiliki cita rasa dan karakteristik khas yang dapat diterima konsumen, tetapi juga harus memenuhi persyaratan keamanan pangan, kestabilan mutu, nilai gizi, dan daya simpan. Perubahan kondisi bahan baku, proses pengolahan, sanitasi, penyimpanan, serta kemasan dapat memengaruhi mutu produk secara fisik, kimia, mikrobiologis, dan sensoris. Oleh karena itu, pengendalian mutu perlu dilakukan secara terpadu sejak pemilihan bahan baku hingga produk siap dikonsumsi. Di sisi lain, pengembangan produk diperlukan agar olahan tradisional mampu beradaptasi dengan perubahan preferensi konsumen dan perkembangan teknologi pangan tanpa menghilangkan karakteristik serta identitas lokalnya. Integrasi antara pengetahuan tradisional, pengendalian mutu, inovasi teknologi, diversifikasi, dan perbaikan kemasan diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah serta daya saing produk hasil perikanan, sekaligus mendukung keberlanjutan usaha pengolahan berbasis sumber daya lokal.

9.15 Mutu dan Keamanan Produk

Mutu dan keamanan merupakan dua aspek fundamental dalam pengolahan hasil perikanan karena ikan dan produk perikanan termasuk bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan. Kandungan air dan protein yang relatif tinggi, aktivitas enzimatis, serta keberadaan mikroorganisme menyebabkan ikan sangat mudah mengalami perubahan mutu apabila tidak ditangani dan diolah secara tepat. Pada produk fermentasi dan olahan tradisional, perubahan mutu dapat terjadi sejak penerimaan bahan baku, selama proses pengolahan, fermentasi, pengeringan, pengasapan,

pemindangan, hingga penyimpanan dan distribusi. Oleh karena itu, pengendalian mutu dan keamanan tidak hanya dilakukan pada produk akhir, tetapi perlu diterapkan secara menyeluruh sepanjang rantai proses produksi.

Dalam konteks sistem jaminan mutu hasil perikanan, mutu dapat dipahami sebagai kondisi produk yang memenuhi karakteristik atau persyaratan yang telah ditetapkan, baik dari aspek fisik, kimia, mikrobiologis maupun organoleptik. Sementara itu, keamanan pangan berkaitan dengan kemampuan produk untuk dikonsumsi tanpa menimbulkan risiko terhadap kesehatan apabila diproduksi, ditangani, disimpan, dan dikonsumsi sesuai dengan peruntukannya. Kementerian Kelautan dan Perikanan menegaskan bahwa sistem jaminan mutu dan keamanan hasil perikanan perlu diterapkan mulai dari penanganan, pengolahan, pengemasan, penyimpanan hingga distribusi. Pendekatan tersebut menempatkan pencegahan bahaya sebagai bagian penting dalam menghasilkan produk perikanan yang bermutu dan aman.

9.15.1 Parameter Mutu Produk Hasil Perikanan

Mutu produk olahan hasil perikanan dapat dievaluasi melalui beberapa kelompok parameter, yaitu mutu organoleptik, fisik, kimia, mikrobiologis, dan keamanan. Parameter organoleptik meliputi kenampakan, warna, aroma, rasa, dan tekstur. Parameter tersebut sangat penting terutama pada produk tradisional karena karakteristik sensoris sering menjadi identitas sekaligus dasar penerimaan konsumen.

Parameter fisik antara lain kadar air, aktivitas air, tekstur, warna, dan kondisi kemasan. Kadar air dan aktivitas air merupakan parameter penting dalam produk kering seperti ikan asin, ikan kering, dan

beberapa produk fermentasi karena berhubungan dengan pertumbuhan mikroorganisme dan stabilitas produk selama penyimpanan. Semakin rendah ketersediaan air yang dapat digunakan oleh mikroorganisme, semakin besar peluang produk untuk memiliki daya simpan yang lebih panjang, meskipun stabilitas produk tetap dipengaruhi oleh jenis mikroorganisme, kadar garam, pH, suhu, dan kondisi penyimpanan.

Parameter kimia meliputi kadar protein, lemak, abu, garam, pH, serta senyawa tertentu yang berkaitan dengan keamanan. Pada produk fermentasi, pH dan kadar asam dapat menjadi indikator penting perkembangan proses fermentasi. Sementara itu, kadar garam merupakan parameter yang penting pada produk seperti bekasam, peda, rusip, terasi, dan ikan asin karena berperan dalam mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme sekaligus membentuk cita rasa produk.

Parameter mikrobiologis digunakan untuk mengetahui keberadaan dan jumlah mikroorganisme yang dapat menyebabkan kerusakan maupun membahayakan kesehatan. Tidak semua mikroorganisme yang terdapat pada produk fermentasi bersifat merugikan. Mikroorganisme tertentu justru diperlukan untuk menghasilkan asam, senyawa aroma, peptida, dan metabolit lain yang membentuk karakteristik produk. Permasalahan keamanan muncul apabila terjadi kontaminasi mikroorganisme patogen atau apabila kondisi fermentasi tidak mampu mengendalikan mikroorganisme yang tidak diinginkan.

9.15.2 Bahaya Mikrobiologis pada Produk Olahan Tradisional

Produk perikanan dapat mengalami kontaminasi mikrobiologis dari bahan baku, air, peralatan, lingkungan pengolahan, pekerja, serta proses penyimpanan. Penanganan ikan pada suhu yang tidak sesuai dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzimatis. Kondisi tersebut menjadi lebih penting pada produk tradisional yang proses produksinya sering dilakukan dengan peralatan sederhana dan pada skala rumah tangga.

Pada produk fermentasi, pengendalian mikrobiologis memiliki karakteristik yang berbeda. Fermentasi yang berlangsung secara terkendali dapat menghasilkan kondisi yang menghambat mikroorganisme pembusuk atau patogen melalui penurunan pH, peningkatan keasaman, produksi metabolit antimikroba, serta kompetisi antarmikroorganisme. Sebaliknya, fermentasi yang tidak terkendali dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan dan menghasilkan produk dengan mutu yang tidak konsisten.

Oleh sebab itu, penggunaan bahan baku yang segar, kebersihan peralatan, kualitas air, sanitasi lingkungan, konsentrasi garam, suhu, lama fermentasi, dan kondisi penyimpanan perlu diperhatikan secara terpadu. Pengendalian faktor-faktor tersebut juga diperlukan untuk menjaga konsistensi karakteristik produk tradisional dari satu kelompok produksi ke kelompok produksi lainnya.

9.15.3 Bahaya Kimia pada Produk Perikanan

Selain bahaya mikrobiologis, produk perikanan dapat menghadapi bahaya kimia yang berasal dari bahan baku maupun proses pengolahan. Bahaya tersebut antara lain histamin, residu bahan kimia, logam berat, serta senyawa yang dapat terbentuk selama proses pengolahan tertentu. Risiko tersebut perlu diperhatikan karena beberapa jenis bahaya kimia tidak selalu dapat dikenali melalui perubahan warna, aroma, atau rasa.

Histamin merupakan salah satu bahaya penting pada produk ikan tertentu, terutama ikan dari kelompok Scombridae yang secara alami memiliki kandungan histidin tinggi. Histidin dapat dikonversi menjadi histamin oleh bakteri tertentu ketika ikan mengalami penanganan pada kondisi suhu dan waktu yang tidak tepat. Penelitian Rachmawati *et al*. (2025) terhadap produk pindang di Palabuhanratu menunjukkan bahwa penanganan bahan baku, terutama keterlambatan dan paparan suhu yang tidak terkendali selama proses pencairan ikan beku, menjadi faktor penting yang berkaitan dengan pembentukan histamin. Ikan yang digunakan dalam kondisi segar menunjukkan kadar histamin yang lebih rendah dibandingkan bahan baku tertentu yang mengalami penanganan kurang baik.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa keamanan produk tradisional tidak hanya ditentukan oleh proses akhir, tetapi sangat bergantung pada kualitas dan penanganan bahan baku sejak awal. Penggunaan ikan segar, penerapan rantai dingin, serta pengendalian waktu dan suhu menjadi langkah penting untuk mencegah terbentuknya senyawa berbahaya.

Pada produk ikan asap, perhatian juga diperlukan terhadap senyawa yang dapat terbentuk selama proses pembakaran dan pengasapan. Penggunaan bahan bakar

yang tidak sesuai atau pengendalian suhu yang buruk dapat meningkatkan risiko terbentuknya senyawa yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, teknologi pengasapan perlu dikembangkan dengan mempertimbangkan efisiensi proses, karakteristik sensoris, serta keamanan produk.

9.15.4 Pengaruh Bahan Baku terhadap Mutu dan Keamanan

Kualitas bahan baku merupakan faktor awal yang sangat menentukan mutu produk akhir. Ikan yang digunakan untuk pengolahan sebaiknya berada dalam kondisi segar atau sesuai dengan persyaratan bahan baku untuk jenis produk yang akan dibuat. Penurunan mutu bahan baku sebelum pengolahan dapat menyebabkan produk akhir memiliki karakteristik sensoris yang kurang baik dan meningkatkan risiko keamanan.

Kesegaran ikan dipengaruhi oleh suhu, waktu, kebersihan, penanganan fisik, dan kondisi selama transportasi. Oleh karena itu, pengendalian suhu sejak ikan ditangkap hingga memasuki unit pengolahan menjadi bagian penting dari sistem jaminan mutu. Kementerian Kelautan dan Perikanan pada tahun 2025 juga menerbitkan **Permen KP Nomor 6 Tahun 2025 tentang Penerapan Standar Bahan Baku Pengolahan Ikan**, yang ditujukan untuk meningkatkan jaminan mutu bahan baku dan daya saing produk perikanan.

Pada produk tradisional, pemilihan bahan baku juga berkaitan dengan karakteristik akhir produk. Jenis ikan, ukuran, kandungan lemak, struktur daging, dan tingkat kesegaran akan memengaruhi rasa, aroma, tekstur, warna, serta kemampuan ikan menerima garam, asap, atau proses fermentasi. Oleh karena itu, standardisasi

bahan baku tidak hanya diperlukan untuk alasan keamanan, tetapi juga untuk menjaga konsistensi mutu produk.

9.15.5 Higiene dan Sanitasi Pengolahan

Higiene dan sanitasi merupakan komponen penting dalam menjaga mutu dan keamanan produk olahan hasil perikanan. Higiene berkaitan dengan praktik kebersihan pekerja, sedangkan sanitasi mencakup kondisi fasilitas, peralatan, air, lingkungan, dan prosedur pembersihan yang digunakan selama proses produksi. Ketidaksesuaian pada salah satu aspek tersebut dapat menyebabkan kontaminasi silang.

Penerapan ***Good Manufacturing Practices*** **(GMP)** dan ***Sanitation Standard Operating Procedures*** **(SSOP)** menjadi dasar penting sebelum penerapan sistem pengendalian yang lebih spesifik seperti ***Hazard Analysis and Critical Control Point*** **(HACCP)**. KKP pada tahun 2024 menegaskan bahwa penerapan GMP/SSOP dan HACCP merupakan bagian dari pengendalian sistem jaminan mutu dan keamanan hasil perikanan. Dalam kegiatan surveilan Unit Pengolahan Ikan, aspek tersebut diperiksa untuk memastikan konsistensi penerapan sistem mutu.

Pada pengolahan tradisional skala rumah tangga, penerapan prinsip higiene dan sanitasi dapat dilakukan secara bertahap tanpa harus mengubah karakteristik produk. Perbaikan dapat dimulai dari penggunaan air bersih, kebersihan tangan dan pakaian pekerja, pemisahan bahan mentah dan produk jadi, sanitasi peralatan, pengendalian hama, serta pengelolaan limbah. Langkah sederhana tersebut dapat memberikan dampak besar terhadap penurunan risiko kontaminasi.

9.15.6 Pengendalian Proses dan HACCP

Sistem HACCP merupakan pendekatan preventif yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya, menentukan titik kendali kritis, menetapkan batas kritis, serta melakukan pemantauan dan tindakan koreksi. Pendekatan ini penting karena keamanan pangan tidak cukup hanya diuji melalui produk akhir. Pengendalian perlu dilakukan pada tahapan proses yang berpotensi menyebabkan atau meningkatkan bahaya.

Dalam konteks produk tradisional, penerapan prinsip HACCP dapat disesuaikan dengan skala dan karakteristik proses. Tahapan yang perlu dikaji dapat mencakup penerimaan bahan baku, pencucian, penyimpanan, penggaraman, pemasakan, pengeringan, pengasapan, fermentasi, pengemasan, dan penyimpanan.

Penelitian Rachmawati *et al*. (2025) memberikan contoh penerapan pendekatan tersebut pada produk pindang. Penelitian tersebut mengidentifikasi tahapan penanganan dan pencairan bahan baku sebagai bagian penting dalam pengendalian risiko histamin. Intervensi berupa sistem pencairan dengan suhu yang lebih terkontrol direkomendasikan untuk mengurangi risiko pembentukan histamin.

Penerapan HACCP pada industri pengolahan ikan di Indonesia juga terus diperkuat. KKP melaporkan bahwa pada 2024 telah terdapat ribuan sertifikasi HACCP pada unit pengolahan ikan, menunjukkan semakin pentingnya pendekatan berbasis pencegahan dalam sistem jaminan mutu produk perikanan.

9.15.7 Penyimpanan, Pengemasan, dan Daya Simpan

Setelah proses pengolahan selesai, mutu produk masih dapat mengalami perubahan selama penyimpanan. Faktor suhu, kelembapan, paparan oksigen, cahaya, aktivitas air, dan kondisi kemasan dapat memengaruhi stabilitas produk. Produk dengan kadar air relatif tinggi lebih mudah mengalami pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan produk yang mengandung lemak dapat mengalami oksidasi selama penyimpanan.

Pengemasan memiliki fungsi penting dalam melindungi produk dari kontaminasi, kelembapan, oksigen, cahaya, dan kerusakan fisik. Pada produk tradisional yang sebelumnya banyak menggunakan kemasan sederhana, penggunaan kemasan yang lebih baik dapat meningkatkan daya simpan dan memperluas jangkauan pemasaran. Namun, pemilihan kemasan perlu disesuaikan dengan karakteristik produk. Produk kering memerlukan kemasan dengan kemampuan penghalang uap air yang baik, sedangkan produk yang rentan terhadap oksidasi membutuhkan perlindungan terhadap oksigen.

Selain itu, informasi mengenai tanggal produksi, masa simpan, kondisi penyimpanan, komposisi, dan informasi penting lainnya perlu dicantumkan sesuai ketentuan yang berlaku. Dengan demikian, pengemasan tidak hanya berfungsi sebagai pelindung, tetapi juga sebagai sarana komunikasi mutu dan keamanan kepada konsumen.

9.15.8 Standardisasi Mutu Produk Tradisional

Salah satu tantangan utama produk tradisional adalah variasi mutu antarprodusen. Perbedaan jenis dan kesegaran bahan baku, konsentrasi garam, lama pengolahan, suhu, kebersihan, dan kondisi penyimpanan

dapat menghasilkan produk dengan karakteristik yang berbeda. Variasi tersebut merupakan salah satu konsekuensi dari proses tradisional, tetapi dapat menjadi kendala ketika produk akan dipasarkan secara lebih luas.

Standardisasi tidak berarti menghilangkan karakter tradisional suatu produk. Standardisasi dapat diarahkan pada parameter dasar yang berkaitan dengan keamanan dan konsistensi, sementara karakteristik sensoris khas tetap dipertahankan. Parameter tersebut dapat mencakup kadar air, kadar garam, pH, aktivitas air, cemaran mikrobiologis, histamin untuk produk yang berisiko, serta karakteristik organoleptik.

Di Indonesia, pengawasan mutu hasil perikanan mengacu antara lain pada Standar Nasional Indonesia (SNI), standar internasional seperti Codex Alimentarius, dan persyaratan pasar yang berlaku. KKP juga menempatkan sistem jaminan mutu sebagai bagian penting dari peningkatan daya saing produk perikanan.

Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 25 Tahun 2024 juga mengatur jenis komoditas yang wajib diperiksa dan/atau memenuhi persyaratan mutu dan keamanan hasil perikanan. Regulasi tersebut menjadi salah satu landasan dalam pengawasan produk hasil perikanan di Indonesia.

9.15.9 Mutu dan Keamanan sebagai Dasar Pengembangan Produk

Peningkatan mutu dan keamanan merupakan dasar penting dalam pengembangan produk fermentasi dan olahan tradisional. Inovasi produk sebaiknya tidak hanya diarahkan pada peningkatan cita rasa, bentuk, dan kemasan, tetapi juga pada pengurangan risiko keamanan dan peningkatan konsistensi mutu. Integrasi teknologi

modern dengan pengetahuan tradisional dapat dilakukan melalui pengendalian suhu, standardisasi waktu proses, penggunaan starter pada fermentasi tertentu, pengemasan yang lebih baik, serta penerapan sistem higiene dan sanitasi.

Pendekatan tersebut memungkinkan produk tradisional mempertahankan karakteristik khasnya sekaligus memenuhi tuntutan konsumen terhadap pangan yang aman dan berkualitas. KKP menyatakan bahwa mutu dan keamanan merupakan komponen yang semakin menentukan daya saing serta akses produk perikanan ke pasar global.

Dengan demikian, mutu dan keamanan produk fermentasi serta olahan tradisional hasil perikanan harus dipandang sebagai suatu sistem yang berlangsung dari **bahan baku hingga produk dikonsumsi**. Penggunaan bahan baku bermutu, penanganan yang tepat, higiene dan sanitasi, pengendalian proses, pengemasan, penyimpanan, serta pemantauan mutu merupakan rangkaian yang saling berkaitan. Penerapan prinsip tersebut memungkinkan produk tradisional tetap mempertahankan nilai budaya dan karakteristik khasnya, sekaligus memiliki tingkat keamanan, konsistensi, dan daya saing yang lebih baik.

Pada akhirnya, pengembangan produk tradisional tidak harus mempertentangkan antara **tradisi dan teknologi**. Teknologi dapat digunakan untuk memperkuat praktik tradisional melalui pengendalian parameter proses dan keamanan, sedangkan pengetahuan lokal tetap dipertahankan sebagai sumber karakteristik, identitas, dan keunikan produk. Pendekatan integratif tersebut menjadi salah satu strategi penting untuk menjaga keberlanjutan produk fermentasi dan olahan tradisional hasil perikanan di

tengah perubahan kebutuhan konsumen dan tuntutan pasar.

DAFTAR PUSTAKA

Atun, M., Julmohammad, N., Huda, N., Roslan, J., Shariff, A.H.M., Nisa F.C., & Yusra (2024), 'Exploring the nutritional value, health benefits and concerns associates in selected fermented fish product in Southeast Asia: A review', *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, *7*(2), 94-112. https://doi.org/10.20956/canrea.v7i2.1270

Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2026). *Peraturan BPOM Nomor 3 Tahun 2026 tentang Perubahan atas Peraturan BPOM Nomor 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan.* Referensi regulasi terbaru untuk batas cemaran mikroba pangan olahan. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.

Badan Standardisasi Nasional. (2026). *SNI 2372-7:2011 Konfirmasi 2026—Cara uji fisika produk perikanan.* Dapat digunakan sebagai salah satu rujukan metodologis pengujian mutu produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Barbosa-Cánovas, G.V., Fontana, A.J., Schmidt, S.J. & Labuza, T.P. (2020), '*Water Activity in Foods*', *Fundamentals and Applications*, 2nd edn', Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ. https://doi.org/10.1002/9781118765982.fmatter

Banicod, R.J., Ramos, C.A., Perelonia, K.B., Peralta, D.M., Dollente, R.C., & Montojo, U.M. (2026), 'Traditional Fish Smoking in the Philippines: Postharvest Practices, Contaminant Profile, and Implications for Sectoral Sustainability', *Food and Humanity*. 6, 101237. https://doi.org/10.1016/j.foohum.2026.101237

Belleggia, L. & Osimani, A., (2023), 'Fermented fish and fermented fish-based products, an ever-growing source of microbial diversity: A literature review', *Food Research International*, 172, p.113112. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113112

Budiati, L, Swastawati, F, Syakur, A, Suharto, S, Hasthi, S & Anggo, AD 2024, 'Downstream Strategies of Liquid Smoke Products as a Preservative and Smoke Aroma in Fishery Products', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, vol. 27, no. 8, pp. 671-683. https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i8.53690

Botutihe, F., Ali, D.A. and Nurhafsah (2024), 'Pengaruh konsentrasi penambahan bubuk ikan roa asap (*Hemiramphus* sp.) terhadap tingkat kesukaan bumbu penyedap', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(7), pp. 599–610. https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i7.49143

Cai, H., Tao, L., Zhou, X., Liu, Y., Sun, D., Ma, Q., Yu, Z. & Jiang, W., (2024), 'Lactic acid bacteria in fermented fish: Enhancing flavor and ensuring safety', *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, p.101206. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101206

Chan, S.X.Y., Fitri, N., Mio Asni, N.S., Sayuti, N.H., Azlan, U.K., Qadi, W.S.M., Dawoud, E.A.D., Kamal, N., Sarian, M.N., Mohd Lazaldin, M.A., Low, C.F., Harun, S., Hamezah, H.S., Rohani, E.R. & Mediani, A., (2023), 'A Comprehensive Review with Future Insights on the Processing and Safety of Fermented Fish and the Associated Changes', *Foods*, 12(3), p.558. https://doi.org/10.3390/foods12030558

Chowdhury, A.P., Borah, A., Das, P., Boro, N. & Narzary, D. (2025), 'Culturable fungal diversity in the fermented fish food 'Nafam' of the Bodo community of Assam', *The Microbe*, 9, 100619. https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100619

Desniar, D., Setyaningsih, I. ., & Fransiska, I. M. (2023), 'Perubahan kimiawi dan mikrobiologis selama fermentasi bekasam ikan nila menggunakan starter tunggal dan campuran: Change of chemical and microbiological during the fermentation of bekasam nile tilapia fish using single and mixed starters', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, *26*(3), 414-424. https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i3.50664

Fellows, P. & Hampton, A. eds., (1992), 'Small-scale food processing', *London: Intermediate Technology Publications*. Available at: fao.org [Accessed 8 August 2026]. https://doi.org/10.1002/pts.2770070306

Han, J., Hu, S., Zhao, X., Jiang, J., Wang, Q., Wu, J., Zhao, X., Li, P., & Gu, Q. (2024), 'An isolated salt-tolerant Tetragenococcus halophilus 2MH-3 improved the volatile flavor of low-salt fermented fish sauce by regulating the microbial community', *Food Res Int*. 2024 Nov;196:115052. doi: 10.1016/j.foodres.2024.115052 https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115052

Herlina, V.T., & Setiarto, R.H.B. (2024), 'Terasi, exploring the Indonesian ethnic fermented shrimp paste', *J. Ethn. Food* 11, 7. https://doi.org/10.1186/s42779-024-00222-w

Hu, W., Liu, J., Ding, X., Ren, Y., Liu, M., Shi, T., Tan, F. & Zeng, X. (2024), '*Saccharomyces cerevisiae* strains L7 contribute to flavor and deacidification in Suanyu, a Chinese traditional fermented fish', *npj Science of Food*, 8, 92. https://doi.org/10.1038/s41538-024-00336-0

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2025). *Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 6 Tahun 2025 tentang Penerapan Standar Bahan Baku Pengolahan Ikan.* Relevan untuk pembahasan standar bahan baku dan jaminan mutu. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024). *Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 25 Tahun 2024 tentang Jenis Komoditas Wajib Periksa dan/atau Pemenuhan Persyaratan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan*, Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024). *Sistem Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan serta penerapan GMP/SSOP dan HACCP.* Referensi kelembagaan untuk penerapan sistem jaminan mutu dari hulu hingga hilir. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (2024). *Badan Mutu KKP Permudah Produk Perikanan Indonesia Mendunia.* Relevan untuk hubungan mutu, keamanan, sertifikasi HACCP, dan daya saing produk perikanan. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Khongthaw, B., Dladla, M. & Chauhan, P.K., (2026), 'Fermented Fish Products: A Comprehensive Overview of Traditional Processing Techniques, Varieties, and Their Health Benefits', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 25(3), p.e70457. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70457

Kitts DD, Pratap-Singh A, Singh A, Chen X, & Wang S. (2022), 'A Risk-Benefit Analysis of First Nation's Traditional Smoked Fish Processing', *Foods*. 26;12(1):111. https://doi.org/10.3390/foods12010111

Kurnianto, MA, Christabela, TDA, Septiana, S, Munarko, H, Chasanah, E & Rini, DM (2026), 'Rusip, a traditional Indonesian fermented anchovy fish: Microbial changes, biochemical transformation, and functional prediction during the fermentation', *Applied Food Research*, vol. 6, no. 1, 101693. https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.101693

Li, H., Li, G., Bi, Y., & Liu, S. (2024), 'Fermented Fish Products: Balancing Tradition and Innovation for Improved Quality', *Foods*, *13*(16), 2565. https://doi.org/10.3390/foods13162565

Lubis, U., Liviawaty, E., Dewanti, L. P., & Pratama, R. I. (2024), 'Environmental Control of Low Salt Mackerel Peda Fermentation with Different Levels', *Jurnal Perikanan*. *14*(3), 1632–1642. https://doi.org/10.29303/jp.v14i3.942

Li, H., Li, G., Bi, Y. & Liu, S., (2024), 'Fermented Fish Products: Balancing Tradition and Innovation for Improved Quality', *Foods*, 13(16), p.2565. https://doi.org/10.3390/foods13162565

Maherawati, Tridayanti, D., Hartanti, L. and Mayasari, E. (2025), 'Pemanfaatan bakteri asam laktat dari pekasam tradisional sebagai kultur starter untuk pekasam skala laboratorium', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(5). https://doi.org/10.17844/jphpi.v28i5.62718

Massinai, N. R. (2026), 'Functional Lactic Acid Bacteria in Fermented Foods: Bioactive Compounds, Health Benefits, and Food Applications', *Journal of Innovative and Creativity (Joecy)*, *6*(2), 39734–39746. https://doi.org/10.31004/joecy.v6i2.12721

Miftachurrochmah, A., Sunarharum, W.B. & Fibrianto, K. (2025), 'Traditional fermented fish '*bekasam*' as a flavor enhancer: Perspectives on characteristics of fermented product and sensory properties', *J. Ethn. Food* **12**, 40. https://doi.org/10.1186/s42779-025-00302-5

Narzary, Y., Das, S., Goyal, A.K., Lam, S.S., Sarma,H., & Sharma, D. (2021), 'Fermented fish products in South and Southeast Asian cuisine: indigenous technology processes, nutrient composition, and cultural significance', *J. Ethn. Food* 8, 33. https://doi.org/10.1186/s42779-021-00109-0

Nguyen, P.-T., Tran, T.-M.-N., Nguyen, D.-T. & Nguyen, H.-T. (2025), 'Unveiling early microbial succession and predicted functional transitions during freshwater fish sauce fermentation through 16S rRNA metagenomics', *Next Research*, 2(4), 100794.. https://doi.org/10.1016/j.nexres.2025.100794

Ningsih, O., Utami, T., Rahayu, E.S., Fibri, D.L.N. (2025), 'Exploring kadoru fish, the traditional smoked sneakhead fish ethnic identity from central Sumba: processing method, and its physicochemical and sensory profile', *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 41, 101251. 10.1016/j.ijgfs.2025.101251

Noya, E.D., Rieuwpassa, F. & Sormin, R.B.D. (2024), 'Nilai organoleptik pada produk olahan ikan tradisional di Provinsi Maluku', *INASUA: Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 4(2), pp. 57–64. https://doi.org/10.30598/jinasua.2024.4.2.318.

Prihanto, A.A., Umam, N.I. & Bangun, J.D.G. (2024), 'Unveiling the secrets of Indonesian fermented fish: Characteristics of lactic acid bacteria, roles, and potential in product development', *Food Bioscience*, 61, 104629. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104629

Rakhmayeni, D.A., Yuniarti, T., Sukarno, S. and Prayudi, A. (2024), 'Karakteristik ikan tandipang (*Dussumeiria acuta*) asap: Characteristics of smoked rainbow sardine fish (*Dussumeiria acuta*)', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(2), pp. 112–123.https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i2.43821

Ramadhanti, B. W. ., Sumardianto, S., & Romadhon, R. (2024), 'Karakteristik mutu dan kandungan senyawa volatil bekasam cumi-cumi dengan lama fermentasi yang berbeda: Quality and volatile compound content characteristics of fermented squid bekasam with different fermentation durations', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, *27*(3), 208-222. https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.48451

Rinto, R., Sudirman, S., Ulqodry, T.Z., Pitayati, P.A. and Balqis, F.R. (2024), 'Efektivitas daun kemangi sebagai anti lalat pada pembuatan ikan asin sepat rawa (*Trichopodus trichopterus*)', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(5), pp. 351–361. https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i5.50005

Sawant, S. S., Park, H.-Y., Sim, E.-Y., Kim, H.-S., & Choi, H.-S. (2025), 'Microbial Fermentation in Food: Impact on Functional Properties and Nutritional Enhancement—A Review of Recent Developments', *Fermentation*, *11*(1), 15. https://doi.org/10.3390/fermentation11010015

Sayuti, M., Asriani, Salampessy, R. B. S., Siregar, A. N., & Setiarto, R. H. B. (2025), 'Proximate, amino acids, fatty acids, and sensory properties of smoked yellow□n tuna (*Tunnus albacares*)', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(10), 903-916. http://dx.doi.org/10.17844/w57xms69

Sengar, N.S., Sahu, V., Jakhar, J.K., Dhruve, D., Ngasotter, S., Tameshwar, Gendley, M.K. and Jakhar, S. (2025), 'Drying and smoking of fish: nutritional significance, safety concerns and emerging technologies for food security', *Journal of Fisheries*, 13(3), 133301. https://doi.org/10.17017/j.fish.1085

Setiarto, R.H.B., & Herlina, V.T. (2024), 'Exploring bekasam, an indigenous fermented fish product of Indonesia: original South Sumatra region', *J. Ethn. Food* **11**, 18. https://doi.org/10.1186/s42779-024-00230-w

Settachaimongkon, S., Det-udom, R., Suriya, A., Suphamityotin, P., Thanthithum, C., Manowan, P., Hwansena, W. & Prakitchaiwattana, C. (2025), 'Active dried co-autochthonous culture as accelerators and safety enhancers in Thai-salty fish (Pla-ra) fermentation: Laboratory and large-scale studies', *LWT*, 228, 118093. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118093.

Sormin, R. B. D., Naralyawan, P. F. and Tapotubun, A. M. (2024) "Mutu Abon Ikan LayanG (*Decapterus sp*.) Asal Banda", *INASUA: Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 4(1), pp. 1-7.https://doi.org/10.30598/jinasua.2024.4.1.256

Soemarie, Y.B., Milanda, T. & Barliana, M.I., (2022) 'Isolation, Characterization, and Identification Candidate of Probiotic Bacteria Isolated from Wadi Papuyu (*Anabas testudineus* Bloch.) a Fermented Fish Product from Central Kalimantan Indonesia', *International Journal of Food Science*, 2022, pp.1–9. https://doi.org/10.1155/2022/4241531

Sukmiwati, Mery & Diharmi, Andarini & Sari, Nispa. (2024), 'Profil asam lemak abon ikan dengan penambahan buah nangka selama penyimpanan: Fatty acid profile of fish floss with the addition of jackfruits during storage', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 27. 754-764.https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i9.55014

Surya, R., Nugroho, D., Kamal, N. & Petsong, K. (2024), 'Characteristics of Indonesian traditional fermented seafood paste (*terasi*) made from shrimp and anchovy', *J. Ethn. Food* 11, 2 (2024). https://doi.org/10.1186/s42779-023-00218-y

Suseno, H. ., Suadi, Jamhari, Rustadi, Kristiningrum, E., & Agus Susanto, D. (2025), 'Developing a Performance Improvement Model for Fish Processing Units of Small and Medium Enterprises in Indonesia', *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, *18*(1), 240–259. https://doi.org/10.20473/jipk.v18i1.80956

Tega, Y.R., Pesulima, W., Ningsih, O., Dawa, U.P.L., & Henggu, K.U. (2022), 'Pengembangan Produk Olahan Ikan Kadoru di Kecamatan Katikutana Kabupaten Sumba Tengah, Nusa Tenggara Timur', *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 12(1), pp. 11–18. https://doi.org/10.24319/jtpk.12.11-18

Ter, Z.Y., Chang, L.S., Babji, A.S., Zaini, N.A.M., Fazry, S., Sarbini, S.R., Peterbauer, C.K. & Lim, S.J. (2023), 'A review on proteolytic fermentation of dietary protein using lactic acid bacteria for the development of novel proteolytically fermented foods', *International Journal of Food Science & Technology*, pp. 1213–1236. https://doi.org/10.1111/ijfs.16888.

Toppe, J. & Olsen, R.L., (2024), 'Fish silage production by fermentation – A manual on how microbial fermentation can turn fish waste into a valuable feed ingredient or fertilizer', Rome: FAO. Available at: https://doi.org/10.4060/cd0799en

Turan, H. dan Erkoyuncu, İ. (2012), 'Salting Technology in Fish Processing', dalam Bhat, R., Alias, A.K. dan Paliyath, G. (ed.) *Progress in Food Preservation*. Chichester: Wiley-Blackwell, hlm. 283–300. https://doi.org/10.1002/9781119962045.ch14

Ulfah, M., Fauziyyah, A., Khairunnisa, A. and Hakiki, D.N. (2025), 'Trends in Indonesian Fermented Fish Research (1967–2024): A Bibliometric Analysis Based on Scopus Database', *Journal of Applied Food Science and Technology*, 6(4), pp. 242-252. https://doi.org/10.12928/jafost.v6i4.14582

Ulfah, A., Riyadi, P.H. and Anggo, A.D. (2025), 'Utilizing shrimp heads to create powdered terasi with varying fermentation durations and its antioxidant potential', *Applied Food Research*, 5(1), 100677. https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100677

Wang, Y., Chen, Q., Li, L., Chen, S., Zhao, Y., Li, C., Xiang, H., Wu , Y., & Sun-Waterhouse, D. (2023), 'Transforming the fermented fish landscape: Microbiota enable novel, safe, flavorful, and healthy products for modern consumers', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22, 3560–3601. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13208

Wardono, B., Muhartono, R., Apriliani, T., Hikmah & Zulham, A. (2020), 'Traditional Fisheries Supply Chain Management in The Border Area: The Natuna Islands, Indonesia', *E3S Web of Conferences*, 147, 02009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014702009

Wibawa, T. I. (2025) "Analisis Karakteristik Pengolahan Ikan Asin Jambal Roti, Studi Kasus Di Home Industri Teh Iti, Pangandaran: Analysis Of Processing Characteristics Of Salted Jambal Roti Fish, A Case Study In Teh Iti Home Industry, Pangandaran", *Jurnal Teknik Pertanian Terapan*, 3(1), pp. 9–15. https://doi.org/10.25047/jtpt.v3i1.6008

Ye, Q., Tan, J., He, X., Wang, C., Liu, X., Li, C., Fang, Z., Chen, H., Liu, Y., Chen, S. & Zeng, Z. (2024), 'Effect of lipase and lipoxygenase on lipid metabolism and the formation of main volatile flavour compounds in fermented fish products: a review', Int J Food Sci Technol, 59: 1248-1259. https://doi.org/10.1111/ijfs.16912

Zang, J., Xiao, L., Zhao, X., Shi, Y., Ma, K., Zhang, C., Geng, S., Rui, X., Lin, T., & Li, W. (2026), 'From fermentation to function: a critical review of lactic acid bacteria redesign for functional foods and precision nutrition', Crit Rev Food Sci Nutr. 2026;66(24):4425-4451. https://doi.org/10.1080/10408398.2026.2631641

BAB 10

TEKNOLOGI PENGOLAHAN SURIMI DAN PRODUK NILAI TAMBAH

Oleh Ananda Sekar Kinanti

Industri pengolahan hasil perikanan mengalami perkembangan yang cukup pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap pangan yang praktis, bergizi, aman, dan memiliki umur simpan panjang. Salah satu teknologi pengolahan yang berkembang dalam industri hasil perikanan adalah teknologi surimi**.** Surimi merupakan konsentrat protein miofibril ikan yang diperoleh melalui proses pemisahan daging, pencucian, pengurangan kadar air, pemurnian, pencampuran dengan bahan tambahan tertentu, dan pembekuan(Walayat *et al*., 2022). Surimi selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk pangan berbasis ikan.

Surimi memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan produk ikan konvensional. Pada proses pembuatannya, komponen yang tidak diinginkan seperti darah, pigmen, lemak, protein sarkoplasma, dan senyawa larut air dapat dikurangi melalui proses pencucian. Sementara itu, protein miofibril dipertahankan karena mempunyai kemampuan membentuk gel yang baik setelah mengalami proses pemanasan. Kemampuan pembentukan

gel tersebut menjadi salah satu karakteristik terpenting dalam menentukan kualitas surimi.

Teknologi surimi juga memiliki nilai strategis dalam meningkatkan pemanfaatan sumber daya ikan. Ikan dengan bentuk, ukuran, atau karakteristik yang kurang sesuai untuk pemasaran sebagai ikan utuh dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku surimi selama memiliki kualitas dan karakteristik protein yang sesuai. Produk surimi kemudian dapat dikembangkan menjadi berbagai produk bernilai tambah seperti crab sticks, fish balls, fish cakes, fish tofu, and fish sausage. dan berbagai produk analog seafood (Yingchutrakul *et al*., 2022).

Perkembangan teknologi pengolahan surimi tidak hanya berorientasi pada peningkatan kualitas produk utama, tetapi juga pada peningkatan efisiensi proses dan pemanfaatan hasil samping. Industri pengolahan ikan menghasilkan kepala, tulang, kulit, jeroan, trimming, serta air limbah yang masih mengandung protein dan komponen bernilai lainnya. Pemanfaatan hasil samping dapat meningkatkan nilai ekonomi bahan baku sekaligus mengurangi beban lingkungan.

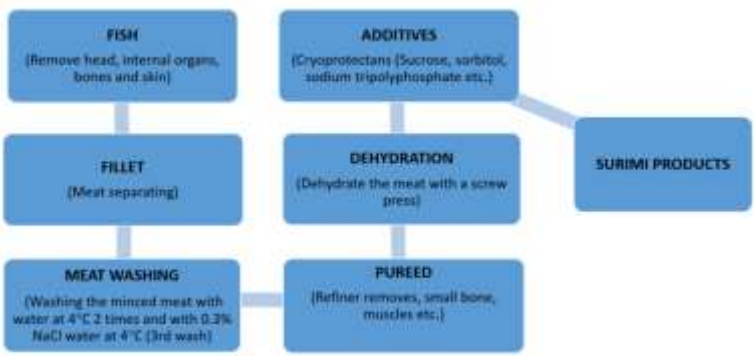
10.1 Konsep Dasar Surimi

10.1.1 Pengertian Surimi

Surimi merupakan produk berbasis protein miofibril ikan yang dihasilkan melalui proses pencucian berulang untuk menghilangkan lemak dan darah, kemudian ditambahkan bahan krioprotektan agar diperoleh tekstur yang elastis dan kenyal. Surimi banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk olahan seperti bakso ikan, fish cake, sosis ikan, dan crab

stick, sehingga memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi (H. Ramadhan *et al*., n.d.).

Prinsip utama dalam produksi surimi adalah mempertahankan protein miofibril, terutama miosin dan aktin, sekaligus mengurangi komponen yang tidak diinginkan seperti darah, pigmen, protein sarkoplasma, lemak, jaringan ikat, dan senyawa larut air tertentu. Protein miofibril sangat penting karena memiliki kemampuan membentuk struktur gel yang memberikan karakteristik elastis, kenyal, dan kompak pada produk akhir (Reza *et al*., 2009). Secara umum, proses produksi surimi dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 10. 1 Proses Produksi Surimi ((Dagtekin, 2022)

Perubahan kondisi pada satu tahapan dapat memengaruhi kualitas surimi pada tahapan berikutnya. Sebagai contoh, bahan baku dengan tingkat kesegaran rendah dapat menghasilkan protein yang telah mengalami perubahan sehingga kemampuan pembentukan gel menjadi lebih rendah (Somjid *et al*., 2023). Demikian pula, proses pencucian yang terlalu intensif dapat meningkatkan kehilangan protein dan menurunkan *yield* (Trigo *et al*., 2023). Pada industri

modern, proses produksi surimi dapat menggunakan kombinasi peralatan seperti Meat Bone Separator (MBS), *leaching tank, rotary screen*, *refiner, dehydrator*, *mixing machine, forming machine,* dan *Contact Plate Freezer* (CPF) (Fais dan Gunanti Mahasri *et al*., 2019). Penggunaan mesin tersebut bertujuan meningkatkan kapasitas produksi, efisiensi pemisahan, konsistensi mutu, serta mengurangi kehilangan bahan selama proses. Surimi yang telah selesai diproduksi umumnya dibekukan untuk mempertahankan kualitas selama penyimpanan. Sebelum pembekuan, bahan dapat ditambahkan cryprotectan seperti gula atau bahan lain sesuai dengan formulasi.

10.1.2 Komponen Protein dalam Surimi

Protein merupakan komponen utama yang menentukan karakteristik fungsional surimi (W. Ramadhan *et al*., 2014). Protein ikan secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu protein miofibril, protein sarkoplasma, dan protein stroma.

A. Protein Miofibril

Protein miofibril merupakan kelompok protein yang paling penting dalam teknologi surimi karena berperan utama dalam pembentukan gel. Protein miofibril terdiri atas berbagai protein, terutama myosin, aktin, tropomyosin, troponin, dan protein struktural lainnya (Lalopua & Onsu, 2021).

B. Protein Sarkoplasma

Protein sarkoplasma merupakan protein yang terdapat dalam cairan atau bagian sarkoplasma sel otot. Kelompok protein ini relatif mudah larut dalam air. Pada proses pembuatan surimi, sebagian protein sarkoplasma dikurangi melalui proses

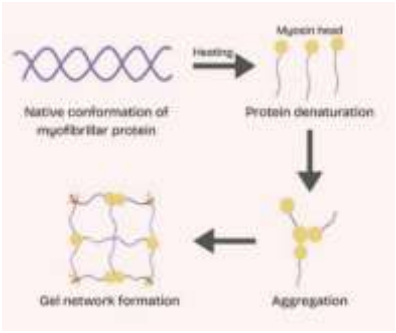
pencucian. Pengurangan protein sarkoplasma dilakukan karena beberapa komponennya dapat memengaruhi warna, cita rasa, dan karakteristik pembentukan gel (Anggraeni *et al.*, 2021).

C. Protein Stroma

Protein stroma merupakan protein struktural yang banyak terdapat pada jaringan ikat. Contohnya adalah kolagen dan protein jaringan ikat lainnya. Keberadaan jaringan ikat dalam jumlah berlebihan dapat memengaruhi tekstur dan kualitas pasta ikan (Deddy Muctadi, n.d.). Oleh sebab itu, proses pemisahan daging dan refining diperlukan untuk mengurangi jaringan yang tidak diinginkan.

10.1.3 Prinsip Pembentukan Gel Surimi

Salah satu karakteristik utama surimi adalah kemampuannya membentuk gel setelah mengalami pemanasan. Gel surimi terbentuk melalui perubahan struktur protein dan interaksi antarmolekul protein selama proses pemanasan. Secara sederhana, mekanisme pembentukan gel dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 10. 2 Mekanisme Pembentukan Gel (Sulaiman *et al.*, 2026)

Pada kondisi awal, protein berada dalam struktur tertentu yang dipertahankan oleh berbagai interaksi intramolekuler. Ketika diberikan energi panas, struktur protein mulai mengalami perubahan atau denaturasi. Denaturasi menyebabkan struktur protein mengalami pembukaan atau *unfolding*. Bagian-bagian protein yang sebelumnya berada di dalam struktur protein dapat menjadi lebih terbuka dan berinteraksi dengan molekul protein lainnya. Selanjutnya terjadi agregasi dan pembentukan jaringan tiga dimensi. Jaringan tersebut akan menangkap dan mempertahankan air sehingga terbentuk struktur gel.

10.2 Bahan Baku Surimi

10.2.1 Jenis Ikan Surimi

Pemilihan jenis ikan merupakan tahap awal yang sangat menentukan kualitas surimi. Tidak semua jenis ikan memiliki kemampuan yang sama dalam menghasilkan surimi dengan *gel strength*, warna, tekstur, dan *yield* yang baik. Oleh karena itu, pemilihan bahan baku harus mempertimbangkan karakteristik protein, kadar lemak, warna daging, aktivitas enzim, serta ketersediaan dan harga bahan baku.

Beberapa jenis ikan yang telah banyak digunakan atau berpotensi digunakan sebagai bahan baku surimi antara lain Alaska pollock, Pacific whiting, threadfin bream, croaker, goatfish, dan beberapa jenis ikan demersal maupun pelagis lainnya (Yin & Park, 2023). Pemilihan spesies sangat bergantung pada karakteristik bahan baku, target mutu, ketersediaan lokal, dan kebutuhan industri.

Dalam konteks industri di Indonesia, jenis ikan seperti Itoyori, Kintokindai, Himeji, Hiiragi, dan Eso dapat dipertimbangkan sebagai bahan baku surimi. Namun, setiap spesies perlu dievaluasi terlebih dahulu karena karakteristik gel, kadar lemak, warna, *yield*, dan aktivitas enzimnya dapat berbeda (Guenneugues, 2013).

10.2.2 Kriteria Ikan yang Sesuai untuk Surimi

Ikan yang digunakan sebagai bahan baku surimi harus memenuhi persyaratan tertentu agar dapat menghasilkan surimi dengan kualitas yang baik dan konsisten. Kriteria tersebut tidak hanya berkaitan dengan kandungan protein, tetapi juga meliputi kemampuan pembentukan gel, tingkat kesegaran, kadar lemak, warna daging, aktivitas enzim, kondisi fisik, keamanan, serta ketersediaan bahan baku.

A. Kandungan dan Kondisi Protein Miofibril

Protein miofibril, terutama miosin dan aktin, merupakan komponen utama yang berperan dalam pembentukan gel surimi (Sharon Supit *et al*., 2021). Oleh karena itu, ikan yang memiliki kandungan protein miofibril yang tinggi dan masih dalam kondisi fungsional memiliki potensi lebih besar untuk menghasilkan surimi dengan *gel strength* yang baik. Namun, kandungan protein total tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya indikator kualitas bahan baku. Kondisi protein setelah ikan ditangkap juga sangat penting. Protein yang telah mengalami denaturasi atau degradasi akibat penyimpanan yang tidak tepat dapat kehilangan sebagian kemampuan fungsionalnya.

B. Tingkat Kesegaran Tinggi

Kesegaran merupakan salah satu faktor paling penting dalam menentukan kualitas ikan untuk produksi surimi (Sharon Supit *et al*., 2021)Setelah ikan mati, berbagai perubahan biokimia dan mikrobiologis mulai berlangsung. Aktivitas enzim dan mikroorganisme dapat menyebabkan perubahan pada protein, lemak, dan komponen jaringan ikan. Degradasi protein miofibril dapat menyebabkan penurunan kemampuan pembentukan gel. Oleh karena itu, bahan baku sebaiknya segera didinginkan setelah penangkapan, dipertahankan dalam rantai dingin selama transportasi, dan segera diproses setelah diterima.

C. Warna Daging Sesuai

Warna daging ikan menjadi pertimbangan penting terutama apabila surimi digunakan untuk menghasilkan produk berwarna putih atau terang (Dwi Inda Sari *et al*., 2021). Daging ikan yang relatif putih lebih mudah menghasilkan surimi dengan warna yang sesuai untuk produk seperti *fish ball*, *fish cake*, dan berbagai produk analog seafood. Sebaliknya, darah, pigmen, dan komponen berwarna lainnya dapat menyebabkan surimi berwarna lebih gelap. Proses pencucian dapat membantu mengurangi sebagian komponen tersebut, tetapi pemilihan bahan baku dengan warna daging yang sesuai tetap menjadi langkah penting.

10.2.2 Kualitas Ikan Sebelum Masuk Produksi

Sebelum ikan diterima dan digunakan dalam proses produksi surimi, dilakukan pemeriksaan untuk memastikan bahan baku memenuhi spesifikasi yang

telah ditetapkan. Pemeriksaan bahan baku dapat dikelompokkan menjadi organoleptik, fisik, kimia, dan mikrobiologi**.**

A. Pemeriksaan Organoleptik

Pemeriksaan organoleptik merupakan pemeriksaan awal yang dapat dilakukan secara cepat pada saat penerimaan bahan baku. Parameter yang dapat diamati meliputi bau, warna, kondisi mata, kondisi insang, tekstur daging, lender dan kondisi umum ikan (Mardiah *et al*., 2022). Pemeriksaan organoleptik penting sebagai *screening* awal, tetapi tidak cukup untuk menentukan seluruh karakteristik fungsional bahan baku.

Suhu Bahan Baku

Suhu merupakan salah satu parameter penting dalam penerimaan ikan karena berhubungan dengan kecepatan perubahan mutu selama penyimpanan (Made Aditya Nugraha *et al*., n.d.). Semakin lama ikan berada pada kondisi suhu yang tidak terkendali, semakin besar kemungkinan terjadinya perubahan biokimia dan pertumbuhan mikroorganisme. Pengendalian suhu yang konsisten membantu mempertahankan kesegaran ikan dan mengurangi perubahan protein sebelum proses produksi dimulai.

pH

pH dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk mengevaluasi kondisi bahan baku. Perubahan pH dapat terjadi selama penyimpanan akibat berbagai perubahan biokimia pada jaringan ikan. Namun, pH tidak boleh digunakan sebagai satu-satunya indikator kesegaran. Nilai pH harus

diinterpretasikan bersama dengan hasil pemeriksaan organoleptik, suhu, kondisi fisik, dan parameter mutu lainnya. Pengukuran pH juga dapat membantu memantau konsistensi bahan baku antarbatch (Luo *et al*., 2023).

10.3 Formulasi dan Bahan Tambahan

Formulasi merupakan salah satu tahap penting dalam pengolahan surimi karena menentukan karakteristik fisik, kimia, fungsional, sensoris, dan stabilitas produk akhir (Bu *et al*., n.d). Surimi pada dasarnya merupakan matriks protein miofibril yang membutuhkan kondisi lingkungan tertentu agar mampu mempertahankan sifat fungsionalnya dan membentuk gel yang baik selama proses pemanasan.

Salah satu bahan tambahan yang penting dalam formulasi adalah garam atau natrium klorida (NaCl). Garam berperan dalam meningkatkan kelarutan protein miofibril, terutama miosin, sehingga protein dapat terekstraksi dan berinteraksi dengan lebih baik selama proses pencampuran (Li *et al*., 2022).

Gula dan bahan krioprotektan juga dapat digunakan dalam teknologi surimi, terutama pada surimi yang akan disimpan dalam kondisi beku. Bahan seperti sukrosa dan sorbitol dapat membantu mempertahankan stabilitas protein selama proses pembekuan dan penyimpanan. Selama pembekuan, terbentuknya kristal es dapat menyebabkan perubahan lingkungan protein dan menurunkan sifat fungsionalnya. Krioprotektan membantu mengurangi kerusakan tersebut sehingga protein miofibril tetap memiliki kemampuan membentuk gel setelah surimi dicairkan dan diolah (Dagtekin, 2022b).

Fosfat merupakan kelompok bahan tambahan yang banyak digunakan dalam formulasi produk berbasis surimi karena dapat membantu mempertahankan kemampuan protein dalam mengikat air. Contoh fosfat yang dapat digunakan dalam formulasi adalah *sodium tripolyphosphate* (STPP) dan *tetrasodium pyrophosphate* (TSPP). Fosfat dapat memengaruhi interaksi protein dengan air serta membantu mempertahankan karakteristik fungsional protein (Song, 2024).

Selain bahan-bahan tersebut, formulasi produk berbasis surimi dapat menggunakan protein tambahan untuk meningkatkan karakteristik gel, tekstur, atau stabilitas produk. Salah satu bahan yang sering digunakan adalah putih telur atau *egg white protein*. Protein putih telur dapat berinteraksi dengan protein ikan selama pemanasan dan berkontribusi terhadap pembentukan struktur gel (Lv *et al*., 2022). Bahan protein lain, seperti protein kedelai atau protein susu, juga dapat digunakan pada formulasi tertentu sesuai tujuan produk.

10.4 Teknologi Pengolahan Produk Nilai Tambah Berbasis Surimi

Surimi merupakan bahan baku antara yang memiliki fleksibilitas tinggi untuk dikembangkan menjadi berbagai produk pangan bernilai tambah. Pengolahan surimi menjadi produk hilir memungkinkan peningkatan nilai ekonomi bahan baku ikan, memperluas diversifikasi produk perikanan, serta menghasilkan produk dengan karakteristik yang lebih sesuai dengan kebutuhan konsumen. Produk nilai tambah berbasis surimi dapat dikembangkan dalam berbagai bentuk, ukuran, tekstur, dan cita rasa melalui kombinasi formulasi dan teknologi pengolahan yang berbeda.

Produk surimi yang dapat dikembangkan adalah *fish cake*. Produk ini dibuat dengan membentuk adonan surimi menjadi lembaran atau bentuk tertentu kemudian dilakukan pemasakan, misalnya melalui pengukusan atau pemanasan lainnya. *Fish cake* dapat dikombinasikan dengan berbagai bahan tambahan seperti sayuran, bumbu, atau bahan pangan lainnya. Karakteristik utama yang diharapkan adalah tekstur yang kompak, elastis, tidak mudah hancur, serta memiliki rasa dan warna yang sesuai (Wang *et al*., 2024).

Surimi juga dapat digunakan sebagai bahan dasar *fish sausage*. Dalam produk ini, adonan surimi dimasukkan ke dalam selongsong atau kemasan berbentuk sosis kemudian dilakukan pemasakan. Stabilitas adonan, kemampuan pembentukan gel, ukuran produk, serta integritas kemasan merupakan faktor penting dalam menghasilkan *fish sausage* dengan mutu yang baik (Elavarasan *et al*., 2024).

Selain produk tersebut, surimi dapat dikembangkan menjadi *fish tofu*, *fish snack*, produk berbentuk lembaran, produk goreng, serta berbagai produk siap masak. Diversifikasi tersebut memungkinkan industri menyesuaikan produk dengan kebutuhan pasar dan karakteristik bahan baku yang tersedia. Pemilihan jenis produk sebaiknya mempertimbangkan karakteristik gel surimi, formulasi, kemampuan proses, biaya produksi, target konsumen, dan umur simpan.

10.5 Pengendalian Mutu dan Keamanan Pangan

Pengendalian mutu dan keamanan pangan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari teknologi pengolahan surimi dan produk nilai tambah berbasis surimi. Produk perikanan merupakan bahan pangan yang mudah mengalami perubahan mutu karena aktivitas mikroorganisme dan enzim (SALAMA & Chennaoui, 2024).

Oleh karena itu, pengendalian harus dilakukan secara menyeluruh mulai dari penerimaan bahan baku, proses produksi, penyimpanan, hingga distribusi. Tujuan utama pengendalian mutu adalah menghasilkan produk yang aman dikonsumsi, memiliki karakteristik sesuai spesifikasi, konsisten antarbatch, dan memenuhi persyaratan yang berlaku.

Pengendalian dimulai dari tahap penerimaan bahan baku. Ikan harus diperiksa untuk memastikan kesegaran, kondisi fisik, suhu, karakteristik organoleptik, serta parameter mutu lainnya sesuai dengan spesifikasi perusahaan. Bahan baku yang tidak memenuhi persyaratan harus dipisahkan dan ditangani sesuai prosedur. Pengendalian bahan baku sangat penting karena mutu bahan awal akan memengaruhi kualitas surimi dan produk akhir. Penggunaan bahan baku yang telah mengalami penurunan mutu dapat menyebabkan penurunan kemampuan pembentukan gel serta meningkatkan risiko keamanan pangan (Liu *et al*., 2024).

Selama proses produksi, setiap tahapan harus memiliki parameter yang dikendalikan. Pada proses pemisahan daging, efisiensi *Meat Bone Separator* dan *yield* perlu diperhatikan. Pada proses *leaching*, suhu, waktu, rasio air terhadap daging, serta kualitas air harus dikendalikan. Pada proses *refining*, ukuran partikel dan kebersihan alat perlu diperhatikan. Proses *dewatering* harus menghasilkan kadar air sesuai spesifikasi, sedangkan proses *mixing* harus menghasilkan distribusi bahan tambahan yang homogen tanpa menyebabkan kenaikan suhu adonan yang berlebihan.

Pengendalian suhu merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam produksi surimi. Suhu perlu dikendalikan selama penerimaan dan penyimpanan ikan, proses pencucian, *mixing*, pembentukan, pemasakan, pendinginan, pembekuan, dan penyimpanan. Pengendalian

suhu bertujuan mempertahankan kualitas protein, menghambat pertumbuhan mikroorganisme, mengendalikan aktivitas enzim, dan mempertahankan keamanan produk (Khan *et al*., 2025). Fluktuasi suhu selama penyimpanan beku juga perlu diminimalkan karena dapat menyebabkan perubahan kualitas dan mempercepat kerusakan produk.

Pengendalian mutu produk surimi dapat dilakukan melalui pengujian fisik, kimia, fungsional, mikrobiologi, dan sensoris. Parameter fisik dapat meliputi warna, tekstur, bentuk, ukuran, dan *gel strength*. Parameter kimia dapat meliputi kadar air, protein, lemak, pH, kadar garam, dan parameter formulasi lainnya. Pengujian fungsional seperti *gel strength*, *breaking force*, *deformation*, dan *water holding capacity* dapat digunakan untuk mengevaluasi kemampuan surimi dalam menghasilkan struktur gel yang baik.

Pengujian mikrobiologi diperlukan untuk memastikan produk memenuhi persyaratan keamanan pangan. Parameter yang diperiksa harus disesuaikan dengan jenis produk, risiko proses, persyaratan pelanggan, serta standar dan regulasi yang berlaku. Pengujian dapat mencakup mikroorganisme indikator maupun mikroorganisme patogen yang relevan terhadap produk. Hasil pengujian mikrobiologi harus digunakan sebagai bagian dari sistem verifikasi dan tidak menggantikan pengendalian higiene serta sanitasi selama proses (Nwakoby *et al*., 2025).

Keamanan pangan dalam industri surimi dapat dikendalikan melalui penerapan *Good Manufacturing Practices* (GMP), *Sanitation Standard Operating Procedures* (SSOP), dan *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP)**.** GMP mengatur praktik produksi yang baik, termasuk kondisi fasilitas, peralatan, higiene personel, pengendalian bahan baku, dan proses produksi. SSOP berfokus pada sanitasi dan higiene untuk mencegah kontaminasi selama proses. Sementara itu, HACCP digunakan

untuk mengidentifikasi bahaya yang signifikan dan menetapkan tindakan pengendalian pada tahapan yang diperlukan.

Bahaya dalam produksi surimi dapat dikelompokkan menjadi bahaya biologis, kimia, dan fisik (Caner, 2026). Bahaya biologis dapat berupa bakteri patogen, virus, parasit, atau mikroorganisme lainnya. Bahaya kimia dapat berasal dari residu bahan pembersih, kontaminan lingkungan, logam berat, bahan tambahan yang tidak sesuai, atau alergen. Bahaya fisik dapat berupa tulang, serpihan logam, plastik, kaca, atau benda asing lainnya. Identifikasi dan pengendalian bahaya tersebut harus dilakukan berdasarkan karakteristik bahan baku, proses, fasilitas, serta tujuan penggunaan produk.

Air dan es yang digunakan selama proses juga harus menjadi bagian dari pengendalian keamanan pangan. Air digunakan dalam proses pencucian dan *leaching*, sedangkan es dapat digunakan untuk mempertahankan suhu bahan. Apabila air atau es terkontaminasi, kontaminasi tersebut dapat menyebar ke seluruh produk. Oleh karena itu, kualitas air dan es harus dikendalikan dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan untuk penggunaannya dalam proses pangan.

Higiene personel merupakan faktor penting dalam mencegah kontaminasi silang. Personel harus menjaga kebersihan tangan dan tubuh, menggunakan pakaian kerja yang sesuai, menggunakan penutup kepala, mengikuti prosedur pencucian tangan, dan tidak melakukan aktivitas yang dapat menyebabkan kontaminasi produk. Pergerakan personel antara area dengan tingkat higiene yang berbeda juga perlu dikendalikan untuk mengurangi kemungkinan perpindahan kontaminan.

Sanitasi peralatan merupakan bagian penting dari SSOP. Peralatan yang kontak langsung dengan bahan dan produk, seperti *Meat Bone Separator*, *leaching tank*, *rotary screen*,

refiner, *dehydrator*, *mixing machine*, *forming machine*, conveyor, dan peralatan pengemasan harus dibersihkan dan disanitasi sesuai prosedur. Program sanitasi harus mencakup metode pembersihan, bahan pembersih dan sanitasi yang digunakan, konsentrasi, waktu kontak, frekuensi, serta metode verifikasi efektivitas sanitasi.

Sistem *traceability* atau ketertelusuran juga diperlukan dalam industri surimi. Setiap batch produk harus dapat ditelusuri kembali ke sumber bahan bakunya. Informasi yang dapat dicatat meliputi pemasok, jenis ikan, tanggal penerimaan, kode bahan baku, nomor batch, hasil pemeriksaan bahan baku, formulasi, parameter proses, hasil pengujian QC, nomor lot produk, serta tujuan distribusi. Sistem tersebut sangat penting apabila terjadi ketidaksesuaian produk, keluhan konsumen, atau kebutuhan penarikan produk dari pasar.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, R., Lekahena, V. N. J., Kusumaningrum, I., & Supriyadi, S. (2017). Karakteristik Surimi Ikan Cucut (Carcharhinus sp). *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, *10*(2), 36-43.

Bu, Y., Zhao, Y., Zhou, Y., Zhu, W., Li, J., & Li, X. (2023). *Quality and flavor characteristics evaluation of red sea bream surimi 2 powder by different drying techniques*. Retrieved https://ssrn.com/abstract=4458009

Caner, V. (2026). Occupational health and safety risks in the global seafood and aquaculture industry: a systematic review of physical, biological, and psychosocial hazards. In *Journal of Public Health (Germany)*. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/s10389-026-02834-9

Dagtekin, B. B. (2022a). Surimi Technology and New Techniques Used For Surimi-Based Products. *Aquatic Food Studies*, *2*(1). https://doi.org/10.4194/afs105

Dagtekin, B. B. (2022b). Surimi Technology and New Techniques Used For Surimi-Based Products. *Aquatic Food Studies*, *2*(1). https://doi.org/10.4194/afs105

Deddy Muctadi, I. (2016). *Pengetahuan Bahan Hasil Perikanan*.

Sari, D. I., Hanggita, S., Herpandi, H., & Warayu, R. (2021). Karakteristik Sensoris Chikuwa dengan Perbedaan Bahan Baku Surimi Ikan. *Jurnal FishtecH*, *10*(1), 53-66.

Elavarasan, K., Malini, M., Ninan, G., Ravishankar, C. N., & Dayakar, B. R. (2024). Millet flour as a potential ingredient in fish sausage for health and sustainability. *Sustainable Food Technology*, *2*(4), 1088–1100. https://doi.org/10.1039/d4fb00067f

Fais dan Gunanti Mahasri, N., Manajemen dan Kesehatan Ikan, D., Perairan Fakultas Perikanan dan Keluatan, B., Airlangga, U., Koresponding, I., & Mahasri, G. (2019). Analisis Critical Control Point (CCP) pada Proses Produksi Surimi Beku di PT. Bintang Karya Laut, Kabupaten Rembang Propinsi Jawa Tengah Analysis Critical Control Point (CCP) in Frozen Surimi Production in PT. Bintang Karya Laut, Kabupaten Rembang, Propinsi Jawa Tengah. In *Journal of Marine and Coastal Science* (Vol. 8, Number 3). https://e-journal.unair.ac.id/JMCS

Guenneugues, P. , & I. J. (2013). *Surimi resources and market. Surimi and surimi seafood, 25-53.*

Khan, M. U., Yu, P., Wu, Y., Chen, Z., Kong, L., Farid, A., Cui, J., & Yang, J. (2025). Comprehensive review of enzymes (protease, lipase) in milk: Impact on storage quality, detection methods, and control strategies. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 24, Number 3). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70164

Lalopua, V. M. N., & Onsu, A. (2021). Karakteristik Kimia dan Organoleptik Kamaboko Surimi Tetelan Ikan Tuna. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, *10*(2), 74–82. https://doi.org/10.30598/jagritekno.2021.10.2.74

Li, X., Wang, W., Wang, S., Shen, Y., Pan, J., Dong, X., & Li, S. (2022). The Solubility and Structures of Porcine Myofibrillar Proteins under Low-Salt Processing Conditions as Affected by the Presence of L-Lysine. *Foods*, *11*(6). https://doi.org/10.3390/foods11060855

Liu, B., Yang, H., Zhu, C., Xiao, J., Cao, H., Simal-Gandara, J., Li, Y., Fan, D., & Deng, J. (2024). A comprehensive review of food gels: formation mechanisms, functions, applications, and challenges. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 64, Number 3, pp. 760–782). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2108369

Luo, Y., Pehrsson, M., Langholm, L., Karsdal, M., Bay-Jensen, A. C., & Sun, S. (2023). Lot-to-Lot Variance in Immunoassays—Causes, Consequences, and Solutions. In *Diagnostics* (Vol. 13, Number 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/diagnostics13111835

Lv, X., Huang, X., Ma, B., Chen, Y., Batool, Z., Fu, X., & Jin, Y. (2022). Modification methods and applications of egg protein gel properties: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *21*(3), 2233–2252. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12907

Made Aditya Nugraha, I., Khairunnisa, A., Cesrany, M., Gusti Made Ngurah Desnanjaya, I., Studi Mekanisasi Perikanan, P., Kelautan dan Perikanan Kupang, P., Kampung Baru Pelabuhan Ferry Bolok, J., Tenggara Timur, N., Studi Pengolahan Hasil Laut, P., & Kelautan dan Perikanan Jembrana, P. (n.d.). *Evaluasi Penerapan Cold Storage dalam Sistem Cold Chain pada Proses Pengalengan Ikan Lemuru (Sardinella longiceps) di Bali Evaluation of the Application of Cold Storage in the Cold Chain System in the Canning Process of Lemuru Fish (Sardinella longiceps) in Bali*. https://doi.org/10.21107/juvenil.v7i3.29960

Mardiah, A., Karina, I., & Fitria, E. A. (2022). *UJI ORGANOLEPTIK KESEGARAN IKAN LAYANG (Decapterus, sp) SELAMA PENANGANAN SUHU DINGIN*. Retrieved http://ojs.umb-bungo.ac.id/index.php/SEMAHJPSP

Nwakoby, I. P., Iheukwumere, I. H., Iheukwumere, C. M., Nwakoby, N. E., Idigo, M. A., & Ike, V. E. (2025). Food Safety and Law: The Role of Microbiology in Ensuring Safe Food Products. *IPS Journal of Nutrition and Food Science*, *4*(4), 601–607. https://doi.org/10.54117/1q1mvb87

Ramadhan, H., Riva, M., Saputra, W., Pricillia Nanda, R., Studi Agribisnis Perikanan dan Kelautan, P., Negeri Sambas, P., & Barat Correspondance, K. (2026). Pengujian Jumlah Pencucian Dengan Penambahan Stpp Terhadap Nilai Organoleptik Surimi Beku Ikan Malong Testing The Effect Of Washing Frequency With Stpp Addition On The Organoleptic Properties Of Frozen Malong Fish Surimi. In *Jurnal Ilmu Perikanan Air Tawar (clarias)* (Vol. 6, Number 2).

Ramadhan, W., Santoso, J., & Trilaksani, W. (2014). Pengaruh Defatting, Frekuensi Pencucian Dan Jenis Dryoprotectant Terhadap Mutu Tepung Surimi Ikan Lele Kering Beku. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, *25*(1), 47–56. https://doi.org/10.6066/jtip.2014.25.1.47

Reza, M. S., Bapary, M. A. J., Ahasan, C. T., Islam, M. N., & Kamal, M. (2009). Shelf life of several marine fish species of Bangladesh during ice storage. *International Journal of Food Science and Technology*, *44*(8), 1485–1494. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01613.x

SALAMA, Y., & Chennaoui, M. (2024). Microbial Spoilage Organisms in Seafood Products: Pathogens and Quality Control. *European Journal of Microbiology and Infectious Diseases*, (0), 1. https://doi.org/10.5455/ejmid.20240518114533

Sharon Supit, L., Moniharapon, T., Pattipeilohy, F., Program Pascasarjana Program Studi, M. S., Kelautan, I., & Studi Teknologi Hasil Perikanan, P. (2021). Efektifitas Pencucian Dengan Larutan Atung Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Surimi Daging Merah Ikan Tuna *(Thunnus albacares)*. *11*(2), 81–92.

Somjid, P., Chaijan, M., Rawdkuen, S., Grossmann, L., & Panpipat, W. (2023). The Effect of Multistage Refinement on the Bio-Physico-Chemical Properties and Gel-Forming Ability of Fish Protein Isolates from Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *Foods*, *12*(21). https://doi.org/10.3390/foods12213894

Song, J. (2024). In the Beginning: Let Hydration Be Coded in Proteins for Manifestation and Modulation by Salts and Adenosine Triphosphate. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 25, Number 23). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/ijms252312817

Sulaiman, N. S., Mohd. Zaini, H., Akanda, M. J. H., Heong, M. H., Chai, A., & Pindi, W. (2026). Functional and rheological properties of myofibrillar protein–refined palm oil gel as a fat substitute in low-fat sausage. *Discover Food*, *6*(1). https://doi.org/10.1007/s44187-025-00710-1

Trigo, J. P., Stedt, K., Schmidt, A. E. M., Kollander, B., Edlund, U., Nylund, G., Pavia, H., Abdollahi, M., & Undeland, I. (2023). Mild blanching prior to pH-shift processing of Saccharina latissima retains protein extraction yields and amino acid levels of extracts while minimizing iodine content. *Food Chemistry*, *404*. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134576

Walayat, N., Xiong, H., Xiong, Z., Moreno, H. M., Nawaz, A., Niaz, N., & Randhawa, M. A. (2022). Role of Cryoprotectants in Surimi and Factors Affecting Surimi Gel Properties: A Review. In *Food Reviews International* (Vol. 38, Number 6, pp. 1103–1122). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1768403

Wang, H., Li, J., Liu, T., Han, Y., Hou, W., & Yi, Y. (2024). Effects of daylily extract microcapsule on the quality and gel properties of steamed fish cake-a surimi-based product. *Current Research in Food Science*, *9*. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100837

Yin, T., & Park, J. W. (2023). Comprehensive review: by-products from surimi production and better utilization. In *Food Science and Biotechnology* (Vol. 32, Number 14, pp. 1957–1980). The Korean Society of Food Science and Technology. https://doi.org/10.1007/s10068-023-01360-8

Yingchutrakul, M., Wasinnitiwong, N., Benjakul, S., Singh, A., Zheng, Y., Mubango, E., Luo, Y., Tan, Y., & Hong, H. (2022). Asian Carp, an Alternative Material for Surimi Production: Progress and Future. In *Foods* (Vol. 11, Number 9). MDPI. https://doi.org/10.3390/foods11091318

BAB 11

TEKNOLOGI EKTRAKSI MINYAK IKAN DAN TEPUNG IKAN

Oleh Istyqamah Muslimin

Indonesia merupakan salah satu negara maritim terbesar di dunia dengan potensi sumber daya perikanan yang sangat melimpah. Produksi ikan yang tinggi tidak hanya dimanfaatkan sebagai bahan pangan segar, tetapi juga sebagai bahan baku industri pengolahan, termasuk produksi minyak ikan dan tepung ikan (FAO, 2022). Produk-produk ini memiliki nilai ekonomi tinggi karena digunakan dalam berbagai sektor seperti pangan, pakan ternak, farmasi, dan industri kimia.

Minyak ikan dikenal sebagai sumber utama asam lemak tak jenuh ganda (polyunsaturated fatty acids/PUFA), khususnya eicosapentaenoic acid (EPA) dan docosahexaenoic acid (DHA), yang memiliki manfaat penting bagi kesehatan manusia, seperti menurunkan risiko penyakit kardiovaskular dan mendukung perkembangan otak (Wanasundara *et al*., 2002). Sementara itu, tepung ikan merupakan sumber protein berkualitas tinggi yang berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan sel atau jaringan, termasuk sel otak janin (Istyqamah *et al*., 2024).

Meskipun demikian, pemanfaatan hasil samping perikanan di Indonesia masih belum optimal. Banyak limbah ikan seperti kepala, tulang, dan jeroan yang belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal bagian-bagian

tersebut masih mengandung minyak dan protein yang bernilai tinggi (FAO, 2022). Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan yang efisien untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya tersebut.

Teknologi ekstraksi minyak ikan dan produksi tepung ikan menjadi solusi penting dalam meningkatkan nilai tambah hasil perikanan. Berbagai metode telah dikembangkan, mulai dari metode konvensional seperti rendering dan pressing, hingga metode modern seperti ekstraksi enzimatis dan Supercritical Fluid Extraction (SFE) (Swaidan *et al*., 2026). Setiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasan, baik dari segi efisiensi, kualitas produk, maupun dampak lingkungan.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, perhatian terhadap aspek keberlanjutan dan lingkungan semakin meningkat. Industri pengolahan ikan dituntut untuk menerapkan teknologi yang tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan, sesuai dengan prinsip green technology dan ekonomi sirkular (Chemat *et al*., 2012).

11.1 Teknologi Ekstraksi Minyak Ikan

Ekstraksi merupakan proses pemisahan suatu komponen dari campuran berdasarkan perbedaan sifat fisik atau kimia, seperti kelarutan, volatilitas, atau difusivitas. Dalam konteks industri pengolahan ikan, ekstraksi bertujuan untuk memisahkan dari jaringan biologis ikan yang kompleks, yang terdiri dari protein, air, dan lipid. Teknologi ekstraksi minyak ikan dan tepung ikan merupakan bagian penting dalam industri pengolahan hasil perikanan. Kedua produk ini dihasilkan dari bahan baku yang sama, tetapi melalui proses pemisahan dan pengolahan yang berbeda. Minyak ikan berfokus pada ekstraksi lipid, sedangkan tepung ikan merupakan produk padat yang kaya protein.

Menurut (Hodar *et al*., 2020) Food and Agriculture Organization, pemanfaatan ikan secara terpadu melalui ekstraksi minyak dan tepung ikan dapat meningkatkan efisiensi produksi serta meminimalkan limbah industri. Pendekatan ini mendukung konsep biorefinery perikanan, di mana setiap komponen ikan dimanfaatkan secara optimal.

11.2 Prinsip Dasar Ekstraksi Minyak Ikan

Minyak ikan umumnya tersimpan dalam bentuk trigliserida di dalam sel jaringan. Oleh karena itu, proses ekstraksi harus mampu merusak struktur sel dan melepaskan lipid tersebut secara efisien tanpa merusak kualitasnya (Swaidan *et al*., 2026). Ekstraksi minyak ikan juga harus mempertimbangkan stabilitas senyawa bioaktif seperti asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), khususnya EPA dan DHA, yang sangat sensitif terhadap panas, oksigen, dan cahaya (Maqsood *et al*., 2012).

Prinsip dasar ekstraksi minyak ikan melibatkan tiga tahapan utama, yaitu:

a. Disrupsi jaringan (*disruption of fish tissue*);
b. Pelepasan dan perpindahan minyak (*oil liberation and release*);
c. Pemisahan fase minyak dari air dan padatan (*phase separation*).

Ketiga tahap tersebut dapat berlangsung secara berurutan maupun saling tumpang tindih, tergantung pada metode ekstraksi yang digunakan. Pada proses industri yang menggunakan wet rendering, misalnya, pemasakan membantu merusak struktur jaringan dan mengkoagulasi protein, kemudian pengepresan membantu mengeluarkan cairan yang mengandung minyak dan air, sedangkan sentrifugasi atau pemisahan mekanis digunakan untuk memperoleh fraksi minyak. Metode wet rendering

merupakan salah satu metode yang banyak digunakan pada skala industri karena relatif efisien dan mudah diskalakan (Swaidan *et al*., 2026):(Desalegn *et al*., 2026).

a. Disrupsi Jaringan

Tahap pertama adalah disrupsi atau penghancuran struktur jaringan ikan. Tujuan tahap ini adalah membuka matriks biologis sehingga lipid yang terdapat di dalam sel dan jaringan menjadi lebih mudah diakses oleh proses ekstraksi. Pada bahan baku ikan, lipid dapat berada di dalam jaringan otot, kulit, kepala, hati, jeroan, dan bagian tubuh lainnya. Struktur protein dan membran sel dapat menahan lipid sehingga diperlukan perlakuan awal untuk melepaskan minyak. Disrupsi dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan, antara lain:

- pengecilan ukuran secara mekanis;
- pemasakan atau pemanasan;
- perlakuan enzimatis;
- tekanan mekanis;
- kombinasi perlakuan mekanis dan termal.

Pada metode wet rendering, pemanasan merupakan perlakuan awal yang sangat penting. Pemanasan menyebabkan protein mengalami denaturasi dan koagulasi sehingga struktur jaringan berubah dan minyak menjadi lebih mudah dilepaskan. Literatur terbaru melaporkan bahwa pemasakan bahan ikan atau hasil samping ikan pada proses wet rendering umumnya dilakukan pada kisaran suhu sekitar 85–121 **°C**, tergantung karakteristik bahan dan desain proses (Swaidan *et al*., 2026). Secara sederhana, mekanisme tahap ini dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 11. 1 Distrupsi minyak

(Swaidan *et al*., 2026)

Pengecilan ukuran juga dapat meningkatkan luas permukaan bahan dan memperpendek jarak perpindahan massa. Namun, ukuran partikel yang terlalu kecil tidak selalu menguntungkan karena dapat menghasilkan emulsi yang lebih stabil dan menyulitkan pemisahan minyak dari fase air. Oleh sebab itu, ukuran bahan perlu disesuaikan dengan metode ekstraksi dan sistem pemisahan yang digunakan.

b. Pelepasan dan Perpindahan Minyak

Setelah struktur jaringan mengalami disrupsi, tahap berikutnya adalah pelepasan minyak dari matriks jaringan. Pada tahap ini, lipid yang sebelumnya terperangkap di dalam sel atau terikat pada struktur jaringan mulai keluar dan bergabung menjadi fase minyak.

Pelepasan minyak dapat dipengaruhi oleh beberapa mekanisme, yaitu:

a. peningkatan suhu;
b. penurunan viskositas minyak;
c. koagulasi protein;
d. tekanan mekanis;
e. perbedaan sifat polaritas antara lipid dan air;
f. perpindahan massa dari jaringan ke fase cair.

Pemanasan dapat meningkatkan pelepasan minyak karena viskositas lipid menurun dan protein mengalami perubahan struktur. Pada wet rendering, setelah pemasakan, bahan kemudian mengalami pengepresan. Tekanan mekanis membantu mengeluarkan cairan dari matriks padatan. Cairan hasil pengepresan atau press liquor umumnya mengandung minyak, air, dan sejumlah padatan halus (Swaidan *et al*., 2026):(Maqsood *et al*., 2012). Dengan demikian, proses ekstraksi pada tahap ini dapat dipahami sebagai perpindahan lipid:

Gambar 11. 2 Pelepasan dan Perpindahan Minyak

Efisiensi pelepasan minyak sangat menentukan rendemen minyak. Semakin banyak lipid yang berhasil dilepaskan dari jaringan dan dipindahkan ke fase yang dapat dipisahkan, semakin tinggi potensi rendemen yang diperoleh.

Namun demikian, peningkatan suhu tidak selalu menghasilkan kualitas minyak yang lebih baik. Suhu yang lebih tinggi memang dapat membantu pelepasan lipid, tetapi paparan panas yang berlebihan dapat meningkatkan risiko hidrolisis dan oksidasi lipid. Hal ini menjadi perhatian khusus karena minyak ikan umumnya kaya akan asam lemak tak jenuh ganda rantai panjang seperti EPA dan DHA yang relatif mudah mengalami oksidasi (Swaidan *et al*., 2026). Oleh karena itu, kondisi proses harus dioptimalkan berdasarkan dua tujuan sekaligus, yaitu memaksimalkan pelepasan minyak dan mempertahankan kualitas minyak.

c. Pemisahan Fase

Tahap ketiga adalah pemisahan fase, yaitu memisahkan minyak yang telah dilepaskan dari air dan padatan. Tahap ini sangat penting karena hasil ekstraksi awal biasanya bukan minyak murni, melainkan campuran tiga komponen utama:

a. Fase minyak;
b. Fase air;
c. Fase padatan.

Pemisahan dapat dilakukan berdasarkan perbedaan densitas, ukuran partikel, dan karakteristik fisik masing-masing fase. Metode yang dapat digunakan meliputi:

a. sedimentasi;
b. filtrasi;
c. pengepresan;
d. decanter;

e. sentrifugasi;
f. tricanter.

Pada sistem industri, sentrifugasi merupakan metode penting karena mampu mempercepat pemisahan berdasarkan perbedaan densitas. Tricanter centrifuge, misalnya, dapat memisahkan tiga fase sekaligus, yaitu minyak, air, dan padatan. Teknologi ini memungkinkan proses berlangsung secara kontinu dan dapat meningkatkan efisiensi pemulihan minyak (Swaidan *et al*., 2026).

Gambar 11. 3 Fase Pemisahan

Minyak yang diperoleh pada tahap ini disebut **crude fish oil** atau minyak ikan kasar. Minyak kasar masih dapat mengandung air, padatan tersuspensi, fosfolipid, asam lemak bebas, pigmen, produk oksidasi, dan berbagai komponen non-trigliserida. Oleh karena itu, minyak kasar biasanya masih memerlukan proses pemurnian lebih lanjut apabila ditujukan untuk aplikasi pangan, nutraseutikal, atau farmasi (Yi *et al*., 2023).

11.3 Hubungan Ketiga Tahapan dalam Ekstraksi Minyak Ikan

Ketiga tahapan tersebut mempunyai hubungan yang sangat erat. Kegagalan pada satu tahap dapat mempengaruhi keberhasilan tahap berikutnya.

Tabel 11. 1 Hubungan Ketiga Tahapan dalam Ekstraksi Minyak Ikan

Tahapan	Tujuan utama	Proses yang dapat digunakan	Hasil utama
Disrupsi jaringan	Membuka struktur jaringan dan sel	Pengecilan ukuran, pemanasan, enzimatis	Jaringan lebih terbuka
Pelepasan minyak	Mengeluarkan lipid dari matriks ikan	Pemanasan, pengepresan, hidrolisis enzimatis	Minyak bebas/press liquor
Pemisahan fase	Memisahkan minyak dari air dan padatan	Sedimentasi, decanter, sentrifugasi, tricanter	Minyak ikan kasar

11.4 Faktor yang Menentukan Keberhasilan Ketiga Tahapan

Efektivitas ekstraksi tidak hanya ditentukan oleh metode, tetapi juga oleh kondisi bahan baku dan parameter proses. Beberapa 399actor penting meliputi:

a. Jenis dan bagian ikan

Jenis ikan dan bagian tubuh yang digunakan menentukan kadar serta komposisi lipid. Bahan baku dari ikan berlemak dan hasil samping tertentu dapat memiliki potensi minyak yang berbeda.

b. Kesegaran bahan baku

Bahan baku yang mengalami penundaan penanganan dapat mengalami hidrolisis dan oksidasi lipid. Kondisi bahan baku yang buruk dapat menghasilkan minyak dengan kadar asam lemak bebas dan produk oksidasi yang lebih tinggi.

c. Suhu

Suhu harus cukup untuk membantu pelepasan lipid, tetapi tidak berlebihan sehingga menyebabkan degradasi komponen 400actor400y400. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu dapat meningkatkan pelepasan minyak, tetapi juga dapat meningkatkan 400actor oksidasi apabila kondisi proses tidak dikendalikan.

d. Waktu

Waktu pemanasan dan ekstraksi memengaruhi keseimbangan antara rendemen dan kualitas. Waktu yang terlalu singkat dapat menyebabkan minyak belum terlepas secara optimal, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat meningkatkan paparan terhadap panas dan oksigen.

e. Tekanan pengepresan

Tekanan yang tepat diperlukan untuk mengeluarkan cairan dari matriks ikan. Tekanan yang tidak mencukupi dapat menyebabkan minyak tertinggal dalam padatan, sedangkan kondisi pengepresan yang

tidak optimal dapat mempengaruhi karakteristik bahan dan proses pemisahan berikutnya.

f. Efisiensi pemisahan

Pemisahan yang tidak sempurna menyebabkan minyak masih mengandung air dan padatan. Kondisi tersebut dapat mempercepat kerusakan minyak selama penyimpanan sehingga pemisahan dan pemurnian merupakan bagian penting dari keseluruhan proses.

11.5 Jenis Metode Ekstraksi Minyak Ikan

Secara umum, metode konvensional dapat dikelompokkan menjadi rendering, pressing, dan *Solvent extraction*. Ketiga metode tersebut memiliki prinsip kerja yang berbeda, tetapi mempunyai tujuan yang sama, yaitu melepaskan lipid dari jaringan ikan dan memperoleh fraksi minyak yang dapat dipisahkan dari komponen non-lipid. Dalam praktik 401actor401y, wet rendering atau wet pressing merupakan metode yang paling umum digunakan untuk produksi minyak ikan karena prosesnya 401actor401y sederhana, dapat dilakukan secara kontinu, dan mudah ditingkatkan skalanya.

a. *Rendering* (basah dan kering)

Wet rendering merupakan metode konvensional yang banyak digunakan pada 401actor401y tepung dan minyak ikan. Pada metode ini, bahan baku ikan atau hasil samping ikan dipanaskan dengan adanya air atau uap. Pemanasan menyebabkan protein menggumpal dan membantu melepaskan minyak serta air dari matriks jaringan. Berbeda dengan wet rendering, dry rendering dilakukan dengan memanaskan bahan baku ikan tanpa penambahan air dalam jumlah besar. Tujuan utama pemanasan 401actor mengurangi kadar air sekaligus melepaskan minyak dari jaringan ikan.

b. *Pressing* (Ekstraksi mekanis)

Pressing atau pengepresan merupakan metode ekstraksi mekanis yang memanfaatkan tekanan untuk mengeluarkan cairan yang mengandung minyak dari jaringan ikan. Dalam pengolahan minyak ikan, pressing biasanya tidak berdiri sendiri, tetapi menjadi bagian penting dari proses wet rendering.

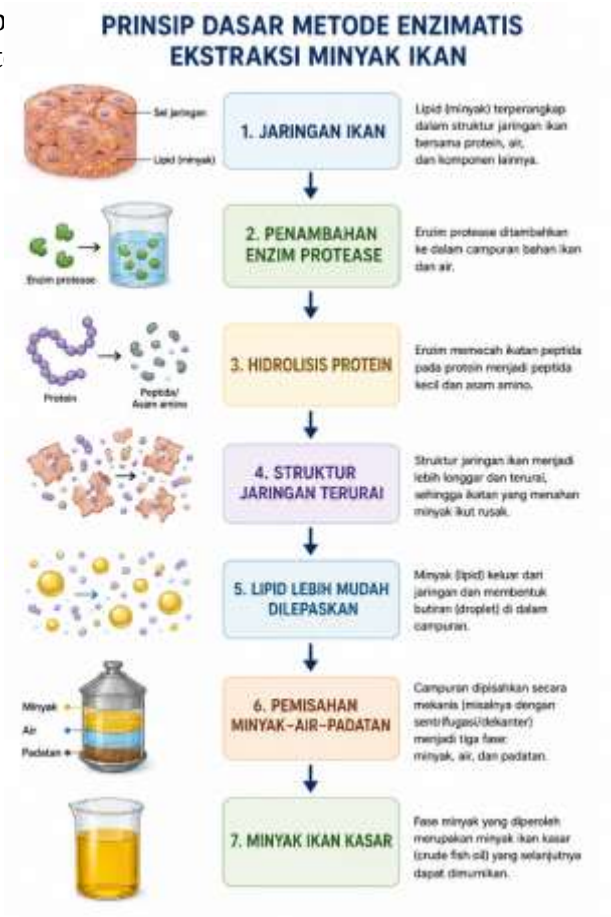
c. *Solvent extraction* (Ektraksi dengan Pelarut)

Solvent extraction merupakan metode ekstraksi yang memanfaatkan kemampuan pelarut tertentu untuk melarutkan komponen lipid dari jaringan ikan. Prinsip dasarnya 402actor kesesuaian sifat kelarutan antara lipid dan pelarut. Lipid nonpolar seperti trigliserida cenderung lebih mudah larut dalam pelarut nonpolar, sedangkan lipid polar seperti fosfolipid memiliki karakteristik kelarutan yang berbeda. Karena itu, pemilihan pelarut menjadi 402actor penting dalam menentukan jenis dan jumlah lipid yang dapat diekstraksi

d. Metode Enzimatis

Metode enzimatis merupakan teknologi ekstraksi minyak ikan yang memanfaatkan aktivitas enzim untuk memecah komponen penyusun jaringan ikan, terutama protein, sehingga lipid yang terdapat di dalam matriks jaringan menjadi lebih mudah dilepaskan dan dipisahkan. Berbeda dengan metode rendering yang terutama mengandalkan pemanasan, metode enzimatis menggunakan katalisis biologis untuk meningkatkan pelepasan minyak dari bahan baku. Pada bahan baku ikan, minyak tidak seluruhnya berada dalam bentuk minyak bebas. Sebagian lipid berada di dalam struktur sel atau berasosiasi dengan membran dan matriks

protein. Oleh karena itu, pemecahan protein menggunakan enzim protease dapat membantu membuka struktur jaringan dan melepaskan lipid yang terp dasar met



Gambar 11. 4 Prinsip Dasar Meteode Enzimatis

Metode ini umumnya dilakukan dalam media berair (*aqueous enzymatic extraction*). Enzim bekerja pada kondisi pH dan suhu tertentu untuk menghidrolisis

protein. Setelah hidrolisis berlangsung, campuran dipisahkan menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan sifat fisik, terutama densitas. Penelitian pada visera ikan *Ictalurus punctatus* menunjukkan bahwa ekstraksi enzimatis menggunakan papain dapat menghasilkan tingkat ekstraksi minyak yang tinggi pada kondisi proses yang dioptimalkan (Lu et.al., 2010).

- Jenis Enzim yang Digunakan

  Enzim yang paling banyak digunakan untuk ekstraksi minyak ikan 404actor protease, karena target utama proses 404actor hidrolisis protein yang membentuk matriks jaringan.

Gambar 11. 5 Jenis Enzimatis yang Digunakan dalam Ekstraksi

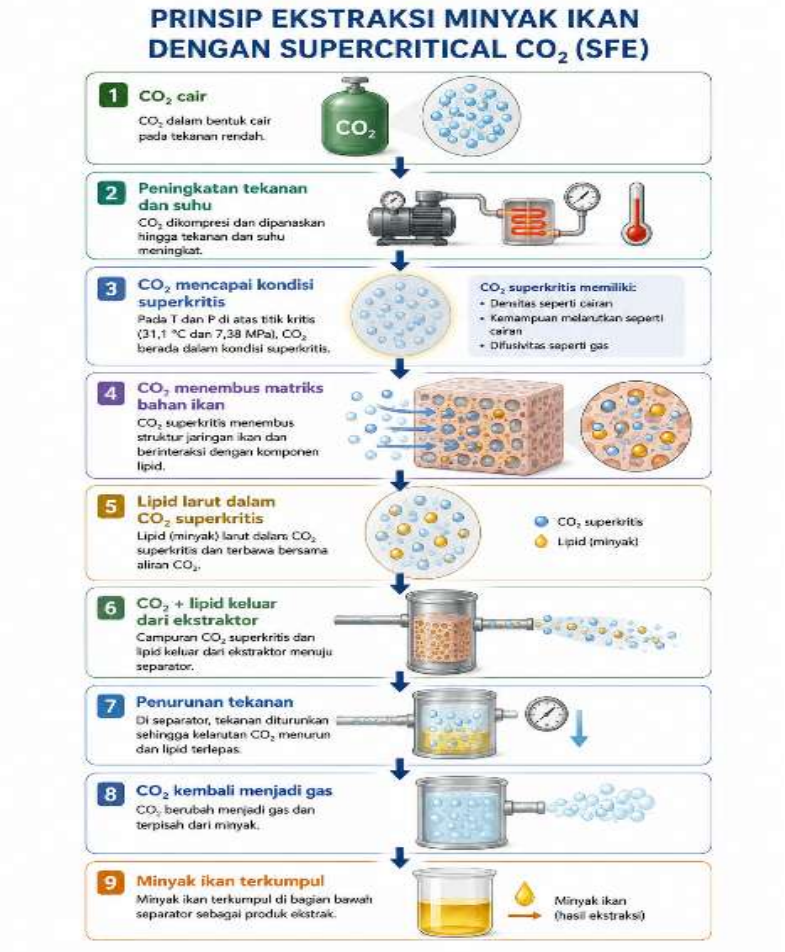
Pemilihan enzim harus disesuaikan dengan jenis bahan baku, komposisi protein, pH, suhu, waktu hidrolisis, dan tujuan akhir produk. Penelitian (Lu *et al*., 2010) menunjukkan bahwa

papain dapat digunakan dalam aqueous enzymatic extraction minyak dari visera ikan *Ictalurus punctatus*. Pada kondisi optimum yang dilaporkan, yaitu pH awal 7,5, rasio visera terhadap air 1:1, papain 3500 U/g, suhu 55 °C, dan waktu hidrolisis 0,5 jam, 405actor405 ekstraksi minyak mencapai 80,94%. Penelitian lain terhadap visera *Katsuwonus pelamis* juga menunjukkan bahwa berbagai protease, termasuk trypsin, protease alkali, pepsin, papain, dan flavour protease, dapat meningkatkan ekstraksi minyak. Pada kondisi yang dioptimalkan, ekstraksi menggunakan protease alkali menghasilkan 405actor405 ekstraksi sekitar 57,46%, sedangkan kondisi optimum keseluruhan yang dilaporkan menghasilkan 405actor405 ekstraksi sekitar 58,49% ± 0,45%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jenis enzim mempunyai pengaruh besar terhadap efisiensi ekstraksi, sehingga penggunaan satu jenis enzim tidak selalu menghasilkan hasil terbaik untuk semua jenis bahan baku (He, et.al., 2019).

e. Teknologi Modern (*Supercritical Fluid Extraction*)

Supercritical Fluid Extraction (SFE) merupakan salah satu teknologi modern yang dapat digunakan untuk mengekstraksi minyak ikan, khususnya minyak yang kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (*polyunsaturated fatty acids*, PUFA) seperti EPA (eicosapentaenoic acid) dan DHA (docosahexaenoic acid). Teknologi ini menggunakan fluida pada kondisi di atas titik kritisnya sehingga memiliki sifat antara gas dan cairan. Dalam ekstraksi minyak ikan, fluida yang paling banyak digunakan 405actor karbon dioksida (CO_2) karena bersifat 405actor405y inert, mudah dipisahkan dari produk, dan tidak meninggalkan residu pelarut 405actor405 pada minyak setelah tekanan diturunkan

(Rubio-Rodríguez *et al*., 2012; Jamalluddin *et al*., 2022). Prinsip ekstraksi dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 11. 6 Prinsip Ekstraksi dengan Supercritical CO_2 (SFE)

Keunggulan utama mekanisme tersebut 406actor CO_2 dapat dipisahkan 406actor406 dari minyak hanya dengan mengatur tekanan dan kondisi separator. Dengan demikian, tidak diperlukan tahap penguapan

pelarut 407actor407 sebagaimana pada *Solvent extraction* konvensional (Rubio-Rodríguez *et al*., 2012).

- **Parameter Penting dalam SFE**

  Efisiensi SFE tidak hanya ditentukan oleh jenis CO_2, tetapi terutama oleh tekanan, 407actor407y407re, waktu ekstraksi, laju alir CO_2, ukuran partikel, dan kadar air bahan.

  Tekanan : Tekanan merupakan salah satu parameter paling penting. Peningkatan tekanan umumnya meningkatkan densitas CO_2 dan dapat meningkatkan kemampuan pelarutan lipid. Namun, hubungan tersebut tidak selalu linear dan tekanan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kebutuhan energi serta biaya peralatan. Penelitian Rubio-Rodríguez *et al*. (2012) menunjukkan bahwa SFE menggunakan CO_2 pada kondisi sekitar 25 Mpa dan 313 K (40 °C) dapat digunakan untuk ekstraksi minyak dari hasil samping ikan. Kondisi tersebut juga dilaporkan berpotensi membantu mengurangi oksidasi minyak dibandingkan beberapa metode ekstraksi konvensional.

  Temperatur : Temperatur memengaruhi densitas CO_2 dan volatilitas komponen yang diekstraksi. Peningkatan temperatur dapat meningkatkan tekanan uap solut, tetapi pada saat yang sama dapat menurunkan densitas CO_2 pada tekanan tertentu. Karena minyak ikan kaya PUFA yang mudah teroksidasi, temperatur harus dikendalikan secara hati-hati. Dalam penelitian terhadap visera ikan *Seriola quinqueradiata*, SFE dilakukan pada temperatur 40–50 °C dan tekanan

15–30 Mpa, dengan laju alir CO_2 27 g/menit selama 3 jam (Franklin *et al*., 2020).

Waktu ekstraksi : Semakin lama kontak antara CO_2 dan bahan, semakin banyak lipid yang berpotensi diekstraksi sampai tercapai kondisi mendekati kesetimbangan. Namun, waktu yang terlalu panjang meningkatkan konsumsi energi dan CO_2 tanpa selalu menghasilkan peningkatan rendemen yang sebanding.

Laju alir CO_2 : Laju alir menentukan jumlah CO_2 yang melewati bahan selama proses. Laju yang terlalu rendah dapat memperlambat proses, sedangkan laju yang terlalu tinggi dapat meningkatkan konsumsi CO_2 tanpa peningkatan efisiensi yang proporsional.

Kadar air : Kadar air bahan juga mempengaruhi perpindahan massa dan kemampuan CO_2 memasuki matriks bahan. Oleh karena itu, kadar air perlu dikontrol agar diperoleh kondisi ekstraksi yang optimal.

- **SFE sebagai Teknologi *Green Extraction***

Dalam perkembangan teknologi pengolahan hasil perikanan, SFE menggunakan CO_2 sering dikategorikan sebagai salah satu pendekatan green extraction karena dapat mengurangi penggunaan pelarut 408actor408 konvensional. Penelitian Martínez *et al*. (2020) menunjukkan bahwa $scCO_2$ memiliki prospek dalam pengembangan biorefinery hasil samping ikan, terutama untuk pemulihan PUFA omega-3. Teknologi ini memungkinkan hasil samping yang sebelumnya kurang bernilai dikonversi menjadi produk bernilai tinggi seperti minyak omega-3. Penelitian terbaru menegaskan

bahwa $scCO_2$ merupakan teknologi yang menjanjikan untuk ekstraksi dan pengayaan minyak kaya omega-3, tetapi tantangan yang masih perlu diatasi meliputi biaya energi, investasi peralatan bertekanan tinggi, peningkatan rendemen, peningkatan kemurnian omega-3, dan integrasi proses secara ekonomis (Swaidan *et al*., 2026).

11.6 Perkembangan Teknologi Ekstraksi

Perkembangan teknologi ekstraksi minyak ikan saat ini mengarah pada peningkatan efisiensi, kualitas produk, dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kombinasi beberapa metode, seperti penggunaan enzim dan teknologi ultrasound, dapat meningkatkan rendemen serta kualitas minyak secara signifikan(Ciftci and Keskin Cavdar, 2025). Selain itu, pendekatan berbasis ekonomi sirkular juga mulai diterapkan, di mana limbah pengolahan ikan dimanfaatkan sebagai bahan baku ekstraksi minyak. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi sumber daya tetapi juga mengurangi dampak lingkungan(Swaidan *et al*., 2026).

Teknologi Tepung Ikan

Tepung ikan (*fish meal*) 409actor produk yang diperoleh melalui proses pengolahan ikan atau hasil samping ikan, terutama melalui pemasakan, pengepresan, pengeringan, dan penggilingan, sehingga diperoleh bahan berbentuk tepung dengan kandungan protein dan mineral yang 409actor409y tinggi. Secara umum, tepung ikan dapat dibuat dari ikan utuh maupun bagian ikan seperti kepala, tulang, kulit, jeroan, dan *trimming* hasil 409actor409y pengolahan ikan (Windsor, 2001).

Dalam teknologi pengolahan hasil perikanan, tepung ikan merupakan salah satu bentuk pemanfaatan dan

valorisasi biomassa perikanan. Bahan yang sebelumnya dianggap sebagai hasil samping atau kurang bernilai dapat diubah menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi. FAO menjelaskan bahwa proses 410actor410y tepung ikan pada prinsipnya bertujuan memisahkan tiga fraksi utama bahan baku, yaitu padatan, minyak, dan air, kemudian mengolah fraksi tersebut menjadi produk yang stabil dan bernilai.

Tujuan utama teknologi tepung ikan 410actor memisahkan dan mengurangi air, mengendalikan minyak, serta mempertahankan komponen padat yang bernilai nutrisi sehingga diperoleh produk kering yang stabil.

a. Mengurangi kadar air

- Air merupakan salah satu 410actor utama yang menyebabkan bahan ikan mudah mengalami kerusakan. Pengurangan kadar air melalui pengeringan dapat menghambat aktivitas mikroorganisme dan memperpanjang masa simpan.
- Dalam proses 410actor410y, tepung ikan umumnya dikeringkan hingga kadar air sekitar di bawah 12%, yang secara umum cukup rendah untuk menghambat aktivitas mikroba.

b. Mempertahankan protein

- Protein merupakan komponen penting tepung ikan. Oleh karena itu, proses pengolahan harus dirancang agar protein tidak mengalami kerusakan berlebihan akibat panas.
- Opstvedt *et al*. (2003) menunjukkan bahwa kondisi pengolahan dapat memengaruhi kecernaan protein tepung ikan. Perlakuan panas yang berlebihan dapat menurunkan kualitas nutrisi protein.

c. Memisahkan minyak secara terkendali

Pada ikan berlemak, minyak merupakan komponen penting yang perlu dipisahkan atau dikendalikan. Pemisahan minyak tidak hanya menghasilkan produk samping berupa minyak ikan, tetapi juga membantu meningkatkan stabilitas tepung.

d. Menghasilkan produk yang stabil

Tepung ikan harus memiliki kadar air yang cukup rendah dan kondisi penyimpanan yang sesuai agar tidak mudah mengalami:

- pertumbuhan mikroba;
- ketengikan;
- penggumpalan;
- perubahan warna;
- penurunan kualitas protein.

FAO menyebutkan bahwa proses utama yang digunakan dalam pembuatan tepung dan minyak ikan 411actor pemanasan, pengepresan, pemisahan cairan, penguapan *stickwater*, dan pengeringan.

Gambar 11. 7 Pengolahan Tepung Ikan

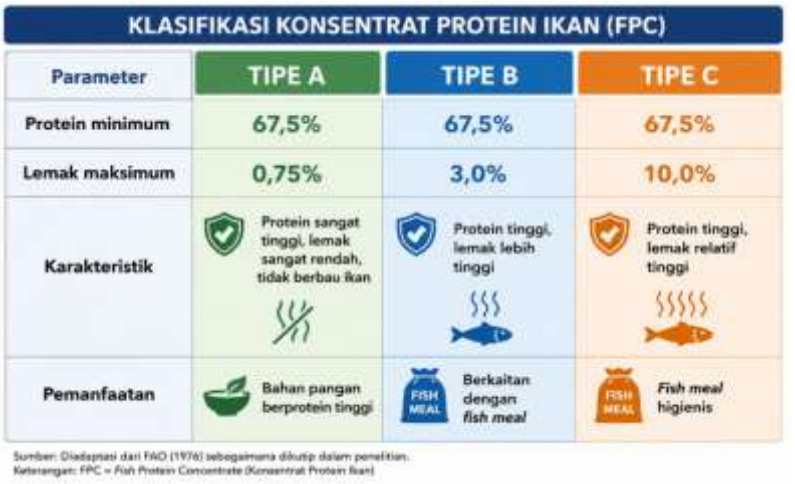
FAO menjelaskan bahwa berbagai jenis ikan dan hasil samping pengolahan dapat digunakan untuk menghasilkan

tepung ikan, dengan karakteristik produk akhir yang sangat dipengaruhi oleh jenis dan kondisi bahan baku.

11.7 Teknologi Tepung Ikan Berbasis Konsentrasi Protein

Tepung ikan merupakan salah satu produk penting dalam pemanfaatan sumber daya perikanan karena dapat mengubah ikan atau hasil samping perikanan menjadi bahan berbentuk tepung yang kaya protein. Salah satu pendekatan yang berkaitan erat dengan pengembangan tepung ikan berprotein tinggi adalah teknologi konsentrat protein ikan (*fish protein concentrate/FPC*). FPC merupakan produk yang diperoleh dengan meningkatkan konsentrasi protein ikan melalui penghilangan sebagian besar air dan lemak. Dalam jurnal (Muslimin, 2023), FPC dijelaskan sebagai bahan pangan untuk konsumsi manusia dengan kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakunya karena proses konsentrasi. Tahapan proses dilakukan melalui pemisahan daging, pengecilan ukuran, pencucian, ekstraksi lemak menggunakan pelarut organik, pengeringan, dan penggilingan menjadi tepung.

Menurut klasifikasi FAO, FPC terdiri atas beberapa tipe. Tipe A memiliki kadar protein minimum 67,5% dan kadar lemak maksimum 0,75%; tipe B memiliki kadar protein minimum 67,5% dan lemak maksimum 3%; sedangkan tipe C memiliki kadar protein minimum 67,5% dan lemak maksimum 10% (FAO 1967). Klasifikasi konsentrat protein ikan (FPC) dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 11. 8 Klasifikasi Konsnetrat Protein ikan

a. Prinsip Penghilangan Lemak pada tepung ikan

Lemak merupakan komponen penting dalam ikan, tetapi dalam produksi tepung atau konsentrat protein tertentu, kadar lemak perlu dikurangi untuk meningkatkan persentase protein dan stabilitas produk. Dalam penelitian Muslimin (2023), lemak diekstraksi menggunakan etanol 90%. Perbandingan pelarut terhadap bahan 414actor 6:1, dengan waktu ekstraksi 20 menit. Pelarut diganti sebanyak tiga kali selama proses ekstraksi untuk mencegah terjadinya kejenuhan pelarut. Setelah ekstraksi, bahan disaring dan dipres untuk memperoleh endapan protein. Prinsip proses tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 11. 9 Proses pembuatan FPC *(Fish Protein Concentrate)*

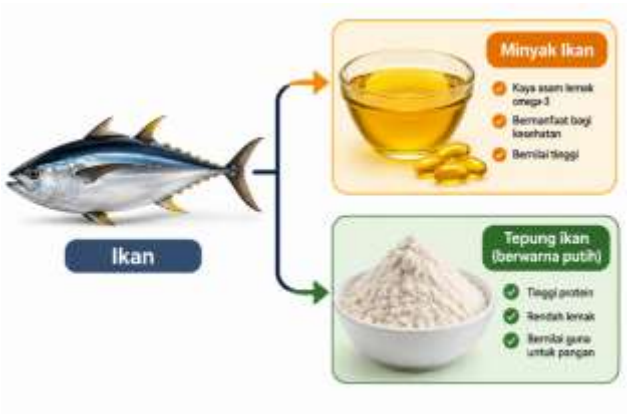
b. Peran Etanol dalam Teknologi Tepung/Konsentrat Protein Ikan

Etanol mempunyai peran sebagai pelarut dalam proses pengurangan lemak. Pada kondisi yang sesuai,

etanol dapat membantu mengurangi fraksi lipid sehingga kandungan protein relatif meningkat. Dalam penelitian Muslimin (2023), penggunaan etanol 90% dengan rasio pelarut:bahan 6:1 dan waktu ekstraksi 20 menit menghasilkan FPC dengan kadar protein 86,51% dan kadar lemak hanya 0,55%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengurangan lemak memberikan efek besar terhadap konsentrasi protein. Penelitian Rieuwpassa *et al*. (2020) yang dikutip oleh Muslimin (2023) juga menghasilkan FPC dari ikan nila dengan kandungan protein sekitar 61,13% dan lemak 7,11%, sedangkan hasil Muslimin (2023) menunjukkan kandungan protein lebih tinggi dan lemak lebih rendah. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa metode persiapan, jenis pelarut, kondisi ekstraksi, dan karakteristik bahan baku dapat memengaruhi komposisi akhir FPC.

Prinsip Pengolahan Terpadu Minyak dan Tepung Ikan

Penelitian (Elvina and Dewiani, 2026) menyatakan bahwa tepung ikan tidak dibuat langsung dari ikan segar, tetapi dari padatan yang tersisa setelah minyak ikan diekstraksi. Dengan demikian, prosesnya merupakan 416actor *integrated fish processing*:



Gambar 11. 10 Minyak dan Tepung Ikan

Pendekatan ini memberikan dua keuntungan utama. Pertama, fraksi lipid dapat dipisahkan sebagai minyak ikan. Kedua, fraksi padatan yang masih mengandung protein dapat dimanfaatkan sebagai tepung ikan. Konsep tersebut sejalan dengan prinsip pemanfaatan hasil samping perikanan untuk meningkatkan nilai ekonomi dan mengurangi limbah.

11.8 Ekstraksi Minyak sebagai Tahap Awal Pembuatan Tepung

Dalam penelitian Elvina dan Dewiani (2026), proses pengolahan minyak dilakukan sebelum pembuatan tepung. Padatan yang tersisa setelah minyak dikeluarkan kemudian digunakan sebagai bahan baku tepung ikan. Pemanasan pada proses pembuatan minyak ikan berfungsi memecah jaringan lemak sehingga minyak lebih mudah keluar dari jaringan ikan. Kondisi pemanasan yang terkendali ditujukan untuk memperoleh rendemen minyak yang baik tanpa menyebabkan kerusakan nutrien secara berlebihan (Nugraheni *et al*., 2024; Rahmawati *et al*., 2023). Penelitian Jamaluddin *et al*. (2022), sebagaimana dikutip Elvina dan Dewiani (2026), menunjukkan bahwa metode ekstraksi kering menggunakan oven atau *rendering* dapat menghasilkan rendemen minyak yang lebih tinggi dibandingkan metode perebusan karena air dalam bahan juga berkurang selama pemanasan. Dengan demikian, tahap ekstraksi minyak secara tidak langsung juga berfungsi sebagai tahap persiapan bahan baku tepung, karena sebagian lipid telah dipisahkan terlebih dahulu.

11.9 Pemanfaatan Ampas sebagai Bahan Baku Tepung Ikan

Setelah minyak dipisahkan, diperoleh padatan atau ampas ikan tuna. Padatan tersebut masih mengandung komponen nutrisi, khususnya protein, sehingga masih memiliki nilai ekonomi. Pada penelitian Elvina dan Dewiani (2026) memotong padatan tersebut menjadi ukuran lebih kecil sebelum memasukkannya ke tahap pengeringan. Sari *et al*. (2021), menjelaskan bahwa tingginya rendemen tepung ikan dapat dipengaruhi oleh kandungan padatan dan protein yang masih tersisa setelah minyak dan air diekstraksi. Prinsipnya adalah sebagai berikut:

Gambar 11. 11 Prinsip Pemnafaatan Ampas Sebagai Bahan Baku Tepung Ikan

Teknologi tersebut menghasilkan tepung dengan rendemen 26,75 ± 0,12%, kadar air 9,14 ± 0,21%, protein 53,45 ± 0,88%, lemak 6,92 ± 0,19%, dan karbohidrat 22,63 ±

1,13%. Kadar air yang rendah dan kandungan protein yang cukup tinggi menunjukkan bahwa tepung tuna mempunyai potensi sebagai bahan fortifikasi pangan. Pemanfaatan padatan sisa ekstraksi minyak juga menunjukkan penerapan prinsip efisiensi bahan baku dan peningkatan nilai tambah hasil perikanan. Dengan demikian, model teknologi dari penelitian Elvina dan Dewiani (2026) dapat dijadikan sebagai contoh teknologi pembuatan tepung ikan melalui pemanfaatan residu padat ekstraksi minyak, yang menghubungkan teknologi ekstraksi minyak ikan dengan teknologi produksi tepung ikan.

11.10 Pemanfaatan Produk

11.10..4 Pemanfaatan Minyak Ikan

Minyak ikan merupakan produk yang terutama dimanfaatkan karena kandungan asam lemak tidak jenuh, khususnya omega-3 EPA (eicosapentaenoic acid) dan DHA (docosahexaenoic acid). Dalam penelitian Elvina dan Dewiani (2026), minyak ikan tuna dipandang berpotensi digunakan sebagai bahan baku pangan fungsional. Penulis mengacu pada Calder (2021), yang membahas peran asam lemak omega-3 dalam proses inflamasi dan berbagai aspek Kesehatan.

Pemanfaatan minyak ikan dapat diarahkan pada:

a. Fortifikasi pangan : yaitu penambahan minyak ikan ke dalam produk pangan untuk meningkatkan kandungan asam lemak omega-3;

b. Pangan fungsional : yaitu produk pangan yang selain menyediakan zat gizi juga dirancang memberikan manfaat fisiologis;

c. Produk pangan berbasis ikan : seperti kue ikan;

d. Produk pangan olahan : termasuk produk yang dikembangkan sebagai sumber omega-3.

Untuk aplikasi pangan manusia, minyak ikan tetap harus memenuhi persyaratan mutu dan keamanan yang sesuai. Codex memiliki CXS 329-2017 Standard for Fish Oils, yang mencakup minyak ikan untuk konsumsi manusia dan suplemen pangan serta menetapkan 421actor komposisi dan mutu, termasuk parameter seperti bilangan peroksida dan asam lemak bebas.

11.10.2 Pemanfaatan Tepung Ikan

Tepung ikan mempunyai potensi yang kuat sebagai sumber protein untuk fortifikasi pangan. Penambahan tepung ikan sebagai bahan fortifikasi dapat membantu mengatasi kekurangan protein dan mineral pada produk makanan. Elvina dan Dewiani (2026) menyebutkan beberapa produk yang dapat memanfaatkan tepung ikan, antara lain: kue ikan; pizza berbasis tepung ikan; cookies; keripik sehat, dll. Mekanismenya dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 11. 12 Mekanisme Pemanfaat Tepung Ikan

11.10.3 Pemanfaatan Minyak Ikan dan Tepung Ikan Secara Bersamaan

Salah satu konsep penting yang ditawarkan Elvina dan Dewiani (2026) adalah pemanfaatan minyak ikan dan tepung ikan secara simultan dalam satu sistem diversifikasi pangan. Tepung ikan memberikan kontribusi terutama dalam bentuk protein dan mineral, sedangkan minyak ikan memberikan asam lemak omega-3. Oleh karena itu, kombinasi keduanya berpotensi menghasilkan produk pangan dengan komposisi gizi yang lebih lengkap. Konsepnya dapat digambarkan sebagai berikut:

Gambar 11. 13 Pemanfaatan Minyak Ikan dan Tepung Ikan Secara Bersamaan

Kombinasi minyak ikan dan protein ikan mempunyai keunggulan karena dapat menghasilkan sistem pangan yang mengandung protein sekaligus asam lemak omega-3. Arihara dan Ohata (2015) menunjukkan bahwa *fish protein isolate* dapat digunakan dalam pengembangan produk pangan nutraseutikal dan dapat dikombinasikan dengan bahan nutraseutikal lain, termasuk minyak kaya omega-3. Hal ini menunjukkan bahwa komponen protein dan lipid ikan dapat dirancang secara bersamaan dalam suatu sistem pangan. Dengan demikian, kombinasi tersebut bukan sekadar

mencampurkan dua bahan, tetapi merupakan strategi untuk memperoleh komplementaritas gizi, yaitu:

Gambar 11. 14 Perbandingan Komponen dan Pemanfaatan Minyak Ikan dan Tepung Ikan

11.11 Aplikasi pada Produk Pangan

Salah satu contoh penerapan kombinasi tersebut adalah produk bakery atau cookies**.** Produk seperti cookies pada umumnya mempunyai kandungan protein dan asam lemak omega-3 yang relatif rendah sehingga dapat difortifikasi dengan bahan dari ikan. Penelitian terbaru oleh Tambunan *et al*. (2026) secara khusus menguji penambahan enkapsulasi hidrolisat protein ikan gabus dan minyak ikan gabus pada cookies. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan bahan enkapsulasi tersebut meningkatkan kandungan protein, lemak, dan abu produk, sedangkan kadar air dan karbohidrat menurun. Perlakuan 6% menghasilkan cookies dengan

karakteristik gizi dan sensori yang dinilai paling baik dalam penelitian tersebut.

Teknologi ekstraksi minyak ikan dan tepung ikan merupakan proses pengolahan hasil perikanan yang bertujuan meningkatkan nilai tambah bahan baku melalui pemisahan fraksi lipid dan protein. Minyak ikan dimanfaatkan sebagai sumber asam lemak omega-3 (EPA dan DHA), sedangkan tepung ikan merupakan sumber protein, asam amino, dan mineral yang berpotensi digunakan sebagai bahan pangan, pakan, maupun fortifikasi pangan. Berbagai metode ekstraksi, baik konvensional maupun modern, dapat dipilih sesuai karakteristik bahan baku dan tujuan produk. Penerapan teknologi yang tepat, disertai pengendalian mutu pada setiap tahapan proses, akan menghasilkan produk yang berkualitas, aman, dan memiliki nilai ekonomi tinggi. Dengan demikian, pengolahan terpadu minyak ikan dan tepung ikan mendukung pemanfaatan sumber daya perikanan secara optimal, berkelanjutan, dan berwawasan *zero waste*.

DAFTAR PUSTAKA

Arihara, K., & Ohata, M. (2015). Fish protein isolate: Development of functional foods with nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods, 18*, 746–756. https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.05.006

Amalluddin, N. A., Ismail, N., Ab Mutalib, S. R., & Md Sikin, A. (2022). Sc-CO_2 extraction of fish and fish by-products in the production of fish oil and enzyme. *Bioresources and Bioproducts, 9*(1), 21. https://doi.org/10.1186/s40643-022-00509-3

D.-F. He, C. Xie, G.-F. Li, H.-B. Li, R.-P. Liang, and J. Luo, "Optimization of enzymatic extraction technology of fish oil from *Katsuwonus pelamis* viscera by response surface methodology," *Science and Technology of Food Industry*, vol. 40, no. 7, pp. 179–184, 2019, doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.07.031.

Calder, P.C. (2021). Omega-3 fatty acids and inflammatory processes. Nutrients, 13(2), 355–367.

Chemat, F., Vian, M.A., Cravotto, G., 2012. Green extraction of natural products: Concept and principles. International journal of molecular sciences 13, 8615–8627.

Ciftci, O., Keskin Cavdar, H., 2025. Ultrasound-Assisted Extraction Improved the Extraction Rate, Omega-3, and Polyunsaturated Fatty Acid Content of Fish Oil From Atlantic Bonito Waste. European Journal of Lipid Science and Technology 127, e202400131.

Desalegn, A., Admassu, H., Mosissa, G., Ayele, G., Abeje, M., 2026. Review on Fish Waste Valorization: Advanced Fish Oil Extraction and Chitosan Application for Fish Oil Nano-Encapsulation Technologies. Journal of Aquatic Food Product Technology 35, 282–308.

Elvina, W., Dewiani, K., 2026. Potensi Minyak dan Tepung Ikan Tuna (Thunnus albacares) Hasil Perikanan Tangkap Provinsi Bengkulu Sebagai Bahan Fortifikasi Pangan Bergizi. Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan 24, 499–507.

FAO, F., 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, "The production of fish meal and oil: 3. The process," FAO.

Franklin, E. C., Haq, M., Roy, V. C., Park, J., & Chun, B. (2020). Supercritical CO_2 extraction and quality comparison of lipids from yellowtail fish (*Seriola quinqueradiata*) waste in different conditions. *Journal of Food Processing and Preservation, 44*, e14892. https://doi.org/10.1111/jfpp.14892

Hodar, A., Vasava, R., Mahavadiya, D., Joshi, N., 2020. Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. Journal of Experimental Zoology India 23, 13.

Istyqamah, M., Rasdi, R., Askar, H., 2024. Analisis kandungan protein opak singkong dengan formulasi konsentrat protein ikan mujair dalam upaya pencegahan stunting. Jurnal Perikanan dan Kelautan 14, 86–97.

Lu, J.-F., Lin, L., Zhang, W.-W., Weng, S.-B., Ye, Y.-W., & Jiang, S.-T. (2010). Aqueous enzymatic extraction of fish oil from viscera of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Food Science, 31*(22), 75–80. https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-201022016

Martínez, *et al*. (2020). Supercritical CO_2 processing of omega-3 polyunsaturated fatty acids—Towards a biorefinery for fish waste valorization. *The Journal of Supercritical Fluids*.

Maqsood, S., Benjakul, S., Kamal-Eldin, A., 2012. Extraction, processing, and stabilization of health-promoting fish oils. Recent patents on food, nutrition & agriculture 4, 141–147.

Muslimin, I., n.d. Physico-chemical characteristics of fish protein concentrate wild tilapia (Oreochromis niloticus) using 90% ethanol solvent.

Nugraheni, D., Fitriani, R., & Saputra, H. (2024). Karakteristik tepung ikan tuna sebagai bahan fortifikasi pangan. Jurnal Teknologi Hasil Perikanan Indonesia, 27(1), 45–53.

Opstvedt, J., Nygård, E., Samuelsen, T. A., Venturini, G., Lunde, G., & Aase, H. (2003). Effect on protein digestibility of different processing conditions in the production of fish meal and fish feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 83*(8), 775–782. https://doi.org/10.1002/jsfa.1396.

Rahmawati, N., Kurniawan, F., & Hidayat, T. (2023). Potensi ikan tuna sebagai sumber pangan bergizi dan pangan fungsional. Jurnal Gizi dan Pangan, 18(3), 201–210.

Rubio-Rodríguez, N., de Diego, S. M., Beltrán, S., Jaime, I., Sanz, M. T., & Rovira, J. (2012). Supercritical Fluid Extraction of fish oil from fish by-products: A comparison with other extraction methods. *Journal of Food Engineering, 109*(2), 238–248. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.011

Sari, M., Yuliani, E., & Prasetyo, A. (2021). Pemanfaatan tepung ikan tuna dalam pengembangan produk pangan tinggi protein. Jurnal Agroindustri Pangan, 10(2), 89–97. Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (2010). Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty, Yogyakarta.

Swaidan, A., Grasso, F., Falco, F., Turrini, F., Boggia, R., 2026. Advances in fish oil extraction and enrichment: a comprehensive review of conventional and green technologies for high-quality omega-3-rich oil production. Sustainable Food Technology.

Tambunan, J. E., Cahyani, A. D. N., Suprayitno, E., Hakim, A. R., & Ikasari, D. (2026). Physicochemical and sensory properties of cookies fortified with encapsulated snakehead fish protein hydrolysate and fish oil. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 29*(3), 257–269. https://doi.org/10.17844/qne51w12

Wanasundara, U.N., Wanasundara, J., Shahidi, F., 2002. Omega-3 fatty acid concentrates: a review of production technologies. Seafoods—quality, technology and nutraceutical applications 157–174.

Windsor, M. L. (2001). *Fish meal*. Torry Advisory Note No. 49. FAO Fisheries and Aquaculture.

Windsor, M. L. (2001). *Fish protein concentrate*. FAO/Torry Advisory Note No. 39

Yi, M., You, Y., Zhang, Y., Wu, G., Karrar, E., Zhang, L., Zhang, H., Jin, Q., Wang, X., 2023. Highly valuable fish oil: Formation process, enrichment, subsequent utilization, and storage of eicosapentaenoic acid ethyl esters. Molecules 28, 672.

BAB 12

TEKNOLOGI PENGEMASAN PRODUK PERIKANAN

Oleh Mumpuni Uji Kawedar Anjung

Produk perikanan merupakan salah satu sumber pangan yang memiliki nilai gizi tinggi dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan protein masyarakat. Ikan, udang, kerang, cumi-cumi, serta berbagai produk olahannya mengandung protein, asam lemak tidak jenuh, vitamin, dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Namun demikian, produk perikanan pada umumnya memiliki sifat yang mudah mengalami kerusakan. Kandungan air yang relatif tinggi, aktivitas enzimatis, komposisi kimia yang kompleks, serta keberadaan mikroorganisme menyebabkan produk perikanan memiliki umur simpan yang relatif pendek apabila tidak ditangani dan disimpan dengan baik (FAO, 2026a, 2026b; Sivertsvik, Jeksrud and Rosnes, 2002).

Kerusakan produk perikanan dapat terjadi sejak tahap penangkapan atau pemanenan, penanganan, pengolahan, distribusi, hingga sampai kepada konsumen. Perubahan mutu dapat ditandai dengan perubahan warna, aroma, tekstur, cita rasa, serta peningkatan jumlah mikroorganisme. Selain itu, proses oksidasi lemak pada ikan yang kaya akan asam lemak tidak jenuh dapat menghasilkan senyawa yang menyebabkan ketengikan dan menurunkan kualitas produk. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem penanganan yang mampu melindungi produk dari berbagai faktor penyebab kerusakan

selama penyimpanan dan distribusi (FAO, 2026a, 2026b; Siddiqui *et al*., 2024).

Pengemasan merupakan salah satu bagian penting dalam sistem pengawetan dan distribusi produk perikanan. Kemasan tidak hanya berfungsi sebagai wadah, tetapi juga memberikan perlindungan terhadap produk dari pengaruh lingkungan seperti oksigen, uap air, cahaya, kontaminasi mikroorganisme, tekanan mekanis, serta perubahan suhu. Pemilihan jenis dan karakteristik bahan kemasan yang tepat dapat membantu mempertahankan mutu, memperpanjang umur simpan, meningkatkan keamanan pangan, serta menjaga karakteristik produk hingga sampai ke tangan konsumen (FAO, 2001a, 2001b; FAO, 2001c).

Perkembangan teknologi pengemasan telah menghasilkan berbagai metode dan material yang dapat disesuaikan dengan karakteristik produk perikanan. Pengemasan konvensional seperti penggunaan plastik, karton, kaleng, dan kaca terus dikembangkan untuk memperoleh sifat perlindungan yang lebih baik. Di sisi lain, teknologi pengemasan modern seperti pengemasan vakum, *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), *active packaging*, *intelligent packaging*, *edible coating*, dan kemasan berbasis biopolimer mulai banyak dikembangkan sebagai alternatif untuk meningkatkan kualitas dan keamanan produk (Kontominas *et al*., 2021; Siddiqui *et al*., 2024; Chen *et al*., 2026).

Teknologi pengemasan vakum, misalnya, dapat mengurangi keberadaan udara di sekitar produk sehingga kontak produk dengan oksigen dapat diminimalkan. Sementara itu, MAP memungkinkan komposisi gas di dalam kemasan diatur untuk memperlambat proses kerusakan dan mempertahankan kesegaran produk. Teknologi *active*

packaging dapat dirancang untuk berinteraksi secara terkendali dengan produk atau lingkungan di dalam kemasan, misalnya melalui penggunaan bahan antimikroba atau penyerap oksigen. Adapun *intelligent packaging* dikembangkan untuk memberikan informasi mengenai kondisi atau perubahan mutu produk selama penyimpanan dan distribusi (Cann, 1984; Sivertsvik *et al*., 2002; Fletcher, 2012; Zhong *et al*., 2026).

Selain aspek perlindungan dan peningkatan umur simpan, perkembangan teknologi pengemasan saat ini juga diarahkan pada aspek keberlanjutan. Penggunaan plastik konvensional dalam jumlah besar menimbulkan permasalahan lingkungan akibat sulitnya pengelolaan limbah kemasan. Kondisi tersebut mendorong penelitian dan pengembangan bahan kemasan yang lebih ramah lingkungan, seperti bioplastik, bahan biodegradable, edible film, dan material berbasis sumber daya terbarukan. Bahkan, hasil samping industri perikanan seperti kulit udang, kulit ikan, tulang, dan sumber biopolimer lainnya berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar pengembangan kemasan inovatif (Chen *et al*., 2026; Kumar *et al*., 2026).

Dalam penerapannya, teknologi pengemasan harus mempertimbangkan karakteristik produk, tujuan penyimpanan, kondisi distribusi, metode pengolahan, keamanan pangan, biaya, kemudahan penggunaan, serta dampak lingkungan. Kemasan yang memiliki sifat penghalang oksigen yang baik belum tentu sesuai untuk seluruh jenis produk perikanan. Demikian pula, penggunaan teknologi pengemasan modern perlu mempertimbangkan kondisi suhu, kelembapan, komposisi atmosfer, jenis mikroorganisme yang berpotensi tumbuh, dan karakteristik fisiologis maupun kimiawi produk (FAO, 2001a, 2001b; Sivertsvik *et al*., 2002; Siddiqui *et al*., 2024).

Dengan demikian, pemahaman mengenai teknologi pengemasan produk perikanan menjadi penting bagi mahasiswa, peneliti, pelaku industri, maupun pihak yang terlibat dalam rantai pasok produk perikanan. Pengetahuan tersebut diperlukan agar pemilihan bahan dan teknologi pengemasan dapat dilakukan secara tepat, sehingga mutu dan keamanan produk dapat dipertahankan secara optimal sekaligus mendukung efisiensi distribusi dan keberlanjutan lingkungan (FAO, 2026a, 2026b ; Siddiqui *et al*., 2024)..

Bab ini membahas konsep dasar dan perkembangan teknologi pengemasan. produk perikanan, mulai dari karakteristik produk dan prinsip pengemasan, jenis serta bahan kemasan, teknologi pengemasan konvensional dan modern, pengemasan aktif dan cerdas, metode pengujian kemasan, aspek keamanan pangan dan regulasi, hingga pengembangan kemasan ramah lingkungan. Pembahasan juga mencakup penerapan teknologi pengemasan pada berbagai jenis produk perikanan serta prospek inovasi pengemasan untuk mendukung pengembangan industri perikanan yang aman, berkualitas, efisien, dan berkelanjutan.

12.1 Latar Belakang Pengemasan Produk Perikanan

Produk perikanan merupakan salah satu komoditas pangan yang memiliki nilai ekonomi dan gizi tinggi. Ikan, udang, kepiting, kerang, cumi-cumi, serta berbagai produk olahannya mengandung protein bermutu tinggi, asam lemak tidak jenuh, vitamin, mineral, dan komponen bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Tingginya nilai gizi tersebut menjadikan produk perikanan sebagai salah satu sumber pangan yang penting dalam pemenuhan kebutuhan protein masyarakat. Namun, di balik nilai gizi dan ekonominya yang tinggi, produk perikanan memiliki karakteristik yang mudah mengalami penurunan mutu

sehingga memerlukan penanganan yang tepat sejak bahan baku diperoleh hingga produk dikonsumsi.

Kerusakan pada produk perikanan dapat berlangsung melalui berbagai mekanisme, baik secara mikrobiologis, kimiawi, maupun fisik. Kandungan air yang tinggi dan komposisi nutrien yang mudah dimanfaatkan oleh mikroorganisme menyebabkan ikan dan produk perikanan lainnya menjadi media yang sesuai bagi pertumbuhan mikroorganisme pembusuk maupun mikroorganisme patogen. Selain itu, aktivitas enzim endogen setelah ikan mati dapat menyebabkan perubahan jaringan dan penurunan mutu. Proses tersebut dapat menghasilkan perubahan tekstur, aroma, warna, serta karakteristik sensori lainnya. Apabila tidak dikendalikan, perubahan tersebut dapat berlangsung relatif cepat dan menyebabkan produk tidak lagi memenuhi persyaratan mutu maupun keamanan pangan (FAO, 2026a, 2026b; Siddiqui *et al*., 2024).

Selain aktivitas mikroorganisme dan enzim, reaksi kimia juga berperan dalam penurunan mutu produk perikanan. Produk perikanan, terutama ikan berlemak, mengandung asam lemak tidak jenuh dalam jumlah relatif tinggi yang rentan mengalami oksidasi. Oksidasi lipid dapat menghasilkan senyawa yang menyebabkan aroma dan cita rasa tengik serta menurunkan nilai gizi produk. Kontak dengan oksigen, paparan cahaya, suhu yang tidak sesuai, dan keberadaan air dapat mempercepat terjadinya reaksi tersebut. Oleh karena itu, pengendalian lingkungan produk selama penyimpanan menjadi salah satu faktor penting dalam mempertahankan kualitas produk perikanan (FAO, 2001b; Siddiqui *et al*., 2024).

Rantai distribusi produk perikanan yang semakin luas juga meningkatkan kebutuhan terhadap sistem pengemasan yang efektif. Produk perikanan dapat mengalami berbagai kondisi selama proses transportasi dan pemasaran, seperti perubahan suhu, kelembapan, guncangan, tekanan, paparan udara, serta risiko kontaminasi. Kondisi tersebut dapat

mempercepat kerusakan apabila produk tidak memperoleh perlindungan yang memadai. Pengemasan yang tepat dapat berfungsi sebagai penghalang antara produk dengan lingkungan sehingga dapat mengurangi kontak dengan faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan kerusakan (FAO, 2026a, 2026c; FAO, 2001b).

Pada awal perkembangannya, pengemasan produk perikanan lebih banyak ditujukan sebagai wadah untuk mempermudah penyimpanan, pengangkutan, dan pemasaran. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi pangan, fungsi kemasan mengalami perkembangan yang lebih luas. Kemasan tidak lagi hanya berfungsi sebagai wadah, tetapi juga sebagai sistem perlindungan yang dirancang untuk mempertahankan mutu, keamanan, dan umur simpan produk. Karakteristik seperti permeabilitas terhadap oksigen dan uap air, kekuatan mekanik, kemampuan mempertahankan integritas kemasan, ketahanan terhadap suhu, serta kompatibilitas dengan produk menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan bahan kemasan (FAO, 2001b, 2001c; Fletcher, G.C., 2012).

Berbagai jenis bahan telah digunakan untuk mengemas produk perikanan, antara lain plastik, kertas, karton, logam, kaca, dan kombinasi beberapa bahan dalam bentuk kemasan multilapis. Masing-masing bahan memiliki karakteristik dan kemampuan perlindungan yang berbeda. Plastik, misalnya, banyak digunakan karena ringan, fleksibel, mudah dibentuk, dan memiliki biaya relatif ekonomis. Namun, tidak semua jenis plastik memiliki kemampuan yang sama dalam menghambat oksigen dan uap air. Oleh sebab itu, pemilihan jenis material harus disesuaikan dengan karakteristik produk serta kondisi penyimpanan dan distribusinya (FAO, 2001b, 2001c).

Perkembangan teknologi kemudian melahirkan metode pengemasan yang lebih spesifik untuk mempertahankan mutu produk perikanan. Pengemasan vakum digunakan untuk mengurangi udara di dalam kemasan, sedangkan

Modified Atmosphere Packaging (MAP) memungkinkan komposisi gas dalam kemasan diatur sesuai dengan kebutuhan produk. Selain itu, berkembang pula teknologi *active packaging* yang dapat memberikan fungsi tambahan, seperti menyerap oksigen, mengendalikan kelembapan, atau memberikan aktivitas antimikroba. Teknologi *intelligent packaging* juga mulai dikembangkan untuk memberikan informasi mengenai kondisi produk, misalnya melalui indikator kesegaran atau indikator perubahan suhu selama distribusi (FAO, 2001a; Sivertsvik *et al*., 2002; Fletcher, G.C., 2012; Zhong *et al*., 2026).

Pengembangan teknologi pengemasan juga tidak dapat dipisahkan dari tuntutan terhadap keamanan pangan. Bahan kemasan harus mampu melindungi produk tanpa menyebabkan kontaminasi atau migrasi komponen berbahaya ke dalam pangan. Interaksi antara bahan kemasan dengan produk perlu diperhatikan, terutama pada produk yang memiliki kadar lemak tinggi, kadar air tinggi, atau mengalami penyimpanan dalam waktu lama. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan kemasan harus mempertimbangkan aspek keamanan bahan, kesesuaian penggunaannya, serta persyaratan dan standar yang berlaku untuk kemasan pangan (FAO, 2001b; Siddiqui *et al*., 2024).

Di sisi lain, meningkatnya penggunaan bahan kemasan sekali pakai, terutama plastik, menimbulkan tantangan terhadap keberlanjutan lingkungan. Limbah kemasan yang sulit terurai dapat terakumulasi di lingkungan dan berpotensi mencemari ekosistem, termasuk lingkungan perairan yang merupakan habitat utama berbagai sumber daya perikanan. Kondisi tersebut menjadi perhatian penting karena keberlanjutan industri perikanan sangat berkaitan dengan kesehatan ekosistem perairan. Oleh karena itu, pengembangan kemasan produk perikanan saat ini tidak hanya berorientasi pada kemampuan mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan, tetapi juga diarahkan

pada penggunaan material yang lebih ramah lingkungan (Chen *et al*., 2026; Zhong *et al*., 2026).

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah pemanfaatan bahan biodegradable dan biopolimer sebagai alternatif bahan kemasan konvensional. Sumber biopolimer dapat berasal dari berbagai bahan alami, termasuk hasil samping pertanian dan perikanan. Dalam industri perikanan, hasil samping seperti kulit udang dan kepiting yang mengandung kitin dan kitosan memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi material kemasan atau komponen aktif dalam kemasan. Pemanfaatan hasil samping tersebut tidak hanya berpotensi mengurangi limbah, tetapi juga dapat memberikan nilai tambah pada sumber daya yang sebelumnya kurang dimanfaatkan (Chen *et al*., 2026; Zhong *et al*., 2026; Kumar *et al*., 2026).

Dengan demikian, pengemasan merupakan bagian integral dari sistem penanganan dan pengolahan produk perikanan. Pengemasan yang tepat dapat membantu mempertahankan mutu sensori, memperlambat kerusakan mikrobiologis dan kimiawi, mengurangi risiko kontaminasi, memperpanjang umur simpan, serta meningkatkan efisiensi penyimpanan dan distribusi. Pada saat yang sama, teknologi pengemasan harus mampu menjawab tuntutan keamanan pangan, efisiensi ekonomi, kebutuhan konsumen, dan keberlanjutan lingkungan (FAO, 2001b; FAO, 2026a; Siddiqui *et al*., 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, pemahaman mengenai latar belakang, prinsip, bahan, dan perkembangan teknologi pengemasan menjadi sangat penting dalam pengelolaan produk perikanan. Pemilihan teknologi pengemasan yang tepat harus dilakukan berdasarkan karakteristik produk, tujuan penggunaan, kondisi penyimpanan, sistem distribusi, serta aspek keamanan dan lingkungan. Pengembangan teknologi pengemasan yang inovatif dan berkelanjutan diharapkan dapat meningkatkan daya saing produk perikanan sekaligus mendukung penyediaan pangan yang

aman, bermutu, memiliki umur simpan yang lebih panjang, dan dapat diterima oleh konsumen (FAO, 2001b, 2001c; Siddiqui *et al*., 2024; Chen *et al*., 2026).

12.2 Peran Pengemasan dalam Mempertahankan Mutu Produk Perikanan

Pengemasan merupakan salah satu komponen penting dalam sistem penanganan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi produk perikanan. Produk perikanan memiliki karakteristik yang mudah mengalami penurunan mutu sehingga memerlukan perlindungan yang mampu menghambat berbagai faktor penyebab kerusakan. Pengemasan tidak hanya berfungsi sebagai wadah, tetapi juga berperan sebagai sistem perlindungan yang membatasi interaksi antara produk dengan lingkungan. Perlindungan tersebut mencakup pengendalian terhadap oksigen, uap air, cahaya, kontaminan, mikroorganisme, serta kerusakan mekanis selama proses penyimpanan dan distribusi (FAO, 2026-a; Siddiqui *et al*., 2024). Dengan demikian, pemilihan jenis dan karakteristik kemasan yang sesuai menjadi salah satu faktor penting dalam mempertahankan mutu produk perikanan.

12.2.1 Perlindungan terhadap Kontaminasi

Salah satu peran utama kemasan adalah memberikan perlindungan terhadap kontaminasi dari lingkungan. Produk perikanan yang telah mengalami penanganan atau pengolahan dapat terpapar berbagai sumber kontaminasi selama proses distribusi dan pemasaran. Kontaminasi dapat berasal dari udara, permukaan peralatan, manusia, lingkungan penyimpanan, maupun kontak dengan produk lainnya. Kemasan yang memiliki integritas baik dapat membatasi kontak langsung antara produk dan lingkungan sehingga

risiko masuknya benda asing maupun kontaminan dapat dikurangi (FAO, 2026.-a).

Perlindungan terhadap kontaminasi juga memiliki hubungan erat dengan keamanan pangan. Kemasan harus mampu mempertahankan kondisi produk selama penyimpanan tanpa menyebabkan kontaminasi baru. Oleh sebab itu, bahan kemasan harus sesuai untuk kontak dengan pangan, sedangkan proses pengemasan harus dilakukan dalam kondisi higienis. Pada produk perikanan beku, misalnya, FAO menekankan bahwa kemasan berfungsi memberikan perlindungan terhadap kontaminasi serta kerusakan fisik selama penanganan, transportasi, penyimpanan, dan pemasaran (FAO, 2026.-a).

Integritas kemasan menjadi aspek yang sangat penting. Kemasan yang mengalami robekan, kebocoran, atau kerusakan pada bagian penyegelan dapat kehilangan kemampuan perlindungannya. Pada produk beku, kerusakan kemasan dapat memungkinkan terjadinya kehilangan kelembapan, masuknya udara, serta paparan terhadap kontaminan. Oleh karena itu, kualitas bahan kemasan dan kekuatan penyegelan perlu diperhatikan agar kemasan tetap berfungsi selama seluruh tahapan rantai pasok (FAO, 2026.-a; FAO, 2026-b).

12.2.2 Mengurangi Paparan Oksigen

Oksigen merupakan salah satu faktor lingkungan yang berperan dalam penurunan mutu produk perikanan. Paparan oksigen dapat mempercepat oksidasi lipid, terutama pada ikan berlemak yang mengandung asam lemak tidak jenuh dalam jumlah tinggi. Oksidasi lipid dapat menghasilkan senyawa yang menyebabkan ketengikan, perubahan aroma dan cita

rasa, serta penurunan kualitas sensori. Selain itu, oksidasi juga dapat berkontribusi terhadap perubahan warna dan penurunan kualitas nutrisi (Solinho *et al*., 2025).

Kemasan dengan sifat penghalang oksigen yang baik dapat mengurangi perpindahan oksigen dari lingkungan ke dalam kemasan. Pada produk ikan berlemak, penggunaan bahan kemasan dengan *oxygen barrier* yang baik menjadi sangat penting untuk memperlambat oksidasi. FAO menyatakan bahwa produk ikan berlemak lebih rentan terhadap oksidasi selama penyimpanan dan dapat dilindungi melalui penggunaan kemasan yang memiliki kemampuan menghambat oksigen, termasuk kemasan plastik yang disegel secara vakum.

Pengurangan oksigen juga menjadi prinsip utama dalam teknologi *vacuum packaging*. Pada metode ini, sebagian besar udara dikeluarkan dari dalam kemasan sebelum dilakukan penyegelan. Kondisi tersebut menghasilkan lingkungan dengan kadar oksigen yang lebih rendah sehingga dapat membantu mengurangi oksidasi dan memperlambat pertumbuhan sebagian mikroorganisme pembusuk yang membutuhkan oksigen. Namun demikian, pengemasan vakum tidak dapat menggantikan pengendalian suhu. Produk yang dikemas vakum tetap harus disimpan pada kondisi suhu yang sesuai untuk mempertahankan keamanan dan mutunya.

12.2.3 Mengendalikan Kehilangan Air dan Dehidrasi

Kehilangan air merupakan salah satu permasalahan penting terutama pada produk perikanan yang disimpan dalam kondisi beku. Air dapat berpindah dari produk ke lingkungan apabila terdapat perbedaan tekanan uap air.

Kehilangan air yang berlangsung terus-menerus dapat menyebabkan penurunan berat, perubahan tekstur, serta penurunan penampilan produk. Pada produk beku, kondisi tersebut dapat menyebabkan fenomena yang dikenal sebagai *freezer burn*, yaitu perubahan permukaan produk menjadi kering, pucat, dan bertekstur tidak menarik.

Penggunaan bahan kemasan dengan kemampuan menghambat perpindahan uap air dapat mengurangi kehilangan kelembapan dari produk. FAO menjelaskan bahwa sifat penghalang kemasan terhadap uap air berperan dalam mencegah kehilangan air dari produk ke lingkungan sehingga dapat mengurangi dehidrasi dan kehilangan berat. Pada ikan beku, perlindungan melalui pembungkusan yang rapat atau *glazing* dapat membantu mencegah dehidrasi selama penyimpanan.

Selain mengurangi kehilangan berat, pengendalian kelembapan juga membantu mempertahankan karakteristik fisik dan sensori produk. Produk yang mengalami dehidrasi berlebihan dapat mengalami perubahan tekstur dan penampilan. Pada ikan beku, dehidrasi juga dapat mempercepat denaturasi protein dan oksidasi lemak sehingga penurunan mutu menjadi lebih kompleks. Oleh karena itu, desain kemasan harus mempertimbangkan keseimbangan antara perlindungan terhadap kehilangan air dan kebutuhan produk terhadap kondisi lingkungan tertentu.

12.2.4 Melindungi Produk dari Kerusakan Mekanis

Produk perikanan dapat mengalami kerusakan mekanis selama proses pengangkutan, pemindahan, penyusunan, penyimpanan, dan pemasaran. Benturan, tekanan, gesekan, dan getaran dapat menyebabkan kemasan rusak atau bahkan menyebabkan kerusakan

langsung pada produk. Pada produk ikan utuh, fillet, udang, dan produk berbentuk potongan, kerusakan mekanis dapat menurunkan penampilan dan nilai jual.

Kemasan berfungsi memberikan perlindungan fisik dengan cara menahan tekanan dan benturan yang mungkin terjadi selama distribusi. Oleh karena itu, kekuatan mekanik bahan kemasan harus disesuaikan dengan karakteristik produk dan sistem distribusi. FAO menyebutkan bahwa kemasan ikan beku perlu memiliki kekuatan terhadap benturan dan kompresi yang memadai untuk mengurangi kerusakan selama penyimpanan dan transportasi.

Pada produk segar, pemilihan wadah juga perlu mempertimbangkan perlindungan terhadap tekanan dan perubahan bentuk. Kemasan yang terlalu lemah dapat menyebabkan produk tertekan, sedangkan kemasan yang terlalu kaku atau tidak sesuai bentuk produk dapat meningkatkan risiko kerusakan. Oleh sebab itu, desain kemasan harus mempertimbangkan ukuran, bentuk, berat, tekstur, serta sifat fisik produk yang dikemas.

12.2.5 Menghambat Perubahan Warna, Aroma, dan Cita Rasa

Mutu produk perikanan sangat dipengaruhi oleh karakteristik sensori, terutama warna, aroma, rasa, dan tekstur. Perubahan pada karakteristik tersebut sering kali menjadi indikator awal terjadinya penurunan mutu. Pengemasan dapat membantu mempertahankan karakteristik sensori dengan membatasi paparan terhadap oksigen, cahaya, kelembapan, serta kontaminan dari lingkungan.

Pada ikan tertentu, khususnya ikan yang memiliki warna daging merah, kondisi atmosfer di dalam kemasan dapat memengaruhi stabilitas warna. Dalam teknologi MAP, komposisi gas dapat dirancang sesuai dengan karakteristik produk. Karbon dioksida dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan sejumlah bakteri pembusuk, nitrogen berfungsi sebagai gas pengisi, sedangkan oksigen dapat dipertahankan pada tingkat tertentu untuk membantu mempertahankan warna merah pada produk seperti tuna.

Aroma juga merupakan atribut penting pada produk perikanan. Kemasan yang memiliki sifat penghalang yang baik dapat mengurangi perpindahan senyawa volatil antara produk dan lingkungan. Hal ini dapat membantu mempertahankan aroma khas produk sekaligus mencegah produk menyerap bau asing dari lingkungan penyimpanan. Pada produk segar, desain kemasan juga perlu memperhatikan kemampuan penyegelan agar aroma ikan tidak menyebar ke produk pangan lain selama penyimpanan dan pemasaran.

12.2.6 Menghambat Pertumbuhan Mikroorganisme

Pertumbuhan mikroorganisme merupakan salah satu penyebab utama kerusakan produk perikanan. Pengemasan dapat membantu mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme dengan membatasi kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan mikroba. Namun, efektivitas kemasan sangat dipengaruhi oleh kondisi awal produk dan suhu penyimpanan.

Salah satu teknologi yang banyak diterapkan adalah *Modified Atmosphere Packaging* (MAP). Dalam teknologi ini, udara di sekitar produk digantikan dengan komposisi gas tertentu. Karbon dioksida memiliki kemampuan

menghambat pertumbuhan berbagai bakteri pembusuk, sedangkan nitrogen digunakan terutama sebagai gas pengisi. Dengan pengaturan komposisi gas dan suhu penyimpanan yang tepat, MAP dapat membantu memperlambat penurunan mutu dan memperpanjang umur simpan produk perikanan.

Meskipun demikian, penerapan MAP harus dilakukan secara hati-hati karena kondisi rendah oksigen tidak selalu berarti produk menjadi lebih aman. Efektivitas dan keamanan sistem MAP dipengaruhi oleh jenis produk, mikroflora awal, komposisi gas, suhu, lama penyimpanan, dan kondisi higiene selama pengolahan. Oleh sebab itu, MAP harus diterapkan sebagai bagian dari sistem pengendalian mutu yang terintegrasi.

12.2.7 Mempertahankan Mutu Produk Beku

Pada produk perikanan beku, kemasan memiliki peran penting dalam mempertahankan mutu selama penyimpanan jangka panjang. Proses pembekuan dapat memperpanjang umur simpan dengan memperlambat berbagai reaksi yang menyebabkan kerusakan. Namun, mutu produk tetap dapat mengalami penurunan selama penyimpanan apabila suhu tidak dikendalikan dan produk tidak memperoleh perlindungan yang memadai.

Kemasan yang baik dapat melindungi produk beku dari dehidrasi, oksidasi, kontaminasi, dan kerusakan mekanis. Bahan kemasan harus memiliki sifat penghalang yang memadai terhadap gas, cahaya, dan uap air. FAO menjelaskan bahwa sifat penghalang tersebut membantu mencegah perubahan warna, oksidasi lipid, denaturasi protein, kehilangan kelembapan, dan penurunan karakteristik sensori.

Dengan demikian, keberhasilan mempertahankan mutu produk beku merupakan hasil interaksi antara pembekuan, suhu penyimpanan, pengendalian rantai dingin, dan pengemasan. Kemasan yang sangat baik sekalipun tidak dapat sepenuhnya mencegah penurunan mutu apabila produk mengalami fluktuasi suhu yang signifikan selama penyimpanan dan distribusi.

12.2.8 Memperpanjang Umur Simpan

Salah satu indikator keberhasilan teknologi pengemasan adalah kemampuannya memperpanjang umur simpan produk. Umur simpan merupakan periode ketika produk masih dapat mempertahankan karakteristik mutu dan keamanan yang dapat diterima. Pengemasan dapat memperpanjang umur simpan dengan memperlambat mekanisme kerusakan, seperti oksidasi, kehilangan air, pertumbuhan mikroorganisme, dan perubahan sensori.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa teknologi pengemasan modern, termasuk MAP, pengemasan vakum, dan pengemasan aktif, memiliki potensi untuk memperpanjang umur simpan produk perikanan. Kajian sistematis dan meta-analisis yang diterbitkan pada 2024 menunjukkan bahwa berbagai intervensi teknologi, termasuk MAP, pengemasan aktif, dan pengemasan vakum, dapat memberikan peningkatan umur simpan pada produk hasil laut, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada jenis produk dan suhu penyimpanan.

Penelitian pada fillet ikan *Atlantic bonito* yang diterbitkan pada 2025 juga menunjukkan bahwa MAP dapat memberikan hasil yang baik dalam mempertahankan kesegaran, tekstur, dan stabilitas warna dibandingkan beberapa perlakuan penyimpanan lainnya. Perlakuan atmosfer 80% nitrogen dan 20%

karbon dioksida dilaporkan memberikan pengaruh terhadap oksidasi lipid dan pertumbuhan mikroba.

12.2.9 Mendukung Efisiensi Penyimpanan dan Distribusi

Selain mempertahankan mutu, pengemasan berperan dalam meningkatkan efisiensi penanganan dan distribusi. Produk yang dikemas dapat dikelompokkan dalam unit yang lebih mudah ditangani, ditumpuk, diangkut, dan disimpan. Desain kemasan yang tepat dapat mengoptimalkan penggunaan ruang selama transportasi serta mengurangi risiko kerusakan selama pemindahan.

Pada distribusi produk segar, desain kemasan juga harus mempertimbangkan sistem rantai dingin. Ukuran kemasan, material isolasi, sirkulasi udara, dan penggunaan media pendingin dapat memengaruhi kecepatan perubahan suhu produk. FAO menjelaskan bahwa pengemasan dalam *master carton* dan penggunaan wadah berinsulasi dapat membantu mengurangi kenaikan suhu selama penanganan di luar ruang berpendingin.

Dengan demikian, kemasan harus dirancang tidak hanya berdasarkan kebutuhan produk di dalam kemasan, tetapi juga berdasarkan kondisi distribusi yang akan dihadapi. Produk yang dipasarkan secara lokal mungkin memerlukan sistem kemasan yang berbeda dengan produk yang akan didistribusikan antarwilayah atau diekspor.

12.2.10 Meningkatkan Nilai Tambah dan Penerimaan Konsumen

Kemasan juga berperan dalam meningkatkan nilai tambah produk perikanan. Kemasan yang menarik, bersih, informatif, dan mudah digunakan dapat

meningkatkan daya tarik produk di pasar. Informasi yang dicantumkan pada kemasan dapat membantu konsumen memahami identitas produk, berat bersih, komposisi, cara penyimpanan, cara pengolahan, serta batas penggunaan produk.

Pada produk perikanan yang dikemas untuk pasar modern, tampilan kemasan menjadi salah satu faktor penting dalam keputusan pembelian. FAO mencatat bahwa kemasan yang dirancang dan dicetak dengan baik dapat membantu membangun identitas merek serta memudahkan konsumen dalam mengenali dan memilih produk.

Dengan demikian, fungsi kemasan mencakup aspek teknis sekaligus komersial. Kemasan harus mampu melindungi produk secara efektif, tetapi pada saat yang sama juga harus memberikan informasi dan tampilan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

12.2.11 Peran Pengemasan dalam Mengurangi Kehilangan dan Pemborosan Produk

Pengemasan yang tepat dapat berkontribusi terhadap pengurangan kehilangan dan pemborosan pangan. Produk perikanan yang mengalami kerusakan mutu selama penyimpanan dan distribusi memiliki kemungkinan lebih besar untuk ditolak, dijual dengan harga lebih rendah, atau bahkan dibuang. Dengan memperlambat proses kerusakan, kemasan dapat membantu meningkatkan peluang produk sampai ke konsumen dalam kondisi yang masih dapat diterima.

Namun, pengemasan bukanlah satu-satunya faktor yang menentukan umur simpan. Kualitas bahan baku, higiene, proses pengolahan, suhu, kelembapan, serta kondisi distribusi harus dikendalikan secara bersamaan. Bahkan pada produk beku, FAO menegaskan bahwa

sebagian besar mekanisme penurunan mutu sangat dipengaruhi oleh suhu penyimpanan dan menjadi lebih cepat ketika produk mengalami penyimpangan atau fluktuasi suhu.

Oleh karena itu, pengemasan sebaiknya ditempatkan sebagai bagian dari pendekatan *integrated quality management*. Penggunaan kemasan yang tepat harus disertai dengan penanganan bahan baku yang baik, penerapan sanitasi, pengolahan yang tepat, pengendalian suhu, serta sistem distribusi yang mampu mempertahankan kondisi produk.

12.2.12 Integrasi Pengemasan dengan Teknologi Pengawetan

Perkembangan teknologi pangan menunjukkan bahwa pengemasan dapat dikombinasikan dengan metode pengawetan lainnya untuk menghasilkan perlindungan yang lebih efektif. Kombinasi tersebut dikenal sebagai pendekatan *hurdle technology*, yaitu penggunaan beberapa faktor pengawetan secara bersama-sama untuk menghambat kerusakan dan mempertahankan keamanan produk.

Pada produk perikanan, pengemasan dapat dikombinasikan dengan pendinginan, pembekuan, penggunaan atmosfer termodifikasi, pengemasan vakum, pelapisan yang dapat dimakan (*edible coating*), bahan antimikroba, maupun teknologi pengolahan lainnya. Kombinasi beberapa teknologi memungkinkan pengendalian kerusakan melalui mekanisme yang berbeda sehingga dapat meningkatkan efektivitas sistem pengawetan. Kajian mengenai teknologi pengemasan hasil laut menunjukkan bahwa kombinasi teknologi seperti MAP, pengemasan vakum, dan metode

pengawetan lainnya dapat meningkatkan stabilitas dan umur simpan produk.

Dengan demikian, peran pengemasan dalam mempertahankan mutu produk perikanan dapat dipahami sebagai suatu sistem multidimensi. Kemasan memberikan perlindungan fisik, kimiawi, mikrobiologis, dan sensori, sekaligus mendukung penyimpanan, transportasi, pemasaran, dan penyampaian informasi kepada konsumen. Efektivitas fungsi tersebut sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara karakteristik bahan kemasan, jenis produk, teknologi pengemasan, dan kondisi penyimpanan.

Secara keseluruhan, pengemasan yang tepat dapat membantu mempertahankan mutu produk perikanan dengan cara mengurangi paparan oksigen dan cahaya, mengendalikan perpindahan uap air, menghambat kontaminasi, mengurangi kerusakan mekanis, mempertahankan karakteristik sensori, dan memperlambat pertumbuhan mikroorganisme. Pada produk beku, kemasan juga berperan penting dalam mencegah dehidrasi dan *freezer burn*. Sementara pada produk segar, teknologi seperti MAP dan pengemasan vakum dapat digunakan untuk memperlambat proses kerusakan apabila diterapkan bersama pengendalian suhu yang tepat (FAO, 2026.-a; Sivertsvik, Jeksrud and Rosnes, 2002; Siddiqui *et al*., 2024).

Oleh karena itu, pemilihan teknologi pengemasan harus didasarkan pada pendekatan ilmiah dan mempertimbangkan karakteristik produk, tujuan penyimpanan, kondisi distribusi, umur simpan yang diharapkan, aspek keamanan pangan, biaya, serta dampak lingkungan. Pengemasan yang efektif bukan sekadar kemasan yang mampu menutup produk, tetapi merupakan suatu sistem yang dirancang untuk

menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai bagi produk selama masa penyimpanan dan distribusi (Kumar *et al*., 2026). Pendekatan tersebut menjadi dasar bagi pengembangan teknologi pengemasan produk perikanan yang mampu menghasilkan produk berkualitas, aman, memiliki umur simpan lebih panjang, dan memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi.

12.3 Permasalahan dan Tantangan Pengemasan Produk Perikanan

Pengemasan produk perikanan menghadapi berbagai permasalahan dan tantangan yang berkaitan dengan karakteristik bahan pangan, kondisi lingkungan, teknologi pengolahan, distribusi, keamanan pangan, biaya, serta tuntutan keberlanjutan. Produk perikanan merupakan bahan pangan yang mudah mengalami kerusakan akibat aktivitas mikroorganisme, enzimatis, oksidasi lipid, kehilangan air, serta kerusakan fisik. Oleh karena itu, kemasan harus mampu memberikan perlindungan yang memadai sejak produk dikemas hingga sampai kepada konsumen. Permasalahan pengemasan menjadi semakin kompleks karena setiap jenis produk perikanan memiliki karakteristik dan kebutuhan perlindungan yang berbeda. FAO menegaskan bahwa penanganan, pendinginan, pengemasan, transportasi, dan penyimpanan merupakan rangkaian yang saling berkaitan dalam mempertahankan mutu serta mengurangi kehilangan produk perikanan.

12.3.1 Tingginya *Perishable Nature* Produk Perikanan

Permasalahan utama dalam pengemasan produk perikanan adalah sifatnya yang sangat mudah rusak (*highly perishable*). Setelah ikan mati, proses biokimia dan mikrobiologis terus berlangsung sehingga kesegaran dan mutu secara bertahap mengalami

penurunan. Aktivitas enzim endogen menyebabkan perubahan jaringan, sedangkan mikroorganisme dapat berkembang dan menghasilkan senyawa yang menimbulkan bau serta karakteristik pembusukan. Selain itu, oksidasi lipid dapat menyebabkan ketengikan, perubahan warna, dan penurunan kualitas sensori.

Kondisi tersebut menyebabkan pengemasan produk perikanan tidak dapat dilakukan hanya dengan mempertimbangkan fungsi wadah. Kemasan harus dirancang sebagai bagian dari sistem pengawetan yang mampu menghambat mekanisme kerusakan tertentu. Akan tetapi, kemasan tidak dapat sepenuhnya menghentikan proses kerusakan. Efektivitasnya sangat bergantung pada mutu awal bahan baku, kondisi sanitasi, suhu penyimpanan, lama penyimpanan, dan karakteristik produk. Kajian sistematis terbaru menunjukkan bahwa teknologi pengemasan seperti *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), pengemasan vakum, dan pengemasan aktif memiliki potensi memperpanjang umur simpan produk hasil laut, tetapi keberhasilannya sangat dipengaruhi oleh jenis produk dan suhu penyimpanan.

12.3.2 Kebutuhan Sifat Barrier yang Sesuai

Salah satu tantangan teknis utama adalah memperoleh bahan kemasan dengan sifat *barrier* yang sesuai. Produk perikanan memerlukan perlindungan terhadap oksigen, uap air, cahaya, aroma, dan kontaminan. Bahan kemasan yang memiliki permeabilitas tinggi terhadap oksigen dapat memungkinkan terjadinya oksidasi lipid, sedangkan permeabilitas terhadap uap air dapat menyebabkan kehilangan kelembapan dan penurunan mutu.

Pada produk ikan segar yang dikemas dengan MAP, misalnya, bahan kemasan harus memiliki kemampuan

mempertahankan komposisi gas di dalam kemasan. FAO menjelaskan bahwa kemasan untuk MAP memerlukan sifat penghalang yang memadai terhadap gas seperti karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Selain itu, kemampuan menghambat uap air juga penting karena kehilangan air dapat menyebabkan dehidrasi dan menurunkan kualitas produk.

Permasalahan muncul karena tidak semua material memiliki sifat *barrier* yang sama. Bahan yang sangat baik dalam menghambat oksigen belum tentu memiliki kemampuan yang sama terhadap uap air. Oleh sebab itu, pengembangan kemasan sering memerlukan kombinasi beberapa material, pelapisan (*coating*), atau struktur multilapis. Konsekuensinya, desain kemasan menjadi lebih kompleks dan dapat meningkatkan biaya produksi serta menimbulkan tantangan dalam proses daur ulang.

12.3.3 Pengendalian Oksigen dan Risiko Oksidasi

Oksigen merupakan salah satu faktor penting yang harus dikendalikan dalam pengemasan produk perikanan. Kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi pada sebagian produk perikanan menyebabkan produk rentan mengalami oksidasi lipid. Reaksi tersebut dapat menghasilkan senyawa yang menimbulkan bau dan cita rasa tengik serta menyebabkan perubahan warna dan penurunan kualitas nutrisi.

Pengurangan oksigen dapat dilakukan melalui pengemasan vakum atau MAP. Namun, penggunaan atmosfer rendah oksigen juga harus dipertimbangkan secara hati-hati. Kondisi rendah oksigen dapat menghambat beberapa mikroorganisme pembusuk aerob, tetapi tidak secara otomatis menjamin keamanan produk. Oleh karena itu, penerapan teknologi tersebut harus disertai pengendalian suhu dan higiene yang baik. FAO menekankan bahwa produk ikan yang dikemas

vakum tetap harus disimpan dalam kondisi dingin yang sesuai.

Tantangan lain muncul pada produk ikan tertentu yang memerlukan keberadaan oksigen untuk mempertahankan karakteristik warna. Dengan demikian, penghilangan oksigen secara total tidak selalu menjadi solusi terbaik. Komposisi atmosfer harus disesuaikan dengan jenis produk, tujuan penyimpanan, serta perubahan mutu yang ingin dikendalikan.

12.3.4 Pengendalian Kelembapan dan Dehidrasi

Kelembapan merupakan faktor penting dalam mempertahankan mutu produk perikanan. Kehilangan air dapat menyebabkan penurunan berat, perubahan tekstur, perubahan penampilan, dan penurunan penerimaan konsumen. Pada produk beku, kehilangan air dari permukaan produk dapat menyebabkan *freezer burn*, yaitu kondisi permukaan menjadi kering, pucat, dan mengalami perubahan tekstur.

FAO menyebutkan bahwa kemasan produk ikan beku harus memiliki sifat penghalang yang memadai untuk mengurangi dehidrasi dan penyerapan bau dari lingkungan. Kemasan juga harus memiliki kekuatan mekanik yang cukup untuk melindungi produk selama penyimpanan, transportasi, dan penanganan.

Tantangan dalam pengendalian kelembapan adalah menemukan keseimbangan antara kemampuan kemasan menghambat perpindahan uap air dan kebutuhan produk terhadap lingkungan penyimpanan. Pemilihan material, ketebalan kemasan, metode penyegelan, dan kondisi penyimpanan harus dipertimbangkan secara bersamaan.

12.3.5 Kerusakan Mekanis Selama Distribusi

Produk perikanan dapat mengalami kerusakan mekanis selama proses pengemasan, penumpukan, transportasi, penyimpanan, dan pemasaran. Benturan, tekanan, getaran, gesekan, serta penanganan yang kurang hati-hati dapat menyebabkan kemasan robek atau produk mengalami kerusakan fisik.

Pada produk ikan beku, kerusakan kemasan dapat menyebabkan masuknya udara dan uap air serta meningkatkan risiko kontaminasi. Sementara itu, pada ikan segar dan produk olahan yang memiliki tekstur relatif lunak, tekanan mekanis dapat menyebabkan perubahan bentuk atau kerusakan jaringan.

Oleh karena itu, bahan kemasan harus memiliki kekuatan mekanik yang sesuai. FAO menyatakan bahwa kemasan ikan beku perlu memiliki kekuatan terhadap benturan dan tekanan selama proses penumpukan, transportasi, penyimpanan, dan pemasaran.

Permasalahan tersebut menjadi lebih kompleks ketika kemasan dirancang dengan material yang lebih tipis untuk mengurangi penggunaan bahan. Pengurangan material memang dapat menekan penggunaan sumber daya, tetapi jika dilakukan tanpa mempertimbangkan kekuatan kemasan, risiko kerusakan selama distribusi dapat meningkat.

12.3.6 Menjaga Integritas dan Kualitas Penyegelan

Integritas kemasan merupakan faktor penting dalam mempertahankan fungsi perlindungan. Kemasan yang memiliki bahan berkualitas tinggi tetapi mengalami kebocoran tetap tidak mampu melindungi produk secara optimal. Kebocoran dapat terjadi akibat kualitas bahan yang rendah, proses penyegelan yang tidak tepat, adanya

kontaminasi pada area penyegelan, atau kerusakan mekanis selama distribusi.

Pada produk MAP, integritas penyegelan menjadi sangat penting karena kebocoran dapat menyebabkan perubahan komposisi gas di dalam kemasan. Masuknya oksigen dari lingkungan dan keluarnya gas yang digunakan dalam MAP dapat mengurangi efektivitas sistem pengemasan.

FAO menekankan bahwa kemasan ikan segar harus memiliki penyegelan yang kuat untuk mencegah kontaminasi, kehilangan air, dan penyebaran aroma ikan. Dengan demikian, pengujian kebocoran, kekuatan segel, dan integritas kemasan perlu menjadi bagian dari pengendalian mutu. Tantangan ini menjadi semakin penting ketika teknologi pengemasan menggunakan struktur multilapis atau material baru yang memiliki karakteristik penyegelan berbeda.

12.3.7 Keamanan Pangan dan Migrasi Bahan Kemasan

Kemasan pangan harus mampu melindungi produk tanpa menimbulkan bahaya baru. Salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan migrasi komponen bahan kemasan ke dalam produk. Migrasi dapat dipengaruhi oleh jenis material, komposisi produk, suhu, waktu kontak, dan kondisi penyimpanan.

Produk perikanan dengan kadar lemak relatif tinggi dapat berinteraksi secara berbeda dengan bahan kemasan dibandingkan produk dengan kadar lemak rendah. Oleh sebab itu, bahan kemasan harus dipilih berdasarkan kesesuaiannya dengan karakteristik pangan dan kondisi penggunaan.

Tantangan ini semakin besar pada pengembangan *active packaging*, karena kemasan dapat mengandung senyawa antimikroba, antioksidan, penyerap oksigen, atau bahan aktif lainnya. Penggunaan bahan aktif harus mempertimbangkan efektivitas, stabilitas, keamanan, migrasi, serta penerimaan konsumen.

12.3.8 Pengendalian Mikroorganisme dan Keamanan Mikrobiologis

Pengemasan dapat membantu mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme, tetapi tidak dapat menggantikan praktik higiene dan pengendalian suhu. Produk perikanan yang memiliki beban mikroba awal tinggi tetap dapat mengalami kerusakan meskipun dikemas dengan teknologi modern.

Pada MAP, misalnya, karbon dioksida dapat menghambat pertumbuhan sejumlah bakteri pembusuk. Namun, kondisi atmosfer yang berbeda juga dapat mengubah pola pertumbuhan mikroorganisme. Karena itu, teknologi pengemasan harus dirancang dengan mempertimbangkan mikroflora produk dan kondisi penyimpanan.

Kajian tahun 2024 menunjukkan bahwa efektivitas teknologi pengawetan dan pengemasan hasil laut sangat dipengaruhi oleh kombinasi teknologi dengan suhu penyimpanan. Dengan kata lain, pengemasan harus dipandang sebagai salah satu bagian dari sistem pengendalian keamanan pangan secara keseluruhan.

12.3.9 Ketergantungan terhadap Rantai Dingin

Salah satu tantangan terbesar dalam pengemasan produk perikanan adalah ketergantungannya terhadap rantai dingin. Pengemasan yang baik tidak dapat menggantikan kebutuhan terhadap suhu penyimpanan

yang sesuai. Produk segar, beku, dan produk olahan tertentu memiliki persyaratan suhu yang berbeda sehingga desain kemasan harus disesuaikan dengan kondisi tersebut.

FAO menyatakan bahwa ikan yang tidak segera didinginkan dan ditangani secara tepat akan mengalami percepatan kerusakan, terutama pada wilayah tropis dengan suhu lingkungan tinggi.

Dalam kondisi distribusi yang memiliki fluktuasi suhu, fungsi kemasan dapat menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, tantangan pengemasan tidak hanya berkaitan dengan material dan teknologi kemasan, tetapi juga dengan infrastruktur penyimpanan dingin, transportasi berpendingin, ketersediaan es, serta pengawasan suhu sepanjang rantai pasok.

12.3.10 Keterbatasan Infrastruktur dan Teknologi

Penerapan teknologi pengemasan modern membutuhkan peralatan, bahan, tenaga terampil, dan sistem pengendalian mutu yang memadai. Teknologi seperti MAP, pengemasan vakum, dan *active packaging* memerlukan peralatan khusus serta pengendalian proses yang lebih ketat dibandingkan pengemasan sederhana.

Permasalahan ini terutama relevan bagi usaha kecil dan menengah yang memiliki keterbatasan modal dan akses terhadap teknologi. FAO mencatat bahwa rendahnya permintaan domestik terhadap material kemasan di sejumlah negara berkembang dapat menyebabkan rendahnya investasi dalam industri kemasan dan membatasi pemanfaatan teknologi pengemasan untuk pengendalian kehilangan pangan.

Oleh karena itu, teknologi pengemasan yang dikembangkan untuk produk perikanan perlu mempertimbangkan kondisi nyata pelaku usaha. Teknologi yang sangat canggih tetapi sulit diperoleh, mahal, atau membutuhkan keterampilan tinggi belum tentu menjadi solusi yang paling tepat untuk semua kondisi.

12.3.11 Biaya Pengemasan

Biaya merupakan salah satu pertimbangan utama dalam pemilihan teknologi pengemasan. Material dengan sifat *barrier* tinggi, struktur multilapis, kemasan aktif, sensor, serta teknologi cerdas umumnya membutuhkan biaya lebih besar dibandingkan kemasan konvensional.

Bagi produk dengan nilai ekonomi tinggi, biaya tambahan tersebut mungkin dapat diterima karena memberikan manfaat berupa umur simpan lebih panjang, penurunan kehilangan, dan peningkatan nilai jual. Namun, untuk produk perikanan dengan margin keuntungan rendah, biaya kemasan dapat menjadi faktor pembatas.

Tantangannya adalah menemukan titik keseimbangan antara biaya kemasan dan manfaat ekonomi yang dihasilkan. Evaluasi teknologi pengemasan sebaiknya tidak hanya berdasarkan harga bahan kemasan, tetapi juga mempertimbangkan pengurangan kehilangan produk, peningkatan umur simpan, efisiensi distribusi, nilai tambah, dan penerimaan pasar.

12.3.12 Masalah Limbah Kemasan dan Dampak Lingkungan

Penggunaan kemasan, khususnya plastik, memberikan manfaat besar dalam perlindungan pangan tetapi juga menimbulkan persoalan lingkungan. Material plastik konvensional memiliki keunggulan berupa kekuatan, fleksibilitas, ringan, dan sifat penghalang yang baik, tetapi pengelolaan limbahnya menjadi tantangan.

Permasalahan tersebut sangat relevan bagi sektor perikanan karena pencemaran plastik dapat memberikan dampak terhadap ekosistem perairan. Dengan demikian, industri perikanan menghadapi paradoks: kemasan diperlukan untuk melindungi produk dan mengurangi kehilangan pangan, tetapi penggunaan kemasan yang tidak dikelola dengan baik dapat meningkatkan beban lingkungan.

Kajian terbaru mengenai pengemasan berkelanjutan untuk produk hasil laut menunjukkan bahwa material berbasis hayati dan biodegradable memiliki peluang untuk mengurangi dampak lingkungan. Namun, material tersebut masih menghadapi keterbatasan berupa permeabilitas yang relatif tinggi, sifat mekanik yang belum optimal, kesulitan dalam pengolahan, dan biaya produksi serta *scale-up* yang masih relatif tinggi.

12.3.13 Keterbatasan Material Biodegradable dan Biopolimer

Pengembangan bioplastik dan material berbasis biopolimer menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap plastik konvensional. Material seperti kitosan, gelatin, alginat, pati, selulosa, dan protein dapat digunakan untuk

menghasilkan film atau lapisan yang memiliki potensi sebagai bahan kemasan.

Namun, material berbasis biopolimer masih menghadapi berbagai keterbatasan. Beberapa material memiliki ketahanan terhadap air yang rendah, kekuatan mekanik yang belum memadai, permeabilitas terhadap uap air dan gas yang tinggi, serta stabilitas yang terbatas. Selain itu, biaya produksi dan kemampuan untuk menghasilkan material dalam skala industri juga menjadi tantangan.

Review mengenai *biopackaging* untuk produk hasil laut menunjukkan bahwa inovasi berbasis hayati memiliki potensi besar, tetapi keterbatasan sifat fungsional dan biaya produksi perlu diatasi melalui kombinasi material, modifikasi struktur, *coating*, serta teknologi nano.

12.3.14 Tantangan Penerapan *Active* dan *Intelligent Packaging*

Active packaging dan *intelligent packaging* merupakan teknologi yang menjanjikan, tetapi penerapannya masih menghadapi berbagai tantangan. *Active packaging* harus mampu melepaskan atau menyerap komponen tertentu secara terkendali, sedangkan *intelligent packaging* harus mampu memberikan informasi yang akurat mengenai kondisi produk.

Pada pengembangan indikator kesegaran, misalnya, perubahan warna indikator harus memiliki hubungan yang jelas dengan perubahan mutu produk. Jika indikator berubah terlalu cepat atau terlalu lambat dibandingkan perubahan mutu sebenarnya, informasi yang diberikan dapat menyesatkan konsumen.

Teknologi *smart packaging* juga menghadapi tantangan biaya, stabilitas, keamanan, penerimaan konsumen, dan integrasi dengan sistem produksi. Kajian terbaru mengenai *smart nano-packaging* untuk produk hasil laut menunjukkan bahwa masih terdapat kesenjangan dalam aspek penerapan praktis, terutama terkait *scalability*, efisiensi biaya, dan keamanan konsumen.

12.3.15 Tantangan Penerimaan Konsumen

Teknologi pengemasan yang inovatif tidak hanya harus efektif secara teknis, tetapi juga harus dapat diterima oleh konsumen. Konsumen dapat memiliki kekhawatiran terhadap penggunaan bahan aktif, nanomaterial, indikator kesegaran, atau material baru yang belum familiar.

Transparansi informasi menjadi penting dalam kondisi tersebut. Konsumen perlu memahami fungsi teknologi dan jaminan keamanannya. Kemasan juga harus tetap mudah digunakan, menarik, dan memberikan informasi yang jelas mengenai produk.

Dengan semakin meningkatnya perhatian terhadap kesehatan dan lingkungan, konsumen juga semakin mempertimbangkan aspek keberlanjutan. Oleh karena itu, produsen menghadapi tantangan untuk menghasilkan kemasan yang secara teknis efektif sekaligus sesuai dengan ekspektasi konsumen terhadap keamanan, kenyamanan, dan lingkungan.

12.3.16 Kompleksitas Daur Ulang Kemasan

Kemasan multilapis dapat memberikan sifat perlindungan yang sangat baik, tetapi struktur yang terdiri atas beberapa jenis material dapat menyulitkan proses daur ulang. Sebaliknya, kemasan berbahan

tunggal lebih mudah didaur ulang, tetapi mungkin memiliki sifat *barrier* yang lebih terbatas.

Permasalahan ini menciptakan kebutuhan untuk mengembangkan material yang mampu memberikan kombinasi fungsi tanpa mengorbankan kemampuan daur ulang. Pendekatan desain kemasan untuk ekonomi sirkular menjadi semakin penting agar kemasan tidak hanya dinilai berdasarkan performanya selama penggunaan, tetapi juga berdasarkan apa yang terjadi setelah produk dikonsumsi.

12.3.17 Tantangan Standardisasi dan Regulasi

Pengembangan teknologi kemasan baru juga harus memenuhi persyaratan keamanan pangan dan regulasi yang berlaku. Material baru, bahan aktif, nanomaterial, serta komponen indikator harus melalui evaluasi keamanan sebelum dapat diterapkan secara luas.

Tantangan regulasi dapat menjadi lebih kompleks ketika produk ditujukan untuk pasar internasional karena setiap negara atau kawasan dapat memiliki persyaratan yang berbeda. Produsen perlu memastikan bahwa bahan kemasan, komponen aktif, pelabelan, dan klaim yang digunakan sesuai dengan ketentuan pasar tujuan.

12.3.18 Tantangan Integrasi antara Kemasan dan Rantai Pasok

Pengemasan tidak dapat dipisahkan dari sistem rantai pasok. Kemasan yang dirancang untuk penyimpanan dingin mungkin memiliki persyaratan berbeda dengan kemasan yang digunakan untuk distribusi pada suhu ruang. Demikian pula, kemasan untuk pasar lokal memiliki kebutuhan berbeda dengan kemasan untuk distribusi jarak jauh atau ekspor.

Oleh sebab itu, pengembangan kemasan perlu memperhitungkan seluruh perjalanan produk, mulai dari pengolahan, pengemasan, penyimpanan, transportasi, distribusi, display, hingga konsumsi. FAO menunjukkan bahwa kemasan dapat berkontribusi terhadap perlindungan produk, kemudahan distribusi, penambahan nilai, penyediaan informasi, dan perpanjangan umur simpan, tetapi manfaat tersebut hanya dapat dicapai apabila kemasan sesuai dengan kondisi rantai pasok.

12.3.19 Tantangan bagi Industri Perikanan Skala Kecil

Industri perikanan skala kecil memiliki tantangan tersendiri dalam penerapan teknologi pengemasan. Keterbatasan modal, akses terhadap mesin, ketersediaan material, pengetahuan teknis, fasilitas penyimpanan dingin, dan akses pasar dapat menghambat adopsi teknologi.

Dalam konteks ini, teknologi pengemasan sederhana tetapi efektif sering kali lebih mudah diterapkan dibandingkan teknologi canggih. Penggunaan wadah yang kuat, bersih, mudah diperoleh, dan sesuai dengan kebutuhan produk dapat memberikan manfaat nyata dalam mengurangi kehilangan. FAO menunjukkan bahwa teknologi pascapanen yang sederhana, berbiaya relatif rendah, dan menggunakan bahan lokal dapat memiliki peluang adopsi yang lebih besar pada usaha perikanan skala kecil.

12.3.20 Arah Penyelesaian Permasalahan dan Tantangan

Berbagai permasalahan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan teknologi pengemasan produk perikanan harus menggunakan pendekatan multidimensi. Tidak cukup hanya menghasilkan material

dengan sifat penghalang yang tinggi, tetapi juga diperlukan pertimbangan mengenai keamanan pangan, biaya, kemudahan penggunaan, keberlanjutan, kemampuan daur ulang, kondisi rantai dingin, dan karakteristik konsumen.

Pengembangan kemasan masa depan cenderung mengarah pada material yang lebih fungsional, aktif, cerdas, dan berkelanjutan. Penggunaan biopolimer, bahan antimikroba alami, antioksidan, sensor kesegaran, nanoteknologi, dan sistem pengemasan berbasis data merupakan beberapa pendekatan yang sedang dikembangkan. Review terbaru menunjukkan bahwa penggabungan biopolimer dengan teknologi nano dapat meningkatkan sifat fisikokimia dan fungsi kemasan, tetapi aspek keamanan, biaya, dan kemampuan produksi skala besar masih perlu diperhatikan.

Dengan demikian, tantangan utama pengemasan produk perikanan pada masa mendatang adalah menemukan keseimbangan antara perlindungan produk, keamanan pangan, efisiensi ekonomi, kenyamanan konsumen, dan keberlanjutan lingkungan. Kemasan yang ideal bukan hanya mampu memperpanjang umur simpan, tetapi juga mampu mempertahankan mutu produk secara efektif dengan penggunaan material seminimal mungkin, dapat diproduksi secara ekonomis, aman bagi konsumen, serta memiliki dampak lingkungan yang rendah.

Pada akhirnya, keberhasilan teknologi pengemasan harus dinilai berdasarkan kontribusinya terhadap keseluruhan sistem pangan. Pengemasan yang mampu mengurangi kehilangan produk dapat memberikan manfaat lingkungan karena mengurangi pemborosan sumber daya yang digunakan untuk menghasilkan pangan. Sebaliknya, penggunaan material kemasan

secara berlebihan atau pemilihan bahan yang sulit dikelola setelah digunakan dapat menciptakan permasalahan lingkungan baru. Oleh karena itu, pendekatan *life cycle thinking* menjadi penting dalam merancang teknologi pengemasan produk perikanan yang benar-benar berkelanjutan.

Permasalahan dan tantangan tersebut menjadi dasar penting bagi pengembangan teknologi pengemasan produk perikanan. Pemahaman terhadap berbagai faktor pembatas akan membantu peneliti, akademisi, pelaku industri, dan pemangku kepentingan dalam memilih teknologi yang tepat sesuai karakteristik produk dan kondisi rantai pasok. Dengan pendekatan yang terintegrasi, teknologi pengemasan dapat dikembangkan bukan hanya untuk mempertahankan mutu dan keamanan produk, tetapi juga untuk meningkatkan nilai tambah, mengurangi kehilangan pangan, memperkuat daya saing industri perikanan, dan mendukung sistem pangan yang lebih berkelanjutan.

12.4 Tujuan dan Ruang Lingkup Pengemasan Produk Perikanan

Pengemasan merupakan bagian integral dari sistem penanganan dan pengolahan produk perikanan yang bertujuan mempertahankan mutu, keamanan, dan nilai ekonomi produk sejak proses pengemasan hingga sampai kepada konsumen. Produk perikanan memiliki karakteristik yang mudah mengalami perubahan mutu akibat aktivitas mikroorganisme, reaksi enzimatis, oksidasi lipid, kehilangan air, perubahan suhu, serta kerusakan fisik selama penyimpanan dan distribusi. Oleh karena itu, pengemasan perlu dirancang tidak hanya sebagai wadah, tetapi sebagai suatu sistem perlindungan yang mampu menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai dengan karakteristik produk.

FAO menjelaskan bahwa pengemasan produk perikanan memiliki sejumlah fungsi, antara lain melindungi produk, mempermudah distribusi dan display, memberikan informasi kepada konsumen, meningkatkan nilai tambah, meningkatkan daya tarik produk, dan memperpanjang umur simpan. Pada produk ikan segar, karakteristik bahan kemasan seperti kemampuan menghambat gas dan uap air, kemampuan penyegelan, ketahanan mekanik, ketahanan terhadap minyak, transparansi, serta kemampuan mengendalikan *drip* perlu disesuaikan dengan kebutuhan produk.

12.4.1 Tujuan Pengemasan Produk Perikanan

a. Mempertahankan Mutu Produk

Tujuan utama pengemasan adalah mempertahankan mutu produk perikanan selama penyimpanan dan distribusi. Mutu produk mencakup karakteristik fisik, kimiawi, mikrobiologis, sensori, dan nilai gizi. Kemasan dapat membantu mengurangi kontak produk dengan faktor lingkungan yang dapat mempercepat kerusakan, seperti oksigen, uap air, cahaya, kontaminan, dan tekanan mekanis.

Pengendalian lingkungan di sekitar produk menjadi sangat penting karena setiap jenis produk perikanan memiliki mekanisme kerusakan yang berbeda. Produk ikan berlemak, misalnya, lebih rentan terhadap oksidasi lipid, sedangkan produk beku menghadapi risiko kehilangan air dan *freezer burn*. Oleh karena itu, bahan dan sistem kemasan perlu dipilih berdasarkan karakteristik produk serta kondisi penyimpanan yang akan diterapkan.

b. Memperpanjang Umur Simpan

Tujuan berikutnya adalah memperpanjang umur simpan produk. Umur simpan menunjukkan periode ketika produk masih dapat mempertahankan mutu dan keamanan pada tingkat yang dapat diterima. Pengemasan dapat membantu memperpanjang umur simpan dengan menghambat faktor-faktor penyebab kerusakan.

Teknologi seperti *Modified Atmosphere Packaging* (MAP), pengemasan vakum, dan *active packaging* dapat digunakan untuk menciptakan kondisi lingkungan tertentu di dalam kemasan. Pada MAP, udara di dalam kemasan digantikan dengan campuran gas tertentu, umumnya karbon dioksida, nitrogen, dan oksigen. Teknologi ini dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan proses oksidasi pada kondisi penyimpanan dingin.

Namun, pengemasan tidak dapat dipandang sebagai pengganti pengendalian suhu dan higiene. Efektivitas MAP, misalnya, sangat dipengaruhi oleh jenis ikan, kandungan lemak, jumlah mikroorganisme awal, komposisi gas, bahan kemasan, dan terutama suhu penyimpanan.

c. Melindungi Produk dari Kontaminasi

Produk perikanan dapat mengalami kontaminasi selama proses penanganan, pengolahan, penyimpanan, transportasi, dan pemasaran. Kemasan berfungsi sebagai penghalang antara produk dengan lingkungan sehingga dapat mengurangi risiko masuknya mikroorganisme, debu, benda asing, dan kontaminan lainnya.

Kemampuan perlindungan tersebut sangat bergantung pada integritas kemasan. Kemasan yang mengalami kebocoran, robekan, atau kegagalan penyegelan tidak dapat memberikan perlindungan secara optimal. Oleh sebab itu, proses penyegelan dan pemeriksaan integritas kemasan merupakan bagian penting dari pengendalian mutu. Pada produk ikan segar, FAO menekankan pentingnya *heat sealability* atau kemampuan membentuk segel yang rapat antara wadah dan material penutup untuk mencegah kontaminasi, kehilangan air, dan penyebaran aroma ikan.

d. Melindungi Produk dari Kerusakan Fisik

Kemasan juga bertujuan melindungi produk dari kerusakan fisik selama penanganan dan distribusi. Produk perikanan dapat mengalami tekanan, benturan, getaran, gesekan, atau penumpukan selama transportasi dan penyimpanan.

Kemasan harus memiliki kekuatan mekanik yang sesuai dengan karakteristik produk dan sistem distribusi. Pada ikan segar, misalnya, kemasan perlu melindungi fillet dari tekanan dan kerusakan bentuk. Pada produk beku, kemasan perlu mampu menahan kondisi penumpukan dan transportasi sekaligus mencegah kerusakan yang dapat menyebabkan masuknya udara dan uap air.

Dengan demikian, tujuan pengemasan tidak hanya mempertahankan kondisi kimia dan mikrobiologis produk, tetapi juga menjaga integritas fisiknya sampai produk diterima konsumen.

e. Mengendalikan Oksidasi dan Kehilangan Air

Oksigen dan uap air merupakan dua faktor lingkungan yang sangat penting dalam pengemasan produk perikanan. Oksigen dapat mempercepat oksidasi lipid, sedangkan perpindahan uap air dapat menyebabkan kehilangan kelembapan dan penurunan kualitas.

Pemilihan material dengan sifat *barrier* yang sesuai menjadi salah satu tujuan penting dalam desain kemasan. Pada MAP, misalnya, material kemasan harus memiliki kemampuan menghambat perpindahan gas agar komposisi atmosfer di dalam kemasan relatif dapat dipertahankan. Sementara itu, kemampuan menghambat uap air dibutuhkan untuk mengurangi dehidrasi produk.

Kebutuhan tersebut menunjukkan bahwa pemilihan bahan kemasan tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan harga atau penampilan. Karakteristik permeabilitas terhadap oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan uap air harus dipertimbangkan sesuai dengan jenis produk.

f. Mempermudah Penanganan, Penyimpanan, dan Distribusi

Pengemasan juga bertujuan meningkatkan efisiensi penanganan produk. Produk yang dikemas dalam unit yang sesuai akan lebih mudah ditimbang, disusun, dipindahkan, diangkut, dan dipasarkan.

Pada sistem distribusi modern, kemasan harus mampu menyesuaikan dengan fasilitas penyimpanan, transportasi, display, serta sistem logistik. Desain kemasan yang tepat dapat membantu mengoptimalkan penggunaan ruang dan mengurangi risiko kerusakan selama transportasi.

Dengan demikian, kemasan menjadi bagian penting dalam sistem rantai pasok. Fungsi kemasan tidak berhenti ketika produk selesai dikemas, tetapi terus berlangsung selama produk berada dalam penyimpanan, transportasi, display, hingga dikonsumsi.

g. Meningkatkan Nilai Tambah Produk

Kemasan memiliki fungsi ekonomi dan pemasaran. Produk perikanan yang sebelumnya dijual dalam bentuk curah dapat memiliki nilai tambah lebih tinggi setelah dikemas dalam ukuran dan bentuk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

Kemasan yang menarik, bersih, informatif, dan praktis dapat meningkatkan daya tarik produk. FAO menyebutkan bahwa pengemasan dapat memberikan nilai tambah, meningkatkan daya tarik produk, menyediakan pilihan bagi konsumen, dan mempermudah penyampaian informasi mengenai produk.

Dalam konteks industri perikanan, aspek tersebut penting karena konsumen tidak hanya mempertimbangkan harga, tetapi juga keamanan, kebersihan, kualitas, kemudahan penggunaan, tampilan, dan informasi produk.

h. Menyediakan Informasi kepada Konsumen

Kemasan berfungsi sebagai media komunikasi antara produsen dan konsumen. Informasi pada kemasan dapat mencakup nama produk, berat bersih, komposisi, tanggal produksi, batas penggunaan, kondisi penyimpanan, informasi produsen, serta informasi lain yang dipersyaratkan.

Codex menetapkan bahwa pelabelan pangan prapaket harus memberikan informasi yang tidak menyesatkan dan harus disajikan secara jelas serta mudah dibaca oleh konsumen. Dalam perkembangan perdagangan digital, kebutuhan informasi produk juga semakin luas. Codex bahkan telah mengembangkan pedoman mengenai penyediaan informasi pangan untuk produk prapaket yang ditawarkan melalui perdagangan elektronik.

i. Mendukung Keamanan Pangan

Pengemasan bertujuan membantu mempertahankan keamanan pangan dengan mencegah kontaminasi setelah produk mengalami pengolahan atau penanganan. Namun, sistem pengemasan harus dirancang dengan mempertimbangkan potensi bahaya mikrobiologis, kimiawi, dan fisik.

Hal tersebut sangat penting pada teknologi pengemasan rendah oksigen, termasuk vakum dan MAP. Atmosfer rendah oksigen dapat menghambat beberapa mikroorganisme pembusuk, tetapi pada kondisi tertentu juga dapat menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme anaerob tertentu. Karena itu, penerapan MAP harus disertai pengendalian proses dan suhu yang baik.

Dengan demikian, tujuan pengemasan harus selalu ditempatkan dalam kerangka keamanan pangan secara keseluruhan, bukan hanya berdasarkan kemampuan memperpanjang umur simpan.

j. Mendukung Keberlanjutan Lingkungan

Tujuan pengemasan modern tidak hanya mempertahankan mutu produk, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan. Penggunaan material kemasan harus mempertimbangkan jumlah material, sumber bahan baku, penggunaan energi, kemampuan digunakan kembali atau didaur ulang, serta pengelolaan limbah setelah digunakan.

Perkembangan kemasan berbasis biopolimer menjadi salah satu pendekatan yang banyak dikaji untuk produk perikanan. Material berbasis sumber daya terbarukan berpotensi mendukung pengurangan penggunaan plastik konvensional. Namun, penerapannya masih menghadapi tantangan seperti permeabilitas, kekuatan mekanik, kemampuan proses, biaya, dan peningkatan skala produksi.

Oleh karena itu, tujuan keberlanjutan perlu diseimbangkan dengan kebutuhan perlindungan produk. Kemasan yang ramah lingkungan tetapi tidak mampu melindungi produk secara memadai dapat meningkatkan kehilangan pangan, yang pada akhirnya juga memiliki dampak lingkungan.

12.4.2 Ruang Lingkup Pengemasan Produk Perikanan

Ruang lingkup pengemasan produk perikanan sangat luas karena mencakup berbagai jenis produk, material, teknologi, tahapan proses, dan tujuan penggunaan. Secara umum, ruang lingkup tersebut dapat dikelompokkan ke dalam beberapa aspek utama.

a. Produk yang Dikemas

Ruang lingkup pengemasan mencakup berbagai bentuk produk perikanan, mulai dari ikan

segar, ikan dingin, ikan beku, ikan kering, ikan asin, ikan asap, produk kaleng, fillet, produk giling, surimi, hingga produk perikanan siap masak dan siap konsumsi.

Setiap produk memiliki karakteristik berbeda sehingga membutuhkan pendekatan pengemasan yang berbeda pula. Produk segar membutuhkan pengendalian suhu dan kelembapan, produk beku membutuhkan perlindungan terhadap dehidrasi dan oksidasi, sedangkan produk siap konsumsi membutuhkan perhatian lebih besar terhadap keamanan mikrobiologis dan integritas kemasan.

b. Bahan Kemasan

Ruang lingkup teknologi pengemasan juga mencakup berbagai bahan, seperti plastik, kertas, karton, logam, kaca, material multilapis, serta bahan berbasis biopolimer.

Pemilihan bahan ditentukan oleh karakteristik produk dan fungsi yang diharapkan dari kemasan. Bahan tertentu dapat memberikan kekuatan mekanik, sedangkan bahan lainnya lebih unggul dalam sifat *barrier* terhadap oksigen atau uap air. Oleh sebab itu, pengembangan material sering kali dilakukan melalui kombinasi, laminasi, atau *coating*.

c. Teknologi Pengemasan Konvensional

Ruang lingkup pengemasan mencakup teknologi dasar seperti pengemasan dalam wadah, pembungkusan, penyegelan panas, penggunaan *tray*, *pouch*, botol, kaleng, dan kemasan karton.

Teknologi tersebut masih memiliki peranan penting, terutama untuk produk yang dipasarkan pada tingkat lokal maupun produk yang tidak membutuhkan sistem pengemasan kompleks.

d. Teknologi Pengemasan Vakum

Pengemasan vakum termasuk salah satu teknologi yang banyak digunakan pada produk perikanan. Udara dikeluarkan dari kemasan sebelum dilakukan penyegelan sehingga lingkungan di sekitar produk memiliki kadar oksigen lebih rendah.

Teknologi ini dapat membantu mengurangi oksidasi dan menghambat pertumbuhan beberapa mikroorganisme pembusuk aerob. Namun, produk tetap harus disimpan dalam kondisi suhu yang sesuai. FAO secara khusus menekankan bahwa produk ikan yang dikemas vakum harus tetap disimpan dalam kondisi dingin.

e. *Modified Atmosphere Packaging* (MAP)

MAP merupakan teknologi pengemasan yang mengubah komposisi atmosfer di dalam kemasan menggunakan gas tertentu. Gas yang umum digunakan adalah karbon dioksida, nitrogen, dan oksigen. Ruang lingkup MAP meliputi pemilihan komposisi gas, karakteristik bahan kemasan, volume ruang kepala (*headspace*), rasio gas terhadap produk, metode pengisian gas, penyegelan, serta pengendalian suhu. MAP memiliki potensi untuk memperpanjang umur simpan produk perikanan, tetapi penerapannya harus disesuaikan dengan jenis produk dan kondisi penyimpanan.

f. *Active Packaging*

Active packaging mencakup sistem kemasan yang dirancang untuk berinteraksi dengan lingkungan di dalam kemasan. Komponen aktif dapat berupa penyerap oksigen, penyerap

kelembapan, penyerap atau penghasil karbon dioksida, serta bahan antimikroba atau antioksidan. Teknologi ini memperluas fungsi kemasan dari sekadar penghalang menjadi sistem yang secara aktif membantu mempertahankan kualitas produk. FAO memasukkan *oxygen scavenger*, *carbon dioxide scavenger*, *moisture absorber*, serta sistem pelepasan atau penyerapan gas sebagai contoh teknologi pengemasan aktif.

g. *Intelligent Packaging*

Intelligent packaging mencakup teknologi yang mampu memberikan informasi mengenai kondisi produk atau lingkungan penyimpanannya. Contohnya adalah indikator kesegaran, indikator suhu, indikator waktu-suhu (*time-temperature indicator*), dan sistem sensor lainnya. Teknologi ini berkembang karena konsumen dan pelaku rantai pasok membutuhkan informasi yang lebih akurat mengenai kondisi produk. Penelitian terbaru pada produk ikan menunjukkan bahwa kombinasi *active packaging* dan indikator cerdas memiliki potensi untuk membantu mempertahankan mutu sekaligus memberikan informasi mengenai kesegaran produk.

h. *Edible Coating* dan *Edible Packaging*

Ruang lingkup teknologi pengemasan juga mencakup *edible coating* dan *edible packaging*. Teknologi ini menggunakan bahan yang aman dikonsumsi sebagai lapisan atau bagian dari sistem perlindungan produk. *Edible coating* dapat berfungsi sebagai penghalang terhadap oksigen dan kehilangan air serta dapat membawa komponen aktif seperti antimikroba atau antioksidan. Teknologi tersebut memiliki potensi untuk

mengurangi penggunaan material kemasan konvensional sekaligus memberikan fungsi tambahan pada produk.

i. *Biodegradable* dan *Bio-Based Packaging*

Pengembangan kemasan berbasis bahan alami dan biodegradable menjadi bagian penting dalam ruang lingkup pengemasan berkelanjutan. Material yang digunakan dapat berasal dari polisakarida, protein, lipid, atau kombinasi berbagai biopolimer. Pada produk perikanan, pemanfaatan bahan berbasis biopolimer juga berpotensi mengintegrasikan konsep ekonomi sirkular, misalnya melalui pemanfaatan hasil samping pengolahan ikan dan krustasea sebagai sumber material bernilai tambah. Meskipun demikian, pengembangan tersebut masih perlu mengatasi persoalan sifat *barrier*, kekuatan mekanik, biaya, kemampuan produksi skala besar, dan konsistensi kualitas.

j. Pengujian dan Evaluasi Kemasan

Ruang lingkup pengemasan tidak berhenti pada pemilihan bahan dan metode. Pengujian diperlukan untuk memastikan bahwa kemasan mampu menjalankan fungsi yang diharapkan. Pengujian dapat mencakup sifat mekanik, permeabilitas oksigen dan uap air, kekuatan penyegelan, integritas kemasan, ketahanan terhadap suhu, migrasi komponen kemasan, serta kemampuan mempertahankan mutu produk.

Dalam sistem MAP, misalnya, komposisi gas perlu dikontrol karena perubahan komposisi atmosfer selama penyimpanan dapat memengaruhi efektivitas pengemasan.

k. Aspek Keamanan dan Regulasi

Ruang lingkup pengemasan juga mencakup aspek keamanan bahan yang bersentuhan dengan pangan serta regulasi pelabelan. Bahan kemasan harus sesuai untuk penggunaan pangan dan tidak menyebabkan risiko yang tidak dapat diterima bagi konsumen. Pelabelan juga merupakan bagian penting karena kemasan menjadi media utama penyampaian informasi kepada konsumen. Codex menetapkan prinsip dan persyaratan umum untuk pelabelan pangan prapaket, termasuk nama pangan dan informasi wajib lainnya yang relevan.

l. Keberlanjutan dan Ekonomi Sirkular

Ruang lingkup pengemasan modern juga meliputi evaluasi dampak lingkungan sepanjang siklus hidup kemasan. Aspek yang dipertimbangkan mencakup sumber bahan baku, proses produksi, distribusi, penggunaan, hingga pengelolaan limbah.

Pendekatan tersebut penting karena kemasan harus memberikan perlindungan yang cukup tanpa menghasilkan beban lingkungan yang tidak perlu. Penelitian terbaru mengenai kemasan berbasis hayati untuk produk hasil laut menunjukkan bahwa material tersebut memiliki potensi mendukung efisiensi sumber daya, pengurangan limbah, dan ekonomi sirkular, meskipun masih terdapat kendala teknis dan ekonomi yang perlu diatasi.

12.4.3 Prinsip Dasar dalam Menentukan Tujuan dan Ruang Lingkup Pengemasan

Berdasarkan berbagai tujuan dan ruang lingkup tersebut, pemilihan sistem pengemasan produk perikanan pada prinsipnya harus mempertimbangkan beberapa pertanyaan dasar: produk apa yang dikemas,

bagaimana karakteristik kerusakannya, berapa lama produk akan disimpan, pada suhu berapa produk disimpan, bagaimana produk akan didistribusikan, siapa konsumennya, serta bagaimana kemasan akan dikelola setelah digunakan.

Pendekatan tersebut diperlukan karena tidak ada satu teknologi pengemasan yang dapat digunakan secara optimal untuk seluruh produk perikanan. Kemasan untuk ikan segar berbeda dengan kemasan untuk ikan beku. Kemasan untuk fillet berbeda dengan kemasan untuk ikan utuh. Demikian pula, produk yang ditujukan untuk pasar lokal memiliki kebutuhan berbeda dengan produk yang dikirim dalam jarak jauh atau diekspor.

Pemilihan teknologi juga harus mempertimbangkan hubungan antara kemasan dan proses pengawetan lainnya. Pada MAP, misalnya, kualitas bahan baku dan suhu penyimpanan merupakan faktor penting dalam menentukan keberhasilan perpanjangan umur simpan. FAO menegaskan bahwa MAP bukan merupakan cara untuk memperbaiki ikan dengan mutu awal yang rendah; ikan yang akan dikemas harus memiliki mutu awal yang tinggi dan ditangani secara higienis serta tetap dingin.

Dengan demikian, tujuan dan ruang lingkup pengemasan produk perikanan mencakup dimensi teknologi, mutu, keamanan pangan, ekonomi, distribusi, pemasaran, konsumen, dan lingkungan. Keseluruhan dimensi tersebut harus dipertimbangkan secara terpadu agar teknologi yang dipilih benar-benar sesuai dengan kebutuhan produk.

Pada akhirnya, pengemasan produk perikanan diarahkan untuk menghasilkan sistem perlindungan yang mampu mempertahankan mutu dan keamanan produk, memperpanjang umur simpan, mengurangi

kehilangan dan pemborosan pangan, mempermudah distribusi, meningkatkan nilai tambah, memberikan informasi yang benar kepada konsumen, serta mengurangi dampak lingkungan. Perkembangan teknologi menuju *active packaging*, *intelligent packaging*, biopolimer, dan *smart nano-packaging* menunjukkan bahwa fungsi kemasan akan semakin berkembang dari sekadar wadah dan pelindung menjadi bagian aktif dari sistem pengelolaan mutu pangan. Kajian terbaru menunjukkan bahwa teknologi berbasis biopolimer dan nano memiliki potensi besar untuk pengembangan kemasan cerdas produk hasil laut, tetapi aspek keamanan, biaya, dan kemampuan produksi skala industri masih menjadi bidang yang perlu terus dikembangkan.

Oleh karena itu, pemahaman terhadap tujuan dan ruang lingkup pengemasan menjadi dasar penting sebelum mempelajari berbagai jenis bahan dan teknologi pengemasan secara lebih mendalam. Pemahaman tersebut memungkinkan pemilihan teknologi dilakukan berdasarkan kebutuhan nyata produk, bukan semata-mata berdasarkan perkembangan teknologi. Dengan pendekatan demikian, pengemasan dapat memberikan manfaat maksimal dalam mempertahankan kualitas produk perikanan sekaligus mendukung efisiensi ekonomi, keamanan pangan, kepuasan konsumen, dan keberlanjutan industri perikanan.

12.5 Karakteristik Produk Perikanan dan Implikasinya terhadap Pengemasan

Produk perikanan merupakan bahan pangan yang memiliki karakteristik sangat spesifik dan berbeda dibandingkan dengan sebagian besar bahan pangan lainnya.

Tingginya kandungan air, protein, mineral, senyawa nitrogen nonprotein, serta pada jenis tertentu kandungan lipid yang tinggi menyebabkan produk perikanan relatif mudah mengalami perubahan mutu setelah ikan ditangkap atau dipanen. Setelah kematian, jaringan ikan tidak lagi memperoleh suplai oksigen dan nutrien seperti pada kondisi hidup sehingga segera berlangsung serangkaian perubahan fisik, kimia, biokimia, dan mikrobiologis. Perubahan tersebut meliputi *rigor mortis*, autolisis, oksidasi lipid, perubahan protein, pertumbuhan mikroorganisme, serta pembentukan senyawa yang berhubungan dengan bau dan cita rasa pembusukan (Huss, 1995; Gram & Huss, 1996).

Karakteristik tersebut memiliki implikasi langsung terhadap teknologi pengemasan. Pengemasan produk perikanan tidak dapat dilakukan hanya dengan mempertimbangkan bentuk dan ukuran produk, tetapi harus mempertimbangkan mekanisme kerusakan yang dominan, kadar air, kandungan lemak, kondisi jaringan, aktivitas mikroorganisme, suhu penyimpanan, lama distribusi, dan bentuk produk yang akan dipasarkan. Dengan demikian, pemahaman mengenai karakteristik bahan merupakan dasar dalam menentukan jenis material kemasan, sifat *barrier*, metode penyegelan, sistem atmosfer, serta teknologi pengemasan yang paling sesuai (Huss, 1995; Lyiola *et al*., 2018).

12.5.1 Sifat Fisik Produk Perikanan

Sifat fisik merupakan salah satu karakteristik penting yang harus diperhatikan dalam menentukan teknologi pengemasan produk perikanan. Sifat fisik meliputi kadar air dan keadaan air dalam jaringan, tekstur, struktur jaringan, warna, bentuk dan ukuran, kekuatan mekanik, serta perubahan fisik yang terjadi setelah ikan mati. Karakteristik tersebut menentukan

tingkat kerentanan produk terhadap kerusakan selama penanganan, pengemasan, penyimpanan, dan distribusi.

Salah satu karakteristik fisik yang sangat penting adalah tingginya kadar air. Jaringan otot ikan pada umumnya mengandung air dalam jumlah besar. Air tersebut berperan dalam mempertahankan struktur dan karakteristik tekstur daging, tetapi pada saat yang sama membuat produk lebih mudah mengalami perubahan selama penyimpanan. Perpindahan air dari jaringan ke lingkungan dapat menyebabkan kehilangan berat, perubahan tekstur, dan penurunan penampilan produk. Pada produk beku, kehilangan air di permukaan dapat menyebabkan *freezer burn*, sedangkan pada produk segar dapat terjadi *drip loss* atau keluarnya cairan dari jaringan.

Keadaan air dalam jaringan juga berkaitan erat dengan kemampuan daging ikan mempertahankan air (*water-holding capacity*). Setelah ikan mati terjadi perubahan pH dan struktur protein yang dapat menurunkan kemampuan jaringan dalam mempertahankan air. FAO menjelaskan bahwa penurunan pH setelah kematian dapat memengaruhi sifat fisik protein otot dan menurunkan kemampuan jaringan dalam mempertahankan air.

Perubahan fisik lainnya berkaitan dengan tekstur daging. Segera setelah kematian, otot ikan berada dalam kondisi relatif lentur. Selanjutnya terjadi *rigor mortis*, yaitu fase ketika otot mengalami kekakuan akibat berkurangnya ATP dan terbentuknya interaksi antara protein kontraktil aktin dan miosin. Setelah fase *rigor* berakhir, jaringan kembali melunak akibat aktivitas enzim proteolitik dan degradasi struktur jaringan.

Fenomena *rigor mortis* memiliki implikasi penting terhadap proses pengolahan dan pengemasan. Fillet

yang dibuat sebelum atau selama *rigor mortis* dapat mengalami penyusutan, perubahan bentuk, dan *gaping*. FAO melaporkan bahwa fillet yang dipisahkan dari tulang sebelum *rigor* dapat mengalami kontraksi ketika *rigor* terjadi, sedangkan penanganan kasar selama fase tersebut dapat meningkatkan kerusakan struktur daging.

Warna dan penampakan juga merupakan sifat fisik yang menentukan penerimaan konsumen. Perubahan warna dapat terjadi akibat perubahan pigmen, oksidasi, kehilangan air, maupun kondisi penyimpanan. Produk yang dikemas harus mampu mempertahankan penampilan yang dapat diterima konsumen. Oleh karena itu, transparansi kemasan, perlindungan terhadap cahaya, dan kemampuan mengendalikan oksigen perlu diperhatikan terutama pada produk yang sensitif terhadap perubahan warna.

Selain itu, bentuk dan ukuran produk memengaruhi pemilihan kemasan. Ikan utuh membutuhkan ruang dan bentuk kemasan yang berbeda dibandingkan dengan fillet, steak, surimi, udang, cumi-cumi, atau produk berbentuk siap masak. Kemasan juga harus memiliki kekuatan mekanik yang cukup untuk mencegah kerusakan akibat tekanan, benturan, gesekan, dan penumpukan selama distribusi.

Dengan demikian, sifat fisik produk perikanan memberikan dasar dalam menentukan ukuran, bentuk, kekuatan, fleksibilitas, transparansi, ketahanan terhadap kelembapan, serta metode penyegelan kemasan. Kemasan yang tepat harus mampu mengikuti karakteristik fisik produk sekaligus melindunginya dari perubahan lingkungan selama rantai pasok.

12.5.2 Sifat Kimia dan Biokimia Produk Perikanan

Produk perikanan memiliki komposisi kimia yang kompleks dan menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan sifatnya mudah rusak. Komponen utama yang berperan terhadap perubahan mutu adalah air, protein, lipid, karbohidrat dalam jumlah relatif lebih rendah, mineral, vitamin, serta senyawa nitrogen nonprotein seperti asam amino, nukleotida, dan *trimethylamine oxide* (TMAO). FAO menjelaskan bahwa jaringan ikan kaya protein dan senyawa nitrogen nonprotein, sedangkan ikan berlemak memiliki lipid yang banyak mengandung asam lemak rantai panjang dan tidak jenuh. Karakteristik tersebut memiliki konsekuensi penting terhadap proses pembusukan.

Perubahan Protein

Protein merupakan komponen utama yang menentukan struktur, tekstur, dan nilai gizi produk perikanan. Setelah ikan mati, protein mengalami perubahan akibat aktivitas enzim, perubahan pH, suhu, pembekuan, dan interaksi dengan komponen lainnya.

Aktivitas enzim proteolitik dapat menyebabkan pemecahan protein menjadi peptida dan asam amino berukuran lebih kecil. Proses tersebut dikenal sebagai autolisis. Pada tahap awal, perubahan proteolitik dapat berkontribusi terhadap pelunakan jaringan dan perubahan karakteristik tekstur. Namun, ketika proses berlanjut dan disertai aktivitas mikroorganisme, terbentuk berbagai senyawa volatil dan senyawa nitrogen yang berkontribusi terhadap bau tidak menyenangkan.

Implikasinya terhadap pengemasan adalah kebutuhan untuk mengendalikan faktor yang mempercepat perubahan protein, terutama suhu, waktu, aktivitas enzim, dan kerusakan fisik. Kemasan tidak dapat menghentikan aktivitas enzim secara langsung, tetapi dapat membantu menciptakan kondisi penyimpanan yang mendukung pengendalian laju perubahan tersebut.

Perubahan Lipid dan Oksidasi

Lipid merupakan komponen yang sangat penting dalam menentukan kualitas produk perikanan, terutama pada ikan berlemak. Banyak lipid ikan mengandung asam lemak tidak jenuh yang mudah mengalami oksidasi. Oksidasi lipid dapat berlangsung melalui reaksi dengan oksigen dan menghasilkan hidroperoksida sebagai produk awal, yang selanjutnya dapat terurai menjadi aldehida, keton, dan senyawa volatil lainnya yang berhubungan dengan aroma tengik.

Oksidasi lipid dapat dipercepat oleh berbagai faktor, antara lain oksigen, cahaya, suhu tinggi, serta keberadaan ion logam tertentu. Akibatnya dapat terjadi perubahan aroma, cita rasa, warna, dan bahkan penurunan kualitas nutrisi.

Kondisi tersebut memberikan implikasi yang sangat jelas terhadap desain kemasan. Produk perikanan yang kaya lipid memerlukan material dengan kemampuan penghalang oksigen yang baik. Pada produk tertentu, perlindungan terhadap cahaya juga diperlukan. Penggunaan pengemasan vakum atau *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) dapat menjadi salah satu strategi untuk mengurangi paparan oksigen, meskipun efektivitasnya tetap bergantung pada kondisi penyimpanan dan karakteristik produk.

Perubahan Senyawa Nitrogen Nonprotein

Produk perikanan mengandung berbagai senyawa nitrogen nonprotein, termasuk TMAO dan nukleotida. Setelah kematian, ATP di dalam jaringan mengalami degradasi secara bertahap menjadi ADP, AMP, IMP, inosine, dan hipoksantin. Perubahan tersebut berkaitan dengan perkembangan kesegaran dan karakteristik sensori ikan.

IMP umumnya berkaitan dengan karakteristik cita rasa ikan segar, sedangkan peningkatan hipoksantin pada tahap lanjut dapat berhubungan dengan munculnya rasa pahit. Perubahan senyawa tersebut dapat digunakan sebagai salah satu indikator biokimia dalam penilaian kesegaran, meskipun kecepatannya berbeda antarspesies.

TMAO juga memiliki peranan penting. Pada kondisi tertentu, TMAO dapat mengalami reduksi menjadi trimetilamina (TMA), yang merupakan salah satu senyawa penting yang berhubungan dengan bau khas ikan yang mengalami kemunduran mutu. Karena itu, pengendalian pertumbuhan mikroorganisme dan kondisi penyimpanan menjadi penting dalam menghambat pembentukan senyawa tersebut.

Implikasi Kimia dan Biokimia terhadap Pengemasan

Berdasarkan sifat kimia dan biokimia tersebut, pengemasan produk perikanan harus mampu mengendalikan oksigen, cahaya, suhu, kelembapan, dan kontaminasi mikrobiologis. Produk dengan kandungan lipid tinggi memerlukan perlindungan oksigen dan cahaya yang lebih baik, sedangkan produk dengan kadar air tinggi memerlukan perlindungan terhadap kehilangan atau perpindahan air.

Oleh sebab itu, karakteristik kimia produk menjadi salah satu dasar utama dalam menentukan sifat *barrier* material kemasan. Pemilihan material yang tidak sesuai dapat menyebabkan kemasan tidak mampu menghambat proses kerusakan meskipun secara fisik kemasan terlihat baik.

12.5.3 Aktivitas Mikrobiologis pada Produk Perikanan

Mikroorganisme merupakan salah satu penyebab utama penurunan mutu dan kerusakan produk perikanan. Ikan hidup telah memiliki mikroorganisme pada permukaan kulit, insang, dan saluran pencernaan. Setelah ikan ditangkap dan mati, perubahan lingkungan jaringan serta kondisi penyimpanan dapat memungkinkan mikroorganisme tertentu berkembang dan menjadi penyebab utama pembusukan (Chi, Luo & Ding, 2025). FAO melaporkan bahwa jumlah dan jenis mikroorganisme pada ikan dipengaruhi oleh lingkungan tempat ikan hidup, kondisi penanganan, dan suhu.

Pada ikan yang baru ditangkap, mikroorganisme dapat ditemukan dalam jumlah yang sangat bervariasi pada kulit, insang, dan usus. Mikroorganisme dari lingkungan perairan kemudian dapat berkembang selama penyimpanan apabila kondisi memungkinkan. Pada ikan yang disimpan dingin, bakteri yang mampu tumbuh pada suhu rendah memiliki peranan penting dalam menentukan umur simpan.

Pertumbuhan mikroorganisme menyebabkan berbagai perubahan yang dapat diamati secara sensori, seperti bau tidak sedap, pembentukan lendir, perubahan warna, perubahan tekstur, dan pembentukan gas. FAO menjelaskan bahwa pembusukan ikan merupakan hasil interaksi berbagai fenomena mikrobiologis, kimiawi, dan autolitik.

Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme

Pertumbuhan mikroorganisme pada produk perikanan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu:

1. Suhu penyimpanan

   Suhu rendah dapat memperlambat pertumbuhan sebagian besar mikroorganisme sehingga menjadi salah satu strategi utama dalam mempertahankan mutu ikan.

2. Ketersediaan oksigen

   Kondisi aerob dan anaerob dapat menghasilkan pola pertumbuhan mikroorganisme yang berbeda.

3. pH produk

   Perubahan pH setelah kematian ikan memengaruhi aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroorganisme.

4. Aktivitas air

   Ketersediaan air merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan mikroorganisme.

5. Kondisi higiene

   Penanganan yang tidak higienis dapat meningkatkan jumlah mikroorganisme awal dan memperpendek umur simpan.

6. Komposisi atmosfer dalam kemasan

   Penggunaan vakum atau MAP dapat mengubah lingkungan gas di sekitar produk dan memengaruhi mikroflora yang berkembang.

Karena itu, teknologi pengemasan harus dipandang sebagai salah satu bagian dari sistem pengendalian mikrobiologis, bukan sebagai satu-satunya metode pengawetan.

Hubungan Mikroorganisme dengan Pembentukan Senyawa Pembusukan

Mikroorganisme menggunakan berbagai komponen yang terdapat pada jaringan ikan sebagai sumber nutrien. Metabolisme mikroba dapat menghasilkan senyawa volatil dan senyawa lainnya yang menyebabkan perubahan aroma dan cita rasa.

Pada tahap awal penyimpanan, perubahan mutu ikan tidak selalu disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme. Aktivitas enzim endogen dapat menyebabkan perubahan kualitas terlebih dahulu. Namun, pada tahap pembusukan yang lebih lanjut, aktivitas bakteri menjadi semakin dominan. FAO menyatakan bahwa pada ikan segar, kehilangan mutu awal dapat didominasi oleh perubahan autolitik, sedangkan pembusukan selanjutnya terutama berkaitan dengan aktivitas bakteri.

Implikasi terhadap pengemasan adalah bahwa desain kemasan harus diarahkan untuk memperlambat pertumbuhan mikroorganisme sekaligus mempertahankan kondisi produk yang aman. Hal ini dapat dilakukan melalui kombinasi kemasan dengan pendinginan, higiene, pengendalian atmosfer, dan teknologi pengawetan lainnya.

Pengaruh MAP dan Vakum terhadap Mikroorganisme

Pengemasan vakum dan MAP dapat mengubah lingkungan gas di sekitar produk. Pengurangan oksigen dapat menghambat sejumlah mikroorganisme aerob, sementara keberadaan karbon dioksida dalam MAP dapat memberikan efek penghambatan terhadap mikroorganisme pembusuk tertentu.

Namun, pengurangan oksigen bukan berarti seluruh mikroorganisme akan terhambat. Perubahan atmosfer justru dapat mengubah jenis mikroorganisme yang dominan. Oleh karena itu, penerapan teknologi vakum dan MAP harus selalu disertai dengan pengendalian suhu dan praktik higiene yang baik.

Hal tersebut menunjukkan bahwa pengemasan harus dirancang berdasarkan prinsip keamanan pangan, bukan semata-mata berdasarkan kemampuan memperpanjang umur simpan. Sistem kemasan yang mampu memperpanjang umur simpan tetapi tidak mengendalikan potensi bahaya mikrobiologis tidak dapat dianggap sebagai teknologi pengawetan yang memadai (Zeng *et al*., 2023; Li, Mei & Xie, 2023).

12.5.4 Kerusakan Produk Perikanan Selama Penyimpanan

Kerusakan produk perikanan selama penyimpanan merupakan hasil interaksi berbagai proses fisik, kimia, biokimia, dan mikrobiologis. Kecepatan kerusakan sangat dipengaruhi oleh jenis ikan, kondisi awal bahan baku, metode penanganan, suhu, lama penyimpanan, kandungan lemak, aktivitas enzim, dan kondisi atmosfer di sekitar produk.

Secara umum, proses kemunduran mutu setelah kematian dapat digambarkan melalui beberapa tahapan, yaitu perubahan pra-*rigor*, *rigor mortis*, resolusi *rigor*, autolisis, dan pembusukan mikrobiologis. Tahapan tersebut tidak selalu berlangsung dengan batas yang tegas dan dapat saling tumpang tindih. Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan kecepatan masing-masing proses.

Kerusakan Fisik

Kerusakan fisik dapat berupa perubahan tekstur, kehilangan cairan, kerusakan jaringan, *gaping*, penyusutan, perubahan bentuk, dan kerusakan akibat benturan. Penanganan yang kasar dapat mempercepat kerusakan jaringan dan memperbesar peluang terjadinya perubahan kualitas.

Pada fase *rigor mortis*, misalnya, tubuh ikan menjadi kaku dan kurang fleksibel. Penanganan atau filleting pada kondisi yang tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan struktur dan penurunan hasil pengolahan.

Dari sudut pandang pengemasan, kondisi tersebut menuntut penggunaan kemasan dengan kekuatan mekanik yang memadai dan desain yang mampu mengurangi tekanan terhadap produk.

Kerusakan Enzimatis

Kerusakan enzimatis atau autolisis merupakan proses *self-digestion* yang terjadi karena enzim alami dalam jaringan ikan tetap aktif setelah ikan mati. Proses tersebut dapat menyebabkan degradasi protein, perubahan tekstur, dan perubahan senyawa nitrogen.

Aktivitas protease seperti cathepsin, calpain, dan enzim lain dapat menyebabkan pelunakan jaringan. Degradasi jaringan ikat juga dapat menyebabkan *gaping* pada fillet. FAO menjelaskan bahwa autolisis dapat memberikan kontribusi yang besar terhadap penurunan kualitas, terutama pada tahap awal penyimpanan.

Pengemasan tidak dapat menghentikan autolisis sepenuhnya, tetapi pengendalian suhu dan perlindungan terhadap kerusakan fisik dapat membantu memperlambat dampaknya.

Kerusakan Mikrobiologis

Kerusakan mikrobiologis terjadi ketika mikroorganisme berkembang dan menghasilkan berbagai metabolit. Manifestasinya antara lain pembentukan lendir, bau busuk, perubahan warna, perubahan tekstur, pembentukan gas, dan penurunan penerimaan konsumen.

Kerusakan mikrobiologis merupakan salah satu alasan utama mengapa produk perikanan harus segera didinginkan setelah penangkapan atau pemanenan. Pengemasan harus digunakan bersama dengan sistem rantai dingin untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Oksidasi Lipid

Oksidasi lipid merupakan salah satu bentuk kerusakan kimia yang sangat penting, terutama pada ikan berlemak. Reaksi oksidasi menghasilkan hidroperoksida yang selanjutnya terurai menjadi aldehida dan keton yang dapat menyebabkan aroma

tengik. Proses tersebut dapat dipercepat oleh oksigen, cahaya, suhu, dan katalis logam (Wu, Cui & Li, 2024).

Dari perspektif pengemasan, proses ini menegaskan pentingnya material dengan oxygen barrier yang baik. Kemasan vakum, MAP, penyerap oksigen, dan kemasan yang memberikan perlindungan terhadap cahaya dapat menjadi alternatif untuk mengendalikan oksidasi sesuai dengan karakteristik produk.

Dehidrasi dan Kehilangan Cairan

Kehilangan air merupakan salah satu bentuk kerusakan yang umum pada produk perikanan. Pada produk dingin atau beku, air dapat berpindah dari produk menuju lingkungan atau mengalami redistribusi selama penyimpanan.

Kehilangan cairan dapat menurunkan berat produk, mengurangi penampilan, mengubah tekstur, dan menurunkan nilai jual. Oleh karena itu, kemasan harus mampu memberikan perlindungan terhadap perpindahan uap air dan menjaga kelembapan produk.

Pengaruh Suhu terhadap Kerusakan

Suhu merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan kecepatan kerusakan produk perikanan. Peningkatan suhu umumnya mempercepat aktivitas enzimatis dan pertumbuhan mikroorganisme. Sebaliknya, pendinginan dapat memperlambat berbagai proses tersebut.

FAO menekankan bahwa sejarah waktu dan suhu produk merupakan informasi penting dalam menilai kualitas ikan karena kondisi penyimpanan secara langsung memengaruhi perubahan mutu.

Dengan demikian, desain kemasan harus mempertimbangkan kondisi suhu aktual selama rantai pasok. Kemasan yang baik tetapi digunakan tanpa pengendalian suhu tidak akan mampu memberikan perlindungan optimal (Amaral *et al*., 2021).

12.5.5 Kebutuhan Perlindungan Produk melalui Pengemasan

Berdasarkan karakteristik fisik, kimia, biokimia, dan mikrobiologis tersebut, produk perikanan membutuhkan sistem perlindungan yang komprehensif. Pengemasan berperan sebagai salah satu komponen utama dalam sistem tersebut dengan menyediakan penghalang antara produk dan lingkungan. Kebutuhan perlindungan dapat dikelompokkan menjadi beberapa aspek utama, yaitu perlindungan terhadap oksigen, uap air, cahaya, mikroorganisme, kontaminan, kerusakan mekanik, dan perubahan suhu.

Perlindungan terhadap Oksigen

Oksigen merupakan faktor penting dalam oksidasi lipid dan perubahan warna. Produk perikanan, terutama yang kaya asam lemak tidak jenuh, memerlukan pengendalian oksigen untuk mengurangi terjadinya ketengikan. Oleh karena itu, kemasan perlu memiliki sifat *oxygen barrier* yang sesuai. Teknologi vakum dan MAP dapat digunakan untuk mengurangi paparan oksigen, sedangkan *oxygen scavenger* dapat digunakan pada sistem *active packaging* tertentu.

Perlindungan terhadap Uap Air

Kemasan harus mampu mengurangi perpindahan uap air antara produk dan lingkungan. Hal ini penting untuk mempertahankan berat, tekstur, penampilan, dan kualitas produk.

Kebutuhan tersebut terutama penting pada produk beku dan produk dengan permukaan luas seperti fillet. Material kemasan dengan *water vapour barrier* yang sesuai dapat membantu mengurangi dehidrasi.

Perlindungan terhadap Cahaya

Cahaya dapat mempercepat oksidasi lipid dan perubahan pigmen. Karena itu, produk tertentu membutuhkan kemasan yang mampu mengurangi transmisi cahaya. Pemilihan kemasan transparan atau tidak transparan harus didasarkan pada kebutuhan produk. Transparansi memberikan keuntungan dari segi visualisasi produk, tetapi perlindungan terhadap cahaya perlu dipertimbangkan apabila produk sangat sensitif terhadap oksidasi.

Perlindungan terhadap Mikroorganisme

Kemasan harus memberikan perlindungan terhadap kontaminasi mikrobiologis dari lingkungan. Integritas penyegelan menjadi sangat penting karena kebocoran dapat mengurangi fungsi perlindungan. Namun, kemasan tidak dapat menggantikan sanitasi dan pendinginan. Sistem yang efektif harus menggabungkan mutu bahan baku, higiene, pengendalian suhu, dan pengemasan.

Perlindungan terhadap Kerusakan Mekanik

Produk perikanan membutuhkan perlindungan terhadap tekanan, benturan, getaran, dan gesekan selama distribusi. Oleh sebab itu, kekuatan mekanik kemasan harus disesuaikan dengan karakteristik produk dan pola distribusi. Kemasan yang terlalu lemah dapat mengalami kebocoran, sedangkan kemasan yang terlalu berat atau berlebihan dapat meningkatkan biaya dan dampak lingkungan. Dengan demikian, diperlukan keseimbangan antara kekuatan, efisiensi material, biaya, dan perlindungan produk.

Perlindungan terhadap Perubahan Lingkungan

Kemasan juga harus mampu memberikan perlindungan terhadap perubahan lingkungan selama penyimpanan dan distribusi. Pada sistem rantai dingin, kemasan harus tetap berfungsi pada kondisi suhu rendah dan selama proses perpindahan produk. Hal tersebut menjadi penting karena produk perikanan dapat mengalami perubahan suhu selama transportasi, bongkar muat, penyimpanan, dan display. Pengendalian suhu tetap menjadi faktor utama, sedangkan kemasan berfungsi sebagai salah satu komponen pendukung.

Kesesuaian Kemasan dengan Karakteristik Produk

Tidak terdapat satu jenis kemasan yang sesuai untuk seluruh produk perikanan. Produk ikan segar membutuhkan perlindungan yang berbeda dari produk beku, ikan asap, ikan kering, produk kaleng, surimi, fillet, atau produk siap konsumsi.

Sebagai contoh, produk ikan segar dengan kandungan air tinggi membutuhkan pengendalian kelembapan dan mikroorganisme. Ikan berlemak membutuhkan perlindungan terhadap oksigen dan cahaya. Produk beku membutuhkan perlindungan terhadap dehidrasi dan *freezer burn*. Produk siap konsumsi memerlukan perhatian yang lebih besar terhadap integritas kemasan dan keamanan mikrobiologis. Oleh karena itu, desain kemasan harus dimulai dengan identifikasi karakteristik produk dan mekanisme kerusakan dominan.

Kemasan sebagai Bagian dari Sistem Pengawetan

Hal yang perlu ditekankan adalah bahwa kemasan bukanlah teknologi yang berdiri sendiri. Efektivitas pengemasan bergantung pada keterpaduannya dengan proses penanganan, pendinginan, pembekuan, higiene, pengolahan, dan distribusi. FAO menunjukkan bahwa perubahan mutu ikan setelah kematian dipengaruhi oleh berbagai proses yang berlangsung secara bersamaan dan bahwa suhu sangat menentukan kecepatan proses tersebut.

Dengan demikian, pengemasan yang baik harus ditempatkan dalam konsep sistem pengawetan terpadu. Pengemasan berfungsi mempertahankan kondisi yang telah dicapai melalui penanganan dan pengawetan sebelumnya, bukan memperbaiki produk yang sejak awal telah mengalami kerusakan.

Implikasi Karakteristik Produk terhadap Pemilihan Teknologi Kemasan

Tabel 12.1 tersebut menunjukkan bahwa pemilihan teknologi pengemasan harus bersifat spesifik terhadap produk. Karakteristik bahan menentukan mekanisme kerusakan, sedangkan mekanisme kerusakan menentukan fungsi perlindungan yang harus disediakan oleh kemasan.

Dengan demikian, pemahaman karakteristik produk perikanan merupakan fondasi dalam pengembangan teknologi pengemasan. Semakin tepat hubungan antara karakteristik produk, mekanisme kerusakan, dan fungsi kemasan, semakin besar peluang untuk memperoleh umur simpan yang optimal dengan tetap mempertahankan mutu, keamanan, dan nilai ekonomi produk.

Tabel 12. 1 Hubungan Antara Karakteristik Produk Perikanan dan Kebutuhan Pengemasan

Karakteristik produk	Potensi permasalahan	Kebutuhan perlindungan	Implikasi teknologi kemasan
Kadar air tinggi	Kehilangan air, *drip loss*	Pengendalian perpindahan uap air	Material dengan *water vapour barrier*
Protein tinggi	Autolisis dan perubahan tekstur	Pengendalian suhu dan kerusakan mekanik	Kemasan pelindung + rantai dingin
Lipid tidak jenuh tinggi	Oksidasi dan ketengikan	Pembatasan oksigen dan cahaya	*Oxygen barrier*, vakum, MAP
Aktivitas mikroba tinggi	Pembusukan	Pencegahan kontaminasi	Kemasan hermetis,

Karakteristik produk	Potensi permasalahan	Kebutuhan perlindungan	Implikasi teknologi kemasan
		dan pertumbuhan mikroba	vakum/MAP + pendinginan
Jaringan lunak	Kerusakan mekanik	Perlindungan dari tekanan dan benturan	Kemasan dengan kekuatan mekanik sesuai
Produk beku	Dehidrasi dan *freezer burn*	Pengendalian uap air dan udara	Kemasan *high barrier*
Produk segar	Penurunan mutu cepat	Pengendalian suhu, oksigen, dan mikroba	MAP, vakum, atau kemasan konvensional dengan es
Sensitif terhadap cahaya	Oksidasi dan perubahan warna	Perlindungan cahaya	Kemasan opak atau *light barrier*
Produk siap konsumsi	Risiko kontaminasi pascaproses	Integritas dan keamanan	Kemasan hermetis/active packaging

12.6 Fungsi dan Prinsip Dasar Pengemasan

Pengemasan merupakan salah satu bagian penting dalam sistem penanganan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi produk perikanan. Pada awal perkembangannya, kemasan terutama digunakan sebagai wadah untuk menempatkan dan memindahkan produk. Namun, perkembangan ilmu pangan dan teknologi pengemasan telah memperluas fungsi kemasan menjadi suatu sistem yang

berperan dalam melindungi produk, mempertahankan mutu, menjaga keamanan pangan, memperpanjang umur simpan, mempermudah distribusi, serta memberikan informasi kepada konsumen. FAO menyebutkan bahwa pengemasan ikan segar dapat memberikan perlindungan terhadap produk, mempermudah distribusi dan display, meningkatkan nilai tambah, memberikan informasi, serta membantu memperpanjang umur simpan (FAO & WH0, 2020).

Produk perikanan memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap kerusakan karena kandungan airnya relatif tinggi, kaya protein, dan pada jenis tertentu memiliki kandungan lipid tidak jenuh yang mudah mengalami oksidasi. Selain itu, mikroorganisme yang terdapat pada ikan dapat berkembang selama penyimpanan apabila kondisi lingkungan mendukung. Oleh karena itu, sistem pengemasan harus dirancang berdasarkan karakteristik produk dan mekanisme kerusakannya (Etxabide *et al*., 2022).

Dalam konteks tersebut, pengemasan tidak dapat dipisahkan dari sistem pengawetan lainnya. Penggunaan kemasan yang baik harus disertai dengan penanganan bahan baku yang higienis, pengendalian suhu, sanitasi, serta sistem distribusi yang sesuai. *Code of Practice for Fish and Fishery Products* dari Codex menempatkan pengemasan sebagai bagian dari keseluruhan sistem produksi, penyimpanan, distribusi, dan penanganan produk perikanan yang harus memperhatikan prinsip higiene dan HACCP.

12.6.1 Fungsi Utama Kemasan

Secara umum, kemasan memiliki fungsi utama sebagai wadah, pelindung, sarana penanganan, media komunikasi, dan sarana pendukung pemasaran. Pada produk perikanan, fungsi tersebut menjadi semakin penting karena karakteristik produk sangat mudah mengalami perubahan mutu (Siddiqui *et al*., 2024).

Kemasan sebagai Wadah

Fungsi paling dasar dari kemasan adalah sebagai wadah untuk menempatkan produk sehingga produk dapat ditangani, dipindahkan, disimpan, dan dipasarkan dengan lebih mudah. Kemasan memungkinkan produk dibagi ke dalam satuan berat atau ukuran tertentu sesuai kebutuhan konsumen dan sistem distribusi.

Dalam industri perikanan, fungsi wadah dapat ditemukan pada berbagai bentuk kemasan, seperti *tray*, *pouch*, kantong plastik, kotak karton, kaleng, botol, dan wadah berbasis material lainnya. Pemilihan bentuk wadah harus mempertimbangkan karakteristik produk, ukuran, berat, kondisi penyimpanan, serta metode distribusi.

Kemasan yang berfungsi sebagai wadah juga harus mampu mempertahankan bentuknya selama penanganan. Wadah yang terlalu lemah dapat mengalami deformasi atau kerusakan, sedangkan wadah yang terlalu berat dapat meningkatkan biaya material dan transportasi.

Kemasan sebagai Pelindung

Fungsi perlindungan merupakan salah satu fungsi paling penting pada produk perikanan. Kemasan harus melindungi produk dari faktor eksternal seperti oksigen, uap air, cahaya, debu, mikroorganisme, kontaminan, benturan, tekanan, dan perubahan kondisi lingkungan.

FAO menekankan bahwa material kemasan ikan segar harus dipilih berdasarkan beberapa karakteristik penting, antara lain *gas barrier*, *water-vapour barrier*, kemampuan penyegelan, ketahanan terhadap kerusakan mekanik, ketahanan terhadap minyak, dan kemampuan mempertahankan kondisi produk.

Dengan demikian, fungsi perlindungan tidak hanya berkaitan dengan mencegah kerusakan fisik, tetapi juga mempertahankan kondisi kimia, fisik, dan mikrobiologis produk.

Kemasan sebagai Sarana Mempertahankan Mutu

Kemasan dapat membantu mempertahankan karakteristik mutu produk selama penyimpanan. Pada produk perikanan, parameter mutu dapat berupa warna, aroma, tekstur, cita rasa, kandungan gizi, serta kondisi mikrobiologis.

Teknologi seperti vakum dan *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) memanfaatkan fungsi kemasan untuk mengendalikan lingkungan gas di sekitar produk. Pada MAP, atmosfer di dalam kemasan dimodifikasi dengan gas tertentu, sedangkan pada kemasan vakum udara dikeluarkan sebelum kemasan disegel. FAO menjelaskan bahwa MAP dan vakum dapat membantu memperlambat kemunduran mutu pada produk ikan yang disimpan dalam kondisi dingin.

Kemasan sebagai Sarana Memperpanjang Umur Simpan

Pengemasan dapat berkontribusi terhadap perpanjangan umur simpan dengan mengurangi atau memperlambat kontak produk dengan faktor penyebab kerusakan. Pada produk perikanan, pengendalian oksigen dapat membantu mengurangi oksidasi lipid, sedangkan pengendalian kelembapan dapat mengurangi kehilangan air.

Pada MAP, karbon dioksida dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan sejumlah bakteri pembusuk, sedangkan nitrogen dapat digunakan sebagai gas pengisi. Namun, teknologi tersebut harus diterapkan bersama pengendalian suhu yang memadai.

Hal tersebut menunjukkan bahwa umur simpan bukan hanya ditentukan oleh jenis kemasan, tetapi merupakan hasil interaksi antara mutu awal bahan baku, proses pengolahan, suhu, komposisi atmosfer, jenis kemasan, dan kondisi distribusi.

Kemasan sebagai Sarana Mempermudah Distribusi

Kemasan mempermudah proses pemindahan produk dari produsen menuju konsumen. Produk yang dikemas dapat disusun, ditumpuk, diangkut, dan dipajang secara lebih teratur.

Pada produk perikanan, kemasan juga membantu mengurangi kontak langsung antara produk dengan lingkungan selama distribusi. Hal ini sangat penting terutama pada produk yang membutuhkan rantai dingin.

FAO menyatakan bahwa pengemasan dapat membantu mempermudah distribusi dan display produk perikanan serta memberikan kemudahan dalam penyediaan produk yang siap untuk dipersiapkan atau dikonsumsi.

Kemasan sebagai Media Informasi

Kemasan merupakan media komunikasi antara produsen dan konsumen. Informasi yang terdapat pada kemasan dapat meliputi nama produk, berat bersih, komposisi, informasi produsen, tanggal produksi, batas

penggunaan, kondisi penyimpanan, serta informasi lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Informasi tersebut memiliki peranan penting dalam membantu konsumen memilih dan menangani produk secara benar. Codex memasukkan *General Standard for the Labelling of Pre-packaged Foods* sebagai salah satu standar penting dalam sistem pangan.

Kemasan sebagai Sarana Meningkatkan Nilai Tambah

Kemasan juga memiliki fungsi ekonomi. Produk perikanan yang dikemas dengan desain yang baik dapat memberikan persepsi kualitas dan meningkatkan daya tarik konsumen. FAO mencatat bahwa pengemasan dapat memberikan nilai tambah dan meningkatkan daya tarik produk.

Dengan demikian, kemasan tidak hanya berperan pada aspek teknis, tetapi juga memiliki fungsi pemasaran dan ekonomi.

12.6.2 Prinsip Perlindungan Produk

Prinsip utama dalam pengemasan adalah memberikan perlindungan yang memadai terhadap produk selama seluruh tahapan rantai pasok. Perlindungan harus dirancang berdasarkan faktor yang paling berpotensi menyebabkan penurunan mutu.

Pada produk perikanan, perlindungan kemasan dapat dibagi menjadi perlindungan terhadap faktor fisik, kimia, biologis, dan lingkungan.

Perlindungan terhadap Kerusakan Fisik

Produk perikanan dapat mengalami kerusakan akibat benturan, tekanan, getaran, gesekan, dan penumpukan. Fillet, misalnya, relatif rentan terhadap tekanan dan kerusakan permukaan.

Oleh karena itu, kemasan harus mempunyai kekuatan mekanik yang cukup untuk menahan beban selama transportasi dan penyimpanan. FAO menyebutkan bahwa perlindungan terhadap kerusakan mekanik merupakan salah satu pertimbangan penting dalam pengemasan ikan segar.

Perlindungan terhadap Oksigen

Oksigen dapat mempercepat oksidasi lipid dan menyebabkan perubahan aroma, cita rasa, serta warna. Pada ikan berlemak, kebutuhan terhadap perlindungan oksigen menjadi semakin penting.

Kemasan dengan *oxygen barrier* yang baik dapat mengurangi perpindahan oksigen dari lingkungan ke dalam kemasan. Pengemasan vakum dan MAP juga dapat digunakan untuk mengurangi paparan oksigen sesuai karakteristik produk.

Perlindungan terhadap Uap Air

Perpindahan uap air dapat menyebabkan perubahan kadar air produk. Pada produk beku, kehilangan air dapat menyebabkan *freezer burn*, sedangkan pada produk segar kehilangan air dapat menyebabkan penurunan berat dan perubahan penampilan.

FAO menekankan bahwa *water vapour barrier* penting pada pengemasan ikan segar karena dehidrasi dapat menyebabkan penurunan kualitas.

Perlindungan terhadap Cahaya

Cahaya dapat mempercepat beberapa reaksi oksidatif, khususnya pada produk yang mengandung lipid dan pigmen sensitif. Oleh sebab itu, produk tertentu memerlukan material kemasan yang mampu mengurangi transmisi cahaya.

Namun, transparansi juga dapat memberikan keuntungan karena konsumen dapat melihat kondisi produk. Dengan demikian, desain kemasan perlu mempertimbangkan keseimbangan antara visibilitas produk dan perlindungan terhadap cahaya.

Perlindungan terhadap Kontaminasi

Kemasan harus membentuk penghalang antara produk dan lingkungan. Kemasan yang bocor, robek, atau tidak tersegel dengan baik dapat meningkatkan risiko kontaminasi.

Pada pengemasan ikan segar, FAO menekankan pentingnya *heat sealability* agar terbentuk segel yang rapat untuk membantu mencegah kontaminasi dan kehilangan air.

Prinsip Perlindungan yang Proporsional

Perlindungan kemasan harus disesuaikan dengan kebutuhan produk. Penggunaan material yang berlebihan tidak selalu berarti perlindungan yang lebih baik. Kemasan harus memiliki tingkat perlindungan yang cukup, efektif, ekonomis, dan sesuai dengan fungsi.

Prinsip tersebut penting dalam pengembangan kemasan berkelanjutan karena penggunaan material yang berlebihan dapat meningkatkan konsumsi sumber daya dan jumlah limbah.

12.6.3 Prinsip Pengendalian Faktor Lingkungan

Produk perikanan selalu berinteraksi dengan lingkungan selama penyimpanan. Oleh karena itu, salah satu prinsip penting dalam pengemasan adalah mengendalikan lingkungan mikro di sekitar produk.

Lingkungan mikro kemasan mencakup kondisi gas, kelembapan, suhu, cahaya, dan faktor lainnya yang dapat memengaruhi stabilitas produk.

Pengendalian Oksigen

Pengendalian oksigen merupakan prinsip penting terutama untuk produk yang mudah mengalami oksidasi. Semakin tinggi paparan oksigen, semakin besar peluang terjadinya oksidasi lipid pada produk yang sensitif.

Material dengan *oxygen barrier* tinggi dapat digunakan untuk membatasi perpindahan oksigen. Pada sistem vakum, udara dikeluarkan sebelum penyegelan. Pada MAP, atmosfer diganti dengan komposisi gas tertentu. FAO menjelaskan bahwa vakum menciptakan kondisi rendah oksigen yang dapat membantu menghambat pertumbuhan sejumlah bakteri pembusuk dan mengurangi oksidasi.

Namun, kondisi rendah oksigen juga harus dikendalikan secara hati-hati karena perubahan atmosfer dapat mengubah pola pertumbuhan mikroorganisme. Oleh sebab itu, penggunaan vakum dan MAP harus selalu disertai pengendalian suhu.

Pengendalian Karbon Dioksida

Karbon dioksida dapat digunakan dalam MAP karena memiliki efek penghambatan terhadap sejumlah mikroorganisme pembusuk. Namun, konsentrasi CO_2 yang terlalu tinggi dapat menimbulkan perubahan tertentu pada produk, sehingga komposisi gas harus disesuaikan dengan karakteristik bahan.

Dalam pengemasan ikan, FAO menyebutkan bahwa gas yang umum digunakan dalam MAP meliputi CO_2, O_2, dan N_2, dengan fungsi yang berbeda-beda.

Pengendalian Kelembapan

Kelembapan di dalam kemasan harus dikendalikan agar tidak terjadi kehilangan air yang berlebihan atau kondensasi yang tidak diinginkan.

Pada ikan segar, kondensasi dapat menurunkan penampilan kemasan dan menciptakan kondisi yang tidak diinginkan bagi mutu produk. FAO juga menyebutkan penggunaan *anti-fogging agents* pada film penutup untuk mengurangi kondensasi dan mempertahankan visibilitas produk.

Pengendalian Suhu

Meskipun kemasan bukan alat utama pengendali suhu, desain kemasan harus mendukung sistem penyimpanan pada suhu yang sesuai.

Pada produk perikanan, rantai dingin memiliki peranan penting dalam menghambat aktivitas mikroorganisme dan reaksi biokimia. Oleh karena itu,

kemasan untuk produk dingin atau beku harus tetap memiliki sifat perlindungan pada kondisi suhu rendah.

Pada produk ikan yang dikemas vakum atau MAP, FAO secara eksplisit menekankan bahwa produk tetap harus disimpan dalam kondisi dingin.

Pengendalian Cahaya

Pengendalian cahaya terutama diperlukan untuk produk yang rentan terhadap oksidasi atau perubahan warna. Material kemasan dapat dirancang agar memiliki kemampuan menghambat transmisi cahaya.

Pemilihan tingkat perlindungan terhadap cahaya harus disesuaikan dengan kebutuhan produk dan strategi pemasaran. Produk yang perlu ditampilkan secara visual dapat menggunakan kemasan transparan, sedangkan produk yang sangat sensitif terhadap cahaya dapat menggunakan material yang lebih protektif.

Pengendalian Aroma

Produk perikanan dapat menghasilkan aroma yang kuat selama penyimpanan. Kemasan dengan kemampuan *barrier* terhadap senyawa volatil dapat membantu mengurangi perpindahan aroma dari produk ke lingkungan.

FAO memasukkan pencegahan penyebaran bau ikan sebagai salah satu pertimbangan dalam pengemasan ikan segar untuk retail.

12.6.4 Prinsip Keamanan dan Higienitas Kemasan

Keamanan dan higienitas merupakan prinsip fundamental dalam pengemasan pangan, termasuk

produk perikanan. Kemasan tidak boleh menjadi sumber kontaminasi bagi produk. Sebaliknya, kemasan harus membantu mempertahankan kondisi higienis produk selama penyimpanan dan distribusi.

Codex *Code of Practice for Fish and Fishery Products* menyatakan bahwa material kemasan yang digunakan untuk produk perikanan harus bersih, utuh, tahan lama, mencukupi untuk penggunaan yang dimaksud, dan merupakan material yang sesuai untuk pangan (*food-grade*).

Kebersihan Material Kemasan

Material kemasan harus ditangani dan disimpan dengan cara yang mencegah kontaminasi. Kemasan yang kotor atau rusak dapat menjadi sumber benda asing, mikroorganisme, atau kontaminan lainnya.

Karena itu, penyimpanan material kemasan perlu dilakukan pada kondisi yang bersih dan terlindung. Material yang telah terkontaminasi tidak boleh digunakan hanya karena secara visual masih terlihat layak.

Kesesuaian Material dengan Pangan

Material yang bersentuhan langsung dengan produk harus sesuai untuk penggunaan pangan. Hal ini menjadi sangat penting karena sebagian komponen kemasan dapat berpindah atau bermigrasi ke dalam pangan.

FDA mendefinisikan *food contact substance* sebagai bahan yang digunakan sebagai komponen material yang digunakan dalam pembuatan, pengemasan, pengangkutan, atau penyimpanan pangan. Evaluasi keamanan bahan **tersebut** mempertimbangkan

kemungkinan migrasi bahan dari kemasan ke pangan dan tingkat paparan konsumen (Gupta *et al*., 2024).

Dengan demikian, pemilihan kemasan tidak cukup hanya berdasarkan sifat mekanik dan *barrier*, tetapi juga harus mempertimbangkan keamanan kimia material yang bersentuhan dengan pangan.

Migrasi Komponen Kemasan

Migrasi merupakan perpindahan komponen dari material kemasan ke dalam produk. Besarnya migrasi dapat dipengaruhi oleh jenis material, komposisi pangan, suhu, lama kontak, dan kondisi penggunaan.

FDA dalam proses evaluasi bahan yang bersentuhan dengan pangan mempertimbangkan data migrasi dan toksikologi untuk memastikan bahwa paparan konsumen berada pada tingkat yang aman.

Pada produk perikanan yang mengandung air dan lipid dalam jumlah tertentu, kesesuaian material kemasan harus diperhatikan karena karakteristik pangan dapat memengaruhi interaksi antara produk dan material kemasan.

Integritas Penyegelan

Kemasan yang aman harus memiliki integritas penyegelan yang baik. Kegagalan segel dapat menyebabkan masuknya udara, air, mikroorganisme, atau kontaminan lainnya.

Pada MAP dan vakum, integritas segel menjadi sangat penting karena kebocoran dapat mengubah atmosfer yang telah dirancang di dalam kemasan. Oleh karena itu, kemampuan penyegelan merupakan salah

satu parameter penting dalam pemilihan material kemasan ikan.

Higienitas Selama Proses Pengemasan

Kebersihan produk dan material kemasan harus dipertahankan selama proses pengemasan. Kemasan yang steril atau bersih tidak akan memberikan manfaat apabila proses pengisian dilakukan pada lingkungan yang tidak higienis.

Oleh karena itu, penerapan sanitasi, higiene pekerja, kebersihan peralatan, pengendalian lingkungan, dan prosedur operasi standar merupakan bagian integral dari sistem pengemasan.

Codex mengintegrasikan prinsip higiene dan HACCP dalam *Code of Practice for Fish and Fishery Products* untuk mengendalikan bahaya selama rantai produksi dan distribusi.

Ketahanan Kemasan terhadap Kondisi Penggunaan

Kemasan harus tetap aman dan berfungsi selama kondisi penggunaan yang direncanakan. Misalnya, kemasan produk beku harus mampu bertahan pada suhu rendah, sedangkan kemasan produk yang mengalami perlakuan panas harus sesuai dengan kondisi tersebut.

FDA mengelompokkan kondisi penggunaan material kontak pangan berdasarkan jenis pangan dan kondisi proses, termasuk penyimpanan dingin dan penyimpanan beku. Hal tersebut menunjukkan bahwa kesesuaian material tidak dapat dipisahkan dari kondisi penggunaannya.

Dengan demikian, prinsip keamanan kemasan dapat dirumuskan sebagai aman secara mikrobiologis, aman secara kimiawi, sesuai untuk kontak pangan, tidak menyebabkan perubahan mutu yang tidak diinginkan, serta tetap memiliki integritas selama penggunaan.

12.6.5 Prinsip Efisiensi Distribusi dan Penyimpanan

Pengemasan tidak hanya berfungsi melindungi produk, tetapi juga harus meningkatkan efisiensi sepanjang rantai distribusi. Efisiensi mencakup penggunaan ruang, berat kemasan, kemudahan penanganan, kemampuan ditumpuk, ketahanan selama transportasi, serta efisiensi biaya.

FAO menyebutkan bahwa pengemasan dapat membantu mempermudah distribusi dan display produk perikanan. Dengan demikian, desain kemasan harus mempertimbangkan kondisi nyata selama penyimpanan dan transportasi, bukan hanya kondisi produk ketika pertama kali dikemas.

Efisiensi Penggunaan Ruang

Bentuk dan ukuran kemasan harus dirancang agar penggunaan ruang penyimpanan dan transportasi optimal. Kemasan yang terlalu banyak memiliki ruang kosong dapat meningkatkan biaya logistik.

Sebaliknya, kemasan yang terlalu padat dapat meningkatkan risiko kerusakan fisik terhadap produk. Oleh sebab itu, diperlukan keseimbangan antara pemanfaatan ruang dan perlindungan produk.

Kemudahan Penumpukan

Produk perikanan sering kali harus ditumpuk selama penyimpanan dan distribusi. Kemasan harus memiliki kekuatan mekanik yang cukup untuk menahan beban penumpukan.

Desain kemasan yang tidak mempertimbangkan penumpukan dapat menyebabkan deformasi, kebocoran, kerusakan segel, atau kerusakan produk.

Efisiensi Transportasi

Berat dan volume kemasan berpengaruh terhadap efisiensi transportasi. Kemasan yang ringan tetapi memiliki kekuatan yang cukup dapat membantu mengurangi beban transportasi.

Namun, pengurangan material tidak boleh dilakukan secara berlebihan sehingga mengurangi fungsi perlindungan. Oleh karena itu, prinsip *fit-for-purpose packaging* menjadi penting, yaitu penggunaan material secukupnya sesuai dengan fungsi yang diperlukan.

Kemudahan Penanganan

Kemasan harus mudah diangkat, dipindahkan, disusun, dan dibuka. Kemasan yang ergonomis dapat mengurangi waktu penanganan dan risiko kerusakan produk.

Dalam rantai dingin produk perikanan, kemudahan penanganan menjadi semakin penting karena produk harus dipindahkan dengan cepat untuk mempertahankan kondisi suhu yang sesuai.

Ketahanan selama Distribusi

Distribusi dapat menyebabkan kemasan mengalami getaran, tekanan, benturan, perubahan suhu, dan kelembapan. Oleh karena itu, desain kemasan harus mempertimbangkan seluruh kondisi yang mungkin terjadi selama perjalanan.

Codex menempatkan distribusi, penyimpanan, dan retail display sebagai bagian dari sistem penanganan produk perikanan yang harus dikendalikan.

Efisiensi Ekonomi

Pemilihan kemasan juga harus mempertimbangkan biaya bahan, proses pengemasan, penyimpanan, transportasi, dan pengelolaan limbah.

Kemasan yang sangat mahal tidak selalu memberikan manfaat ekonomi apabila peningkatan umur simpan atau perlindungannya tidak sebanding **dengan** peningkatan biaya. Sebaliknya, kemasan yang terlalu murah tetapi menyebabkan kerusakan produk dapat meningkatkan kerugian ekonomi.

Oleh karena itu, evaluasi kemasan harus mempertimbangkan total biaya sepanjang rantai pasok, bukan hanya harga material kemasan.

Efisiensi dan Pengurangan Kehilangan Pangan

Salah satu manfaat penting pengemasan adalah membantu mengurangi kehilangan dan pemborosan pangan. FAO secara eksplisit menyebutkan bahwa pengemasan dapat berkontribusi terhadap pengurangan *food loss and waste* sekaligus mendukung keamanan pangan dan perdagangan.

Hal ini sangat relevan bagi produk perikanan karena kerusakan produk sebelum mencapai konsumen berarti kehilangan sumber daya yang telah digunakan untuk produksi, penangkapan, pengolahan, pendinginan, dan transportasi.

Dengan demikian, penggunaan material kemasan harus dilihat bersama dengan manfaatnya dalam mencegah kehilangan produk. Kemasan yang sedikit lebih banyak materialnya tetapi mampu mencegah kerusakan pangan secara signifikan belum tentu memiliki dampak lingkungan yang lebih buruk dibandingkan kemasan minimal yang menyebabkan banyak produk terbuang.

12.6.6 Integrasi Fungsi dan Prinsip Dasar Pengemasan

Kelima aspek di atas pada dasarnya tidak berdiri sendiri. Fungsi kemasan, perlindungan produk, pengendalian lingkungan, keamanan, dan efisiensi distribusi harus dirancang sebagai satu kesatuan. Sebagai contoh, kemasan MAP harus memiliki kemampuan *gas barrier* yang sesuai agar komposisi atmosfer dapat dipertahankan. Pada saat yang sama, kemasan harus memiliki segel yang baik untuk mencegah kebocoran. Material juga harus aman untuk kontak pangan dan mampu menahan kondisi penyimpanan dingin. Selain itu, bentuk kemasan harus memungkinkan produk ditangani dan didistribusikan secara efisien. FAO mengidentifikasi *gas barrier*, *water-vapour barrier*, *heat sealability*, ketahanan mekanik, dan karakteristik lainnya sebagai faktor utama dalam pengemasan ikan segar.

Gambar 12. 1 Alur Perancangan Kemasan Produk Perikanan

Dengan demikian, dapat dirumuskan bahwa kemasan yang baik adalah kemasan yang mampu memberikan perlindungan yang sesuai terhadap produk, mempertahankan kondisi lingkungan yang dibutuhkan, aman untuk pangan, serta efisien dalam proses distribusi dan penyimpanan.

Prinsip tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:

Karakteristik Produk → Mekanisme Kerusakan → Kebutuhan Perlindungan → Pemilihan Material → Desain Kemasan → Metode Pengemasan → Kondisi Penyimpanan → Mutu dan Keamanan Produk

Rangkaian tersebut menunjukkan bahwa desain kemasan harus dimulai dari pemahaman terhadap produk. Tidak semua produk membutuhkan tingkat perlindungan yang sama dan tidak semua teknologi kemasan dapat diterapkan pada seluruh jenis produk perikanan, sepert yang disajikan pada **Gambar 12.1**.

12.6.7 Matriks Fungsi dan Prinsip Dasar Pengemasan Produk Perikanan

Tabel 12. 2 Matriks Fungsi, Faktor Pengendalian, Tujuan, dan Teknologi Pengemasan Produk Perikanan

Fungsi/Prinsip	Faktor yang Dikendalikan	Tujuan	Contoh Teknologi
Wadah	Bentuk, ukuran, berat	Memudahkan penanganan	*Tray*, pouch, box
Perlindungan fisik	Benturan, tekanan, getaran	Mencegah kerusakan produk	*Rigid tray*, karton
Perlindungan oksigen	O_2	Mengurangi oksidasi	*High-barrier*

Fungsi/Prinsip	Faktor yang Dikendalikan	Tujuan	Contoh Teknologi
			film, vakum
Perlindungan uap air	H_2O	Mencegah dehidrasi	Film dengan *water-vapour barrier*
Pengendalian atmosfer	O_2, CO_2, N_2	Mengendalikan mutu dan mikroba	MAP
Pengendalian kelembapan	Kondensasi, kehilangan air	Mempertahankan tekstur dan penampilan	Film barrier, *drip absorber*
Perlindungan mikrobiologis	Kontaminasi	Menjaga keamanan produk	Segel hermetis
Perlindungan cahaya	Radiasi cahaya	Mengurangi oksidasi/fading	Film opak atau *light barrier*
Keamanan kimia	Migrasi bahan	Menjamin keamanan pangan	Material *food-grade*
Efisiensi distribusi	Volume, berat, kekuatan	Mengurangi biaya logistik	Desain kemasan optimal
Perpanjangan umur simpan	Berbagai faktor kerusakan	Mempertahankan mutu lebih lama	MAP, vakum, active packaging
Informasi	Identitas dan kondisi produk	Membantu konsumen	Label kemasan

Fungsi dan prinsip dasar pengemasan produk perikanan pada hakikatnya diarahkan untuk menciptakan suatu sistem perlindungan yang terpadu. Kemasan tidak hanya berfungsi sebagai wadah, tetapi juga sebagai penghalang terhadap faktor lingkungan, sarana pengendalian kondisi mikro di sekitar produk, media informasi, serta pendukung efisiensi distribusi.

Prinsip perlindungan harus disesuaikan dengan karakteristik produk. Produk dengan kandungan lipid tinggi memerlukan perlindungan terhadap oksigen dan cahaya, sedangkan produk dengan kadar air tinggi membutuhkan perlindungan terhadap kehilangan air. Produk segar memerlukan pengendalian suhu dan mikrobiologis, sementara produk beku membutuhkan perlindungan terhadap dehidrasi dan kerusakan selama penyimpanan.

Dari aspek keamanan, material kemasan harus bersih, utuh, sesuai untuk penggunaan pangan, dan tidak menimbulkan risiko yang tidak dapat diterima akibat migrasi komponen. Codex secara khusus menekankan bahwa bahan kemasan untuk produk perikanan harus bersih, kuat, tahan lama, mencukupi untuk tujuan penggunaannya, dan *food-grade*.

Pada akhirnya, keberhasilan pengemasan produk perikanan ditentukan oleh kemampuan mengintegrasikan fungsi perlindungan, pengendalian lingkungan, keamanan pangan, efisiensi distribusi, dan kebutuhan konsumen. Pendekatan tersebut menjadi dasar untuk memahami teknologi pengemasan yang lebih spesifik, seperti pengemasan vakum, *Modified Atmosphere Packaging*, *active packaging*, *intelligent packaging*, dan kemasan berbasis biopolimer.

12.7 Jenis dan Bahan Kemasan Produk Perikanan

Penggunaan bahan kemasan pada produk perikanan merupakan salah satu aspek penting dalam mempertahankan mutu, keamanan, dan umur simpan produk. Pemilihan bahan kemasan tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan bentuk, harga, atau daya tarik visual, tetapi harus mempertimbangkan karakteristik produk, metode pengolahan, kondisi penyimpanan, sistem distribusi, serta mekanisme kerusakan yang mungkin terjadi selama penyimpanan. Secara umum, bahan yang digunakan untuk kemasan pangan meliputi plastik, kertas dan karton, logam, kaca, serta berbagai material berbasis biopolimer. Masing-masing bahan mempunyai karakteristik penghalang (*barrier properties*), kekuatan mekanik, kemampuan penyegelan, ketahanan terhadap suhu, dan tingkat interaksi dengan pangan yang berbeda (Kwon *et al*., 2024).

Pada produk perikanan, pemilihan bahan kemasan menjadi lebih kompleks karena ikan dan hasil perikanan umumnya memiliki kadar air tinggi, mengandung protein yang mudah mengalami perubahan, serta pada beberapa spesies memiliki kandungan lipid tidak jenuh yang rentan terhadap oksidasi. Selain itu, produk perikanan dapat mengalami kerusakan mikrobiologis dan enzimatis selama penyimpanan. Oleh karena itu, bahan kemasan harus mampu memberikan perlindungan terhadap oksigen, uap air, cahaya, kontaminasi, serta kerusakan fisik sesuai kebutuhan produk (Alamri *et al*., 2021).

Codex *Code of Practice for Fish and Fishery Products* menempatkan pengemasan sebagai bagian dari sistem penanganan produk perikanan yang harus menjamin produk terlindungi dari kontaminasi dan kerusakan. Bahan kemasan yang digunakan harus sesuai untuk pangan, bersih, utuh, tahan lama, dan memadai untuk tujuan penggunaannya.

12.7.1 Kemasan Plastik

Plastik merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan dalam pengemasan produk pangan, termasuk produk perikanan. Penggunaan plastik berkembang luas karena material ini mempunyai beberapa keunggulan, seperti bobot ringan, fleksibilitas, kekuatan mekanik yang dapat disesuaikan, kemampuan dibentuk menjadi berbagai macam struktur, serta dapat dibuat dengan karakteristik *barrier* yang berbeda. Berbagai polimer seperti polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET), polyamide (PA), dan polystyrene (PS) digunakan dalam berbagai aplikasi kemasan pangan.

Dalam pengemasan produk perikanan, plastik dapat digunakan dalam bentuk film fleksibel, kantong, *tray*, wadah kaku, botol, maupun sebagai bagian dari struktur multilapis. Jenis plastik yang dipilih bergantung pada sifat produk dan metode pengemasannya (Robertson, 2013).

Polyethylene (PE)

Polyethylene merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam pengemasan karena memiliki fleksibilitas dan kemampuan sebagai penghalang terhadap uap air yang baik. Jenis yang umum digunakan antara lain low-density polyethylene (LDPE), linear low-density polyethylene (LLDPE), dan high-density polyethylene (HDPE).

LDPE dan LLDPE banyak digunakan sebagai lapisan penyegel (*sealant layer*) pada kemasan fleksibel. Material tersebut relatif fleksibel dan mempunyai kemampuan *heat sealing* yang baik. Sementara itu, HDPE memiliki kekakuan dan kekuatan mekanik yang lebih

tinggi sehingga dapat digunakan pada wadah dan kemasan yang memerlukan struktur lebih kaku.

Pada produk perikanan, PE dapat digunakan untuk kantong ikan beku, pelapis bagian dalam karton, dan lapisan penyegel pada kemasan vakum atau multilapis.

Polypropylene (PP)

Polypropylene mempunyai kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap suhu yang relatif baik. Material ini dapat digunakan dalam bentuk film maupun wadah kaku. PP juga banyak digunakan sebagai lapisan dalam pada kemasan yang memerlukan kemampuan penyegelan dan ketahanan terhadap perlakuan panas.

Dalam industri hasil perikanan, PP dapat digunakan pada *tray*, wadah makanan siap saji, kemasan produk olahan, serta struktur multilapis. Penggunaannya menjadi penting pada produk yang memerlukan ketahanan terhadap proses pemanasan tertentu.

Polyethylene Terephthalate (PET)

PET memiliki kekuatan mekanik dan kejernihan yang baik serta dapat memberikan sifat *barrier* tertentu terhadap gas. Material ini dapat digunakan sebagai botol, *tray*, film, maupun lapisan luar struktur multilapis.

Dalam kemasan produk perikanan, PET sering berfungsi sebagai lapisan struktural atau lapisan luar yang memberikan kekuatan, kestabilan dimensi, dan kemampuan pencetakan.

Polyamide (PA)

Polyamide atau nylon mempunyai kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap tusukan yang baik. Karakteristik ini penting pada pengemasan produk yang mempunyai permukaan atau bentuk yang dapat meningkatkan risiko kerusakan kemasan.

PA banyak digunakan sebagai salah satu lapisan dalam film multilapis untuk produk vakum dan produk perikanan yang memerlukan ketahanan mekanik tinggi.

Keunggulan dan Keterbatasan Plastik

Keunggulan utama plastik adalah bobotnya ringan, mudah dibentuk, relatif ekonomis, dan dapat dikombinasikan dengan material lain untuk memperoleh sifat penghalang yang lebih baik. Namun, tidak semua plastik mempunyai kemampuan yang sama dalam menghambat oksigen, uap air, aroma, dan cahaya.

Selain itu, isu lingkungan menjadi tantangan penting dalam penggunaan plastik konvensional. Sebagian besar plastik berbasis fosil memiliki tingkat biodegradabilitas yang rendah sehingga pengelolaan pada akhir masa pakai menjadi persoalan penting. Oleh karena itu, pengembangan plastik yang dapat didaur ulang, *bio-based plastics*, dan struktur kemasan yang lebih mudah diproses kembali menjadi salah satu arah perkembangan teknologi kemasan (Nizamudin *et al*., 2024).

Pada produk perikanan, pemilihan plastik harus mempertimbangkan keseimbangan antara kemampuan perlindungan, keamanan pangan, kekuatan mekanik, biaya, dan dampak lingkungan.

12.7.2 Kemasan Kertas dan Karton

Kertas dan karton merupakan material berbasis serat selulosa yang banyak digunakan sebagai kemasan sekunder dan tersier. Material ini memiliki beberapa keunggulan berupa bobot relatif ringan, mudah dicetak, mudah dibentuk, serta memberikan permukaan yang baik untuk penyampaian informasi dan desain grafis.

Namun, kertas dan karton mempunyai keterbatasan sebagai kemasan primer untuk produk perikanan yang memiliki kadar air tinggi. Serat selulosa bersifat hidrofilik sehingga mudah menyerap air dan kehilangan kekuatan ketika berada pada lingkungan lembap. Oleh sebab itu, kertas atau karton sering dikombinasikan dengan lapisan plastik, lilin, atau *coating* tertentu untuk meningkatkan ketahanan terhadap air dan minyak. Literatur mengenai material kemasan pangan menunjukkan bahwa sifat *barrier* terhadap air, minyak, gas, dan kemampuan penyegelan merupakan faktor penting dalam pemilihan bahan kemasan.

Kertas sebagai Kemasan Produk Perikanan

Kertas dapat digunakan sebagai pembungkus atau pelapis pada produk perikanan tertentu. Penggunaannya lebih sesuai apabila kontak dengan air dan produk dapat dikendalikan.

Kertas juga dapat digunakan sebagai label atau bagian luar kemasan multilapis. Dengan kemampuan cetak yang baik, kertas memiliki nilai tambah dari sisi komunikasi dan pemasaran.

Karton sebagai Kemasan Sekunder

Karton lebih banyak digunakan sebagai kemasan sekunder atau tersier, misalnya sebagai kotak untuk ikan beku, produk olahan beku, atau produk yang telah dikemas dalam kemasan primer.

Fungsi utama karton dalam kondisi tersebut adalah memberikan perlindungan mekanik, mempermudah penumpukan, penyimpanan, transportasi, dan memberikan ruang untuk informasi produk.

Pada rantai dingin, karton harus dipilih dengan mempertimbangkan kondisi kelembapan dan suhu. Karton yang kehilangan kekuatan akibat kelembapan dapat mengalami deformasi sehingga mengurangi kemampuan melindungi produk.

Karton Berlapis

Keterbatasan kertas dan karton terhadap air dapat diatasi dengan pemberian lapisan tertentu. Lapisan polimer dapat meningkatkan ketahanan terhadap air dan memungkinkan material digunakan pada aplikasi yang lebih menuntut.

Perkembangan teknologi *barrier coating* juga memungkinkan penggunaan lapisan berbasis biopolimer untuk meningkatkan sifat penghalang kertas. Teknologi tersebut menjadi salah satu pendekatan untuk mengurangi ketergantungan terhadap lapisan plastik konvensional.

Dengan demikian, kertas dan karton mempunyai potensi besar sebagai material kemasan yang lebih berkelanjutan, tetapi pengembangannya perlu diarahkan pada peningkatan ketahanan terhadap kelembapan, minyak, gas, dan kondisi distribusi.

12.7.3 Kemasan Logam

Logam merupakan material penting dalam industri pengolahan dan pengawetan produk perikanan, terutama untuk produk ikan kaleng. Material yang umum digunakan antara lain *tinplate*, aluminium, dan baja yang dilapisi bahan pelindung.

FAO menjelaskan bahwa *tinplate*, aluminium, dan *lacquered steel plate* merupakan material umum untuk wadah produk ikan. *Tinplate* berupa lembaran baja yang dilapisi timah dan mempunyai kekuatan serta kekakuan yang sesuai untuk pembuatan wadah pangan.

Tinplate

Tinplate terdiri atas lembaran baja yang dilapisi lapisan timah. Baja memberikan kekuatan mekanik, sedangkan lapisan timah berfungsi membantu melindungi baja dari korosi.

Material ini telah lama digunakan untuk pembuatan kaleng ikan karena mempunyai kekuatan dan kemampuan mempertahankan bentuk selama proses distribusi.

Aluminium

Aluminium memiliki bobot lebih ringan dibandingkan banyak material logam lainnya dan dapat digunakan dalam berbagai bentuk kemasan. Aluminium foil juga banyak digunakan sebagai lapisan penghalang dalam kemasan fleksibel.

Pada produk perikanan, aluminium dapat digunakan sebagai bahan kemasan kaleng maupun sebagai lapisan *barrier* pada *retort pouch* dan kemasan multilapis.

Pelapisan Internal

Salah satu permasalahan utama kemasan logam adalah kemungkinan interaksi antara logam dan pangan. Produk pangan dapat menyebabkan korosi atau reaksi tertentu pada permukaan logam. Oleh sebab itu, bagian dalam wadah logam sering diberikan lapisan pelindung.

Kajian mengenai kemasan logam menunjukkan bahwa logam tidak sepenuhnya inert terhadap pangan. Lapisan pelindung dapat digunakan untuk mengurangi interaksi logam dengan produk dan mengurangi risiko migrasi komponen tertentu.

Hal ini sangat penting untuk produk perikanan karena komposisi kimia produk, kadar garam, keasaman, serta kondisi proses dapat memengaruhi stabilitas kemasan logam.

Keunggulan Kemasan Logam

Keunggulan utama kemasan logam adalah sifat penghalangnya yang sangat baik terhadap cahaya, gas, dan uap air. Kemasan logam juga mempunyai kekuatan mekanik tinggi sehingga sesuai untuk penyimpanan dan distribusi dalam jangka panjang.

Dalam industri perikanan, keunggulan tersebut menjadikan kemasan logam sangat penting untuk produk ikan kaleng yang ditujukan untuk penyimpanan relatif lama pada suhu lingkungan.

Keterbatasan Kemasan Logam

Keterbatasan utama logam adalah kemungkinan korosi, interaksi logam-pangan, bobot yang relatif lebih tinggi dibandingkan beberapa kemasan fleksibel, serta kebutuhan energi dalam pembentukan dan pengolahan.

Karena itu, pemilihan jenis logam, ketebalan, lapisan pelindung, dan desain kemasan harus disesuaikan dengan karakteristik produk.

12.7.4 Kemasan Kaca

Kaca merupakan material yang memiliki sifat penghalang sangat baik dan relatif inert terhadap banyak jenis pangan. Kaca juga tidak mudah ditembus oleh oksigen, uap air, dan aroma sehingga dapat memberikan perlindungan yang baik terhadap produk.

Dalam industri hasil perikanan, kaca dapat digunakan untuk produk tertentu seperti ikan olahan, ikan dalam saus, produk khusus atau *specialty products*. FAO mencatat bahwa wadah kaca juga digunakan untuk produk perikanan tertentu, meskipun logam merupakan material yang lebih umum dalam pengalengan ikan.

Keunggulan Kaca

Kaca mempunyai beberapa keunggulan, antara lain:

1. sifat *barrier* yang sangat baik;
2. relatif inert terhadap pangan;
3. tidak mudah menyerap aroma;
4. transparan sehingga konsumen dapat melihat produk;
5. dapat digunakan kembali atau didaur ulang dalam sistem yang sesuai.

Transparansi kaca memberikan keuntungan pemasaran karena kondisi produk dapat terlihat secara langsung. Namun, transparansi tersebut juga menyebabkan produk tidak terlindungi dari cahaya sehingga untuk produk sensitif terhadap cahaya diperlukan perlindungan tambahan.

Keterbatasan Kaca

Kelemahan utama kaca adalah bobotnya relatif tinggi dan sifatnya rapuh. Benturan selama distribusi dapat menyebabkan pecahnya wadah sehingga menimbulkan risiko kerusakan produk dan keselamatan.

Oleh karena itu, penggunaan kaca pada produk perikanan harus mempertimbangkan desain wadah, ketebalan kaca, sistem penutupan, serta perlindungan selama distribusi.

12.7.5 Kemasan Berbasis Biopolimer

Kemasan berbasis biopolimer berkembang sebagai salah satu alternatif terhadap material kemasan berbasis polimer konvensional. Biopolimer dapat berasal dari sumber nabati maupun hewani, termasuk pati, selulosa, protein, gelatin, kolagen, kitosan, dan berbagai bahan berbasis biomassa lainnya.

Pengembangan biopolimer memiliki relevansi khusus bagi industri perikanan karena limbah hasil pengolahan ikan, udang, kepiting, dan organisme perairan lainnya dapat menjadi sumber bahan untuk menghasilkan material kemasan. Biopolimer dari hasil samping industri perikanan antara lain kolagen, gelatin, kitosan, dan protein otot.

Kitosan

Kitosan merupakan salah satu biopolimer yang sangat menarik untuk pengembangan kemasan produk perikanan. Kitosan dapat diperoleh dari kitin yang terdapat pada limbah kulit udang dan kepiting.

Kitosan mempunyai karakteristik biodegradabel serta aktivitas antimikroba dan antioksidan tertentu. Karakteristik tersebut menjadikannya menarik untuk dikembangkan sebagai film maupun lapisan aktif (*active coating*) pada pangan.

Dalam produk perikanan, film berbasis kitosan dapat dikembangkan untuk membantu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan proses oksidasi. Kajian khusus mengenai kemasan aktif berbasis kitosan dan gelatin menunjukkan potensi penggunaannya dalam mempertahankan mutu ikan dan produk perikanan.

Gelatin dan Kolagen

Gelatin dan kolagen merupakan protein yang dapat diperoleh dari hasil samping industri perikanan. Kedua material tersebut dapat digunakan sebagai bahan pembentuk film.

Pemanfaatan kolagen dan gelatin dari hasil samping perikanan memberikan dua keuntungan sekaligus, yaitu meningkatkan nilai guna hasil samping dan menghasilkan bahan kemasan berbasis sumber terbarukan.

Namun, film berbasis protein umumnya masih menghadapi tantangan dalam hal ketahanan terhadap air, kekuatan mekanik, stabilitas selama penyimpanan, dan kemampuan *barrier*. Oleh sebab itu, modifikasi,

kombinasi dengan polimer lain, atau penambahan bahan penguat sering diperlukan.

Pati

Pati merupakan biopolimer berbasis tanaman yang relatif mudah diperoleh dan dapat digunakan untuk menghasilkan film biodegradable. Sumber pati dapat berasal dari singkong, jagung, sagu, kentang, dan sumber lainnya.

Film berbasis pati mempunyai potensi untuk digunakan sebagai kemasan atau *coating*, tetapi sensitivitasnya terhadap air merupakan salah satu keterbatasan utama. Karena produk perikanan mempunyai kadar air tinggi, film berbasis pati perlu dimodifikasi apabila digunakan sebagai kemasan primer.

Kemasan Aktif Berbasis Biopolimer

Perkembangan terbaru tidak hanya mengarah pada kemasan biodegradable, tetapi juga pada kemasan aktif. Dalam sistem ini, material kemasan dapat membawa atau melepaskan senyawa tertentu seperti antimikroba atau antioksidan.

Gulzar *et al*. (2023) melaporkan bahwa biopolimer yang berasal dari hasil samping pengolahan hasil laut dapat digunakan untuk menghasilkan film biodegradable dan aktif. Bahan tersebut dapat dikombinasikan dengan senyawa antimikroba atau antioksidan untuk membantu menghambat kerusakan mikrobiologis dan kimiawi pada produk pangan.

Tantangan Biopolimer

Walaupun memiliki potensi besar, biopolimer belum sepenuhnya menggantikan plastik konvensional. Beberapa tantangan yang masih harus diselesaikan adalah:

- ketahanan terhadap air;
- kekuatan mekanik;
- stabilitas terhadap kelembapan;
- kemampuan *oxygen barrier*;
- kemampuan *heat sealing*;
- konsistensi produksi;
- biaya produksi;
- keamanan dan regulasi;
- serta kemampuan *scale-up*.

Kajian mengenai biopolimer dari limbah industri perikanan juga menunjukkan bahwa sebagian besar aplikasinya masih berada pada tahap penelitian dan pengembangan, sehingga diperlukan peningkatan performa dan teknologi produksi untuk penerapan skala industri (Alias, Wan & Sarbon, 2024).

12.7.6 Kemasan Kombinasi atau Multilayer

Kemasan multilayer merupakan struktur kemasan yang terdiri atas dua atau lebih lapisan material yang dikombinasikan untuk memperoleh sifat tertentu yang sulit dicapai oleh satu material saja.

Konsep dasar kemasan multilayer adalah memberikan fungsi yang berbeda pada setiap lapisan. Satu lapisan dapat berfungsi sebagai lapisan struktural,

lapisan lain sebagai *barrier*, sedangkan lapisan lainnya berfungsi sebagai *sealant*.

Kajian mengenai film multilapis menunjukkan bahwa struktur multilayer dapat memberikan peningkatan sifat fisik, mekanik, dan *gas barrier* dibandingkan film satu lapis.

Lapisan Struktural

Lapisan struktural memberikan kekuatan mekanik dan kestabilan dimensi. Material seperti PET atau PA dapat digunakan untuk memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap tusukan.

Hal ini penting pada produk perikanan yang dikemas secara vakum karena film harus mampu mengikuti bentuk produk tanpa mudah mengalami kebocoran.

Lapisan Barrier

Lapisan *barrier* berfungsi membatasi perpindahan oksigen, uap air, aroma, atau cahaya. Aluminium foil, material metallized, dan polimer dengan sifat *barrier* tinggi dapat digunakan untuk fungsi tersebut.

Pada produk perikanan yang sensitif terhadap oksidasi, keberadaan lapisan *barrier* dapat membantu mempertahankan kualitas selama penyimpanan.

Lapisan Penyegel

Lapisan penyegel merupakan bagian yang berhubungan dengan proses *heat sealing*. PE dan PP banyak digunakan sebagai lapisan penyegel karena

dapat menghasilkan segel yang relatif baik pada kondisi proses yang sesuai.

Integritas segel sangat penting karena kerusakan pada segel dapat menghilangkan fungsi perlindungan seluruh struktur kemasan.

Contoh Struktur Multilayer

Contoh struktur yang dapat digunakan dalam pengemasan produk perikanan adalah:

PET/PE

atau struktur yang lebih kompleks seperti:

PET/Aluminium foil/PE

Pada kemasan *retort pouch*, struktur multilapis dapat dirancang agar mampu memberikan kekuatan, *barrier*, dan kemampuan penyegelan sekaligus. Literatur mengenai kemasan logam juga mencatat penggunaan struktur *retort pouch* berbasis polyester/ aluminium/ polypropylene untuk berbagai produk pangan, termasuk produk berbasis ikan.

Keunggulan Multilayer

Kemasan multilayer memberikan beberapa keuntungan:

1. sifat *barrier* dapat ditingkatkan;
2. kekuatan mekanik dapat disesuaikan;
3. kemampuan penyegelan dapat ditingkatkan;
4. ketahanan terhadap tusukan dapat ditingkatkan;
5. perlindungan terhadap cahaya dapat disesuaikan;
6. karakteristik kemasan dapat dirancang berdasarkan kebutuhan produk.

Karena setiap lapisan mempunyai fungsi berbeda, desain multilayer memungkinkan produsen memperoleh kemasan dengan kinerja tinggi menggunakan kombinasi material yang relatif tipis (Wang *et al*., 2022).

Keterbatasan Multilayer

Kelemahan struktur multilayer adalah meningkatnya kompleksitas produksi dan pengelolaan pada akhir masa pakai. Kombinasi beberapa jenis material dapat menyulitkan pemisahan dan daur ulang.

Oleh karena itu, perkembangan kemasan multilayer saat ini tidak hanya berorientasi pada peningkatan performa, tetapi juga pada desain yang mempertimbangkan daur ulang, pengurangan material, dan penggunaan lapisan berbasis bio. Kajian mengenai teknologi film multilayer menunjukkan bahwa pengembangan material alami dan biodegradable menjadi salah satu arah penelitian penting untuk mengurangi dampak lingkungan kemasan.

12.7.7 Karakteristik dan Pemilihan Bahan Kemasan

Pemilihan bahan kemasan merupakan tahap penting dalam perancangan teknologi pengemasan produk perikanan. Tidak ada satu jenis bahan yang dapat dianggap paling baik untuk seluruh produk. Bahan harus dipilih berdasarkan fungsi yang diperlukan dan kondisi penggunaan.

Secara umum, beberapa karakteristik utama yang perlu dipertimbangkan adalah sifat *barrier*, sifat mekanik, kemampuan penyegelan, ketahanan terhadap suhu, keamanan pangan, interaksi dengan produk, biaya, dan aspek lingkungan. Literatur tentang material

kemasan pangan juga menempatkan *heat sealability*, kekuatan mekanik, *barrier* terhadap air, minyak dan gas, kemampuan proses, keberlanjutan, serta kepatuhan regulasi sebagai parameter penting dalam evaluasi material.

Sifat Barrier terhadap Oksigen

Kemampuan material menghambat oksigen penting untuk produk perikanan yang mudah mengalami oksidasi. Ikan berlemak, misalnya, memerlukan perhatian khusus terhadap paparan oksigen.

Material dengan *oxygen barrier* tinggi dapat membantu mengurangi masuknya oksigen ke dalam kemasan sehingga dapat memperlambat oksidasi lipid.

Sifat Barrier terhadap Uap Air

Produk perikanan memiliki kadar air tinggi sehingga kehilangan atau perpindahan air dapat memengaruhi mutu. Oleh karena itu, kemampuan kemasan mengendalikan perpindahan uap air menjadi faktor penting.

Pada produk beku, *water-vapour barrier* diperlukan untuk membantu mengurangi kehilangan air dan fenomena *freezer burn*.

Sifat Barrier terhadap Cahaya

Cahaya dapat memengaruhi oksidasi lipid dan perubahan warna pada produk tertentu. Untuk produk yang sensitif terhadap cahaya, bahan kemasan harus mempunyai kemampuan mengurangi transmisi cahaya.

Aluminium, material metallized, dan material berwarna atau opak dapat memberikan tingkat perlindungan cahaya yang lebih tinggi dibandingkan material transparan.

Kekuatan Mekanik

Bahan kemasan harus mampu menahan gaya selama pengisian, penutupan, penyimpanan, penumpukan, transportasi, dan penanganan.

Produk perikanan seperti fillet memerlukan perlindungan terhadap tusukan dan kebocoran, sedangkan produk kaleng memerlukan wadah yang mampu mempertahankan integritas selama proses termal dan distribusi.

Kemampuan Penyegelan

Kemasan fleksibel harus memiliki kemampuan penyegelan yang baik. Segel harus mampu mempertahankan integritas selama penyimpanan dan distribusi.

Hal ini sangat penting pada kemasan vakum dan MAP. Kebocoran kecil dapat menyebabkan perubahan atmosfer internal dan menurunkan fungsi perlindungan kemasan.

Ketahanan terhadap Suhu

Pemilihan material harus disesuaikan dengan suhu proses dan penyimpanan. Produk beku memerlukan material yang tetap fleksibel dan kuat pada suhu rendah, sedangkan produk yang menjalani proses termal

membutuhkan material yang tahan terhadap suhu proses tersebut.

Oleh karena itu, bahan kemasan tidak dapat dipilih tanpa mengetahui proses yang akan dilakukan terhadap produk.

Keamanan Pangan

Material yang kontak langsung dengan pangan harus memenuhi persyaratan keamanan pangan. Salah satu aspek yang harus diperhatikan adalah kemungkinan migrasi komponen dari material kemasan ke dalam pangan.

Interaksi antara pangan dan kemasan dipengaruhi oleh jenis material, komposisi pangan, waktu kontak, suhu, serta kondisi penggunaan. Kajian keamanan material kemasan menekankan bahwa migrasi komponen kemasan merupakan salah satu aspek penting dalam evaluasi keamanan kemasan pangan. Codex juga menegaskan bahwa bahan kemasan untuk produk perikanan harus bersih, tahan lama, sesuai untuk tujuan penggunaannya, dan *food-grade*.

Interaksi Kemasan dengan Produk

Produk perikanan dapat berinteraksi secara fisik maupun kimia dengan material kemasan. Interaksi dapat berupa migrasi, absorpsi aroma, perubahan warna, korosi, atau perubahan sifat material.

Pada kemasan logam, misalnya, komponen produk dapat memengaruhi korosi. Oleh karena itu, pemilihan lapisan pelindung menjadi penting.

Biaya dan Ketersediaan

Material harus tersedia dalam jumlah yang memadai dan memiliki biaya yang sesuai dengan nilai produk. Produk bernilai tinggi dapat menggunakan struktur kemasan yang lebih kompleks, sedangkan produk dengan harga lebih rendah memerlukan solusi yang lebih ekonomis.

Namun, pengurangan biaya kemasan tidak boleh menyebabkan penurunan mutu dan keamanan produk.

Aspek Lingkungan

Pertimbangan lingkungan semakin penting dalam pemilihan bahan kemasan. Evaluasi tidak hanya dilakukan berdasarkan apakah bahan tersebut biodegradable, tetapi juga berdasarkan penggunaan sumber daya, kebutuhan energi, kemampuan didaur ulang, jumlah material, dan kontribusinya terhadap pencegahan kehilangan pangan.

Kemasan yang lebih ringan dapat mengurangi penggunaan material dan beban transportasi, tetapi jika terlalu lemah dan menyebabkan banyak produk rusak, keuntungan tersebut dapat hilang. Oleh sebab itu, keberlanjutan kemasan perlu dipandang secara menyeluruh sepanjang siklus hidupnya. Perkembangan teknologi *barrier coating*, material berbasis bio, dan desain kemasan yang lebih mudah didaur ulang merupakan beberapa pendekatan yang sedang dikembangkan.

12.7.8 Dasar Pemilihan Bahan Kemasan Berdasarkan Jenis Produk Perikanan

Pemilihan bahan kemasan dapat dibuat lebih sistematis dengan menghubungkan jenis produk perikanan dengan kebutuhan perlindungannya.

Tabel tersebut menunjukkan bahwa pemilihan bahan harus mengikuti kebutuhan produk. Misalnya, ikan segar yang dikemas vakum memerlukan material yang berbeda dari ikan kaleng yang menjalani sterilisasi komersial. Demikian pula, produk beku memerlukan material dengan ketahanan terhadap kondisi suhu rendah dan kehilangan air.

Tabel 12. 3 Jenis Produk Perikanan, Kebutuhan Pengemasan, dan Bahan Kemasan Potensial

Jenis Produk	Kebutuhan Utama	Bahan Kemasan yang Potensial
Ikan segar	Perlindungan fisik, kelembapan, oksigen, rantai dingin	PET/PE, tray + film, plastik multilayer
Fillet ikan	Perlindungan tusukan, oksigen, kehilangan air	PA/PE, PET/PE, vakum
Ikan beku	Perlindungan terhadap dehidrasi dan *freezer burn*	PE, multilayer film, karton berlapis
Ikan asap	Perlindungan oksigen, aroma, kelembapan	Vacuum pouch, multilayer

Jenis Produk	Kebutuhan Utama	Bahan Kemasan yang Potensial
Produk olahan	Perlindungan fisik dan mikrobiologis	PP, PET/PE, multilayer
Produk siap santap	*Barrier*, penyegelan, keamanan	PP, multilayer, retort pouch
Ikan kaleng	Hermetis, perlakuan panas, umur simpan panjang	Tinplate, aluminium
Produk *retort*	Ketahanan panas dan *barrier*	PET/Al/PP, struktur multilayer
Produk premium	Perlindungan + tampilan	Kaca, multilayer, PET
Produk berorientasi keberlanjutan	Biodegradabilitas/recyclability	Biopolimer, kertas berlapis, mono-material

12.7.9 Prinsip Pemilihan Bahan Kemasan Produk Perikanan

Secara praktis, pemilihan bahan kemasan dapat dilakukan melalui tahapan berikut:

Karakterisasi Produk → Identifikasi Mekanisme Kerusakan → Penentuan Kebutuhan Barrier → Penentuan Kekuatan Mekanik → Pemilihan Material →

Uji Kesesuaian → Uji Penyimpanan → Evaluasi Ekonomi dan Lingkungan.

Pendekatan tersebut penting karena karakteristik bahan kemasan harus selalu disesuaikan dengan produk.

Sebagai contoh, apabila produk merupakan ikan berlemak yang dikemas secara vakum, maka prioritas pemilihan bahan adalah:

ketahanan terhadap oksigen + ketahanan terhadap tusukan + kemampuan penyegelan + keamanan pangan + fleksibilitas.

Sebaliknya, pada ikan kaleng, prioritasnya adalah:

ketahanan terhadap proses panas + integritas wadah + ketahanan korosi + sifat hermetis + keamanan pangan.

Sementara itu, pada produk ikan beku:

ketahanan terhadap suhu rendah + pengendalian kehilangan air + ketahanan mekanik + integritas segel

menjadi faktor yang lebih dominan.

Dengan demikian, pemilihan bahan kemasan sebaiknya menggunakan prinsip “fit for purpose”, yaitu material dipilih berdasarkan fungsi spesifik yang dibutuhkan produk, bukan hanya berdasarkan jenis material atau popularitas penggunaannya.

Gambar 12. 2 Alur Pemilihan Bahan Kemasan Produk Perikanan

12.7.10 Ringkasan Karakteristik Bahan Kemasan

Tabel 12. 4 Karakteristik dan Aplikasi Bahan Kemasan Produk Perikanan

Bahan	Keunggulan	Keterbatasan	Aplikasi Produk Perikanan
Plastik	Ringan, fleksibel, mudah dibentuk, dapat disegel	Isu limbah, sifat barrier berbeda antarpolimer	Ikan segar, beku, fillet, olahan
Kertas	Ringan, mudah dicetak, berbasis serat	Sensitif terhadap air	Label, pembungkus, kemasan sekunder
Karton	Kuat, mudah ditumpuk, baik untuk distribusi	Lemah terhadap kelembapan tanpa coating	Kotak ikan beku dan distribusi
Logam	Barrier sangat tinggi, kuat, cocok untuk proses panas	Korosi, berat, interaksi logam-pangan	Ikan kaleng
Kaca	Barrier sangat baik, inert, transparan	Berat dan mudah pecah	Produk khusus/ olahan
Biopolimer	Terbarukan, biodegradable, dapat aktif	Barrier dan kekuatan masih menjadi tantangan	Film/coating ikan dan seafood
Multilayer	Kombinasi sifat terbaik berbagai material	Sulit dipisahkan/ didaur ulang	Vakum, MAP, retort pouch

Jenis dan bahan kemasan produk perikanan sangat beragam, mulai dari plastik, kertas dan karton, logam, kaca, biopolimer, hingga struktur kombinasi atau multilayer. Setiap material mempunyai keunggulan dan keterbatasan yang harus dipertimbangkan berdasarkan karakteristik produk dan kondisi penggunaannya.

Plastik unggul dalam fleksibilitas, bobot ringan, dan kemudahan pembentukan, sedangkan logam memberikan perlindungan yang sangat baik dan banyak digunakan untuk produk ikan kaleng. Kaca memiliki sifat *barrier* yang sangat baik dan relatif inert, tetapi bobot serta kerapuhannya menjadi keterbatasan. Kertas dan karton mempunyai keunggulan dalam aspek pencetakan dan distribusi, tetapi membutuhkan modifikasi apabila digunakan pada lingkungan dengan kelembapan tinggi.

Sementara itu, biopolimer menawarkan peluang pengembangan kemasan yang lebih berkelanjutan. Dalam konteks industri perikanan, pemanfaatan hasil samping seperti kulit udang dan kepiting untuk menghasilkan kitosan serta pemanfaatan kolagen dan gelatin merupakan pendekatan menarik dalam konsep ekonomi sirkular. Penelitian menunjukkan bahwa biopolimer dari hasil samping industri hasil laut dapat dikembangkan menjadi film biodegradable dan kemasan aktif untuk membantu menghambat kerusakan mikrobiologis maupun oksidatif (Rathod *et al*., 2023).

Kemasan multilayer memberikan pendekatan yang lebih fleksibel karena berbagai lapisan dapat dirancang untuk menjalankan fungsi yang berbeda, seperti kekuatan mekanik, *barrier*, dan penyegelan. Namun, struktur multilayer juga menimbulkan tantangan dalam daur ulang sehingga desain masa depan perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kinerja, keamanan, biaya, dan keberlanjutan.

Dengan demikian, bahan kemasan yang terbaik bukanlah bahan yang memiliki sifat paling tinggi secara mutlak, tetapi bahan yang paling sesuai dengan kebutuhan produk perikanan, proses pengolahan, kondisi penyimpanan, sistem distribusi, keamanan pangan, dan tujuan keberlanjutan.

12.8 Teknologi Pengemasan Konvensional

Pengemasan merupakan salah satu tahapan penting dalam penanganan dan pengolahan produk perikanan. Produk perikanan memiliki sifat yang mudah mengalami kerusakan karena kandungan air yang tinggi, aktivitas enzimatis, keberadaan mikroorganisme, serta kandungan asam lemak tidak jenuh yang relatif tinggi pada sebagian jenis ikan. Kondisi tersebut menyebabkan ikan dan produk perikanan memerlukan penanganan yang cepat dan tepat sejak setelah penangkapan atau pemanenan hingga sampai kepada konsumen. Pengemasan menjadi salah satu upaya untuk memberikan perlindungan terhadap produk dari pengaruh lingkungan sekaligus mempertahankan mutu selama distribusi dan penyimpanan (Ghaly *et al*., 2010; Shukla *et al*., 2021).

Teknologi pengemasan konvensional merupakan teknologi yang menggunakan metode dan bahan pengemas yang relatif sederhana dan telah lama diterapkan dalam industri perikanan, seperti penggunaan kantong plastik, *tray*, karton, film fleksibel, kemasan beku, pengemasan vakum, dan penyegelan panas. Meskipun perkembangan teknologi telah menghasilkan sistem pengemasan yang lebih maju seperti *modified atmosphere packaging* (MAP), *active packaging*, *intelligent packaging*, dan *vacuum skin packaging*, teknologi konvensional masih banyak digunakan karena relatif mudah diterapkan, tersedia secara luas, dan dapat disesuaikan dengan skala usaha maupun karakteristik produk.

Dalam pengemasan produk perikanan, kemasan tidak hanya berfungsi sebagai wadah, tetapi juga sebagai pelindung terhadap kerusakan mekanis, kontaminasi, kehilangan air, oksidasi, perubahan aroma, dan berbagai faktor lingkungan. Pada produk ikan segar, misalnya, kemasan perlu memiliki kemampuan menahan uap air, memiliki kekuatan mekanis yang memadai, serta mampu mencegah kebocoran dan kontaminasi. FAO menekankan bahwa aspek penting dalam pengemasan ikan segar meliputi *gas barrier*, *water-vapour barrier*, kemampuan penyegelan panas, ketahanan terhadap kerusakan mekanis, ketahanan terhadap minyak, transparansi, dan kemampuan mengendalikan cairan (*drip*) (FAO, n.d.).

Keberhasilan pengemasan juga sangat bergantung pada kesesuaian antara jenis produk, bahan kemasan, metode pengemasan, serta kondisi penyimpanan. Dengan demikian, pengemasan harus dipandang sebagai bagian dari sistem pengawetan yang terintegrasi dengan pengendalian suhu, higiene, sanitasi, dan penanganan produk.

12.8.1 Pengemasan Produk Segar dan Dingin

Produk perikanan segar dan dingin merupakan kelompok produk yang mempunyai umur simpan relatif pendek. Pendinginan dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme serta berbagai reaksi kimia dan enzimatis, tetapi tidak sepenuhnya menghentikan proses kerusakan. Oleh karena itu, pengemasan diperlukan untuk memberikan perlindungan tambahan selama penyimpanan dan distribusi.

Pada tingkat perdagangan eceran, produk ikan segar dapat dikemas menggunakan *tray* yang ditutup film, *overwrap*, *overpouch*, maupun *vacuum pouch*. FAO menjelaskan bahwa *overwrap* dilakukan dengan

menempatkan ikan pada baki kemudian membungkusnya menggunakan film, sedangkan *overpouch* menggunakan kantong fleksibel yang disegel. Pada kemasan vakum, udara di dalam kantong dikeluarkan sebelum dilakukan penyegelan sehingga terbentuk lingkungan dengan kadar oksigen rendah (FAO, n.d.).

Penggunaan *tray* memberikan keuntungan karena dapat mempertahankan bentuk produk dan mengurangi kerusakan mekanis. Pada produk fillet atau potongan ikan, *expanded polystyrene tray* secara tradisional banyak digunakan karena ringan dan mampu memberikan perlindungan fisik. Film penutup harus memiliki ketahanan tusukan yang cukup agar tidak mudah rusak oleh tulang atau bagian tajam produk. FAO juga menekankan pentingnya sifat penghalang uap air karena dehidrasi dapat menurunkan mutu ikan segar (FAO, n.d.).

Selain kehilangan air, produk ikan segar dapat menghasilkan cairan (*drip*) selama penyimpanan. Cairan tersebut dapat mengurangi daya tarik visual dan berpotensi meningkatkan risiko kontaminasi pada bagian dalam kemasan. Oleh sebab itu, penggunaan bahan penyerap (*drip absorber*) dapat diterapkan pada jenis produk tertentu.

Transparansi kemasan juga menjadi pertimbangan penting karena konsumen umumnya menilai kesegaran ikan melalui warna dan kondisi permukaan produk. Kondensasi air pada bagian dalam film dapat mengurangi kejernihan kemasan sehingga penggunaan film dengan sifat *anti-fogging* dapat meningkatkan visibilitas produk (FAO, n.d.).

Pengemasan produk segar juga harus selalu disertai pengendalian suhu. Teknologi pengemasan tidak dapat menggantikan kebutuhan rantai dingin. Bahkan, efektivitas pengemasan vakum maupun atmosfer termodifikasi sangat dipengaruhi oleh suhu penyimpanan. Literatur menunjukkan bahwa karakteristik spesies, jumlah mikroorganisme awal, kandungan lemak, jenis kemasan, serta terutama suhu penyimpanan menentukan efektivitas teknologi pengemasan dalam mempertahankan mutu ikan (Sivertsvik *et al*., 2002; Shukla *et al*., 2021).

Dengan demikian, pengemasan produk segar dan dingin harus dipadukan dengan praktik higiene dan rantai dingin yang konsisten agar mampu mempertahankan mutu dan keamanan produk.

12.8.2 Pengemasan Produk Beku

Pembekuan merupakan salah satu metode pengawetan yang banyak digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk perikanan. Pada kondisi beku, aktivitas mikroorganisme dan berbagai reaksi kimia dapat diperlambat secara signifikan. Namun demikian, produk ikan beku tetap dapat mengalami kerusakan selama penyimpanan apabila tidak dikemas secara tepat.

Kemasan produk beku mempunyai beberapa fungsi utama, yaitu mencegah dehidrasi, mengurangi kontak dengan oksigen, melindungi produk dari kontaminasi, mencegah kerusakan mekanis, serta melindungi produk dari penyerapan bau atau *taint*. FAO menjelaskan bahwa kemasan ikan beku harus mempunyai sifat penghalang yang memadai dan kekuatan terhadap benturan serta tekanan untuk melindungi produk selama penanganan, transportasi, penyimpanan, dan display (FAO, n.d.).

Salah satu masalah penting pada produk beku adalah *freezer burn*, yaitu perubahan pada permukaan produk akibat kehilangan air selama penyimpanan beku. Produk dapat mengalami perubahan warna, tekstur menjadi kering, dan penurunan mutu sensori. Penggunaan bahan kemasan dengan kemampuan penghalang terhadap uap air yang baik dapat membantu mengurangi fenomena tersebut.

Berbagai bentuk kemasan dapat digunakan untuk produk ikan beku, antara lain kantong plastik, film multilayer, karton berlapis, *shrink film*, *stretch film*, *tray*, dan kemasan vakum. FAO mencatat penggunaan kantong film polietilena atau laminasi, kemasan yang disegel panas untuk produk *individually quick frozen* (IQF), serta kemasan vakum untuk fillet dan produk olahan tertentu (FAO, n.d.).

Untuk produk beku yang akan mengalami proses pemasakan langsung dalam kemasan, bahan pengemas harus memiliki ketahanan terhadap kondisi suhu dan proses yang diterapkan. Pada beberapa aplikasi, digunakan kemasan *boil-in-bag*, yaitu kemasan yang dirancang agar produk dapat dimasak tanpa dikeluarkan dari kemasannya. FAO mencatat bahwa jenis kemasan ini memerlukan film yang efektif pada kondisi pemanasan yang digunakan (FAO, n.d.).

Kemasan produk beku juga perlu mempertimbangkan aspek distribusi. Produk harus memiliki ketahanan mekanis yang cukup karena dapat mengalami tekanan akibat penumpukan, benturan, atau gesekan selama transportasi. Dengan demikian, pemilihan kemasan produk beku tidak hanya mempertimbangkan sifat *barrier*, tetapi juga kekuatan dan stabilitas dimensi material.

12.8.3 Pengemasan Produk Kering

Produk perikanan kering merupakan produk yang telah mengalami proses pengurangan kadar air, baik melalui pengeringan alami maupun pengeringan menggunakan teknologi tertentu. Contoh produk tersebut antara lain ikan kering, ikan asin, ikan teri kering, abon ikan, dan berbagai produk tradisional lainnya.

Pengurangan kadar air dapat meningkatkan stabilitas produk karena aktivitas air yang lebih rendah dapat menghambat pertumbuhan sebagian mikroorganisme. Namun, produk kering tetap rentan terhadap penyerapan uap air dari lingkungan, oksidasi lemak, kontaminasi debu dan serangga, serta perubahan aroma dan tekstur.

Oleh sebab itu, fungsi utama kemasan produk perikanan kering adalah mempertahankan kondisi kadar air produk agar tetap stabil. Material kemasan yang digunakan harus mempunyai kemampuan penghalang terhadap uap air yang sesuai. Apabila uap air dapat masuk ke dalam kemasan, produk dapat mengalami peningkatan kadar air dan aktivitas air sehingga teksturnya berubah dan stabilitas mikrobiologisnya menurun.

Selain uap air, oksigen juga menjadi faktor penting, terutama untuk produk perikanan yang mempunyai kandungan lemak tinggi. Asam lemak tidak jenuh dapat mengalami oksidasi sehingga menghasilkan senyawa yang menyebabkan bau dan cita rasa tengik. Oleh karena itu, pada produk tertentu diperlukan bahan kemasan yang mempunyai kemampuan penghalang oksigen.

Kemasan plastik fleksibel dapat digunakan sebagai kemasan primer untuk berbagai produk ikan kering. Untuk produk yang membutuhkan perlindungan lebih

tinggi, dapat digunakan struktur multilayer yang mengombinasikan beberapa jenis polimer atau lapisan penghalang.

Kertas dan karton dapat digunakan sebagai kemasan sekunder untuk memberikan perlindungan mekanis dan memudahkan proses distribusi. Namun, penggunaannya sebagai kemasan primer perlu mempertimbangkan permeabilitas terhadap uap air karena bahan berbasis serat pada dasarnya lebih mudah berinteraksi dengan kelembapan dibandingkan film plastik dengan *barrier* tinggi.

Pengemasan produk kering juga perlu mempertimbangkan kemungkinan kontaminasi setelah proses pengeringan. Produk yang telah dikeringkan dapat kembali terkontaminasi apabila dikemas dalam kondisi lingkungan yang tidak higienis. Oleh karena itu, proses pengemasan harus dilakukan pada tempat yang bersih dan menggunakan bahan kemasan yang sesuai untuk kontak dengan pangan.

12.8.4 Pengemasan Produk Olahan Perikanan

Produk olahan perikanan memiliki karakteristik yang sangat beragam sehingga teknologi pengemasannya harus disesuaikan dengan jenis produk dan proses pengolahannya. Produk seperti nugget ikan, bakso ikan, sosis ikan, surimi, otak-otak, ikan asap, abon ikan, dan produk siap santap mempunyai komposisi, kadar air, aktivitas air, kandungan lemak, serta kondisi penyimpanan yang berbeda.

Pada produk olahan yang disimpan dalam kondisi dingin, kemasan berfungsi terutama untuk mencegah kontaminasi setelah proses pengolahan, mengurangi kontak dengan oksigen, dan mempertahankan karakteristik sensori. Sementara itu, produk olahan beku

membutuhkan kemasan yang mampu memberikan perlindungan terhadap dehidrasi dan *freezer burn*.

Produk seperti nugget ikan, bakso ikan, dan produk berbasis surimi umumnya menggunakan kantong plastik atau film multilayer. Pemilihan material harus mempertimbangkan kekuatan mekanis, kemampuan penyegelan, ketahanan terhadap suhu rendah, dan sifat penghalang terhadap oksigen serta uap air.

Pada produk ikan asap, pengemasan berfungsi melindungi produk dari kontaminasi dan oksidasi sekaligus mempertahankan aroma asap. Kemasan vakum banyak digunakan untuk produk tersebut karena mampu mengurangi udara di sekitar produk. FAO menyebutkan bahwa *overwrap*, *overpouch*, dan *vacuum pouch* dapat digunakan untuk produk ikan asap, bergantung pada karakteristik produk dan tujuan penyimpanan (FAO, n.d.).

Namun, tidak semua produk olahan cocok dikemas menggunakan vakum. FAO, misalnya, menyebutkan bahwa produk ikan berlapis tepung atau *breaded fish* tidak dianjurkan dikemas vakum karena tekanan kemasan dapat menyebabkan lapisan pelapis menempel pada film dan terlepas dari produk saat kemasan dibuka (FAO, n.d.).

Pada produk yang mengalami proses sterilisasi komersial, seperti ikan kaleng, kemasan harus mampu mempertahankan kondisi kedap secara hermetis setelah proses panas. Kaleng logam secara tradisional menjadi salah satu bentuk kemasan yang penting untuk produk ikan yang dapat disimpan pada suhu ruang.

Dengan demikian, pemilihan kemasan produk olahan harus didasarkan pada karakteristik produk, proses pengolahan, metode penyimpanan, distribusi, serta target umur simpan.

12.8.5 Pengemasan Vakum

Pengemasan vakum (*vacuum packaging/VP*) merupakan metode pengemasan dengan cara mengeluarkan udara dari dalam kemasan sebelum dilakukan penyegelan. Pengurangan udara menyebabkan konsentrasi oksigen dalam ruang kemasan menjadi lebih rendah sehingga kontak produk dengan oksigen dapat dikurangi.

Dalam praktiknya, produk ditempatkan dalam kantong yang mempunyai sifat penghalang oksigen, kemudian udara dikeluarkan menggunakan mesin vakum dan kantong segera disegel. FAO mendeskripsikan pengemasan vakum sebagai proses ketika udara dikeluarkan dari kemasan kemudian kemasan disegel sehingga produk berada dalam atmosfer rendah oksigen (FAO, n.d.).

Pengurangan oksigen memberikan beberapa keuntungan. Pertama, kondisi tersebut dapat memperlambat oksidasi lipid, yang penting pada ikan berlemak karena kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi. Kedua, kondisi rendah oksigen dapat menghambat sebagian mikroorganisme aerob. Ketiga, kemasan dapat memberikan perlindungan terhadap kehilangan air dan kontaminasi dari lingkungan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengemasan vakum dapat membantu mempertahankan mutu produk ikan selama penyimpanan dingin. Sebuah kajian mengenai pengemasan produk ikan menunjukkan bahwa vakum dan MAP dapat memperlambat kerusakan mikrobiologis dan reaksi degradasi, walaupun efektivitasnya sangat bergantung pada spesies ikan, kondisi awal produk, jenis kemasan, dan suhu penyimpanan (De lima *et al*., 2026).

Namun, pengemasan vakum tidak dapat dianggap sebagai metode yang secara otomatis menjamin keamanan produk. Kondisi rendah oksigen dapat menghambat sebagian mikroorganisme aerob, tetapi pada saat yang sama dapat memberikan kondisi yang sesuai bagi mikroorganisme anaerob atau fakultatif tertentu. Oleh karena itu, produk ikan yang dikemas vakum harus dikendalikan secara ketat berdasarkan suhu, umur simpan, higiene, dan karakteristik produk.

Suhu menjadi faktor yang sangat penting dalam penerapan pengemasan vakum. FAO menegaskan bahwa umur simpan produk vakum dipengaruhi oleh spesies ikan, kadar lemak, jumlah mikroorganisme awal, bahan kemasan, kualitas segel, dan terutama suhu penyimpanan (FAO, n.d.).

Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa pengemasan vakum dapat memberikan keuntungan terhadap parameter mutu tertentu. Pada produk bakso ikan karper yang disimpan pada suhu sekitar 4 °C, pengemasan vakum dilaporkan mampu memperlambat beberapa perubahan oksidatif dan mempertahankan karakteristik mutu lebih baik dibandingkan pengemasan dengan udara pada kondisi penelitian tersebut (2026).

Dengan demikian, pengemasan vakum sebaiknya dipandang sebagai salah satu teknologi pengawetan tambahan (*hurdle*), bukan sebagai pengganti pendinginan atau praktik sanitasi.

12.8.6 Pengemasan dengan Penyegelan Panas

Penyegelan panas (*heat sealing*) merupakan salah satu metode penutupan kemasan yang paling banyak digunakan pada kemasan fleksibel berbasis bahan termoplastik. Prinsipnya adalah memanfaatkan panas

dan tekanan untuk menyatukan lapisan termoplastik sehingga terbentuk sambungan yang relatif kedap.

Teknologi ini banyak diterapkan pada kemasan produk perikanan karena sebagian besar film plastik yang digunakan dalam pengemasan pangan dapat dirancang agar memiliki kemampuan penyegelan panas. Penyegelan dapat dilakukan secara manual menggunakan *impulse sealer* atau secara otomatis menggunakan mesin *continuous band sealer*, *tray sealer*, dan mesin pengemas vakum.

Dalam pengemasan produk ikan segar, penyegelan panas digunakan untuk menutup *overpouch* atau kantong fleksibel. FAO menjelaskan bahwa *overpouch* pada produk ikan dingin dapat ditutup dengan penyegelan panas untuk menghasilkan kemasan yang kedap terhadap kebocoran (FAO, n.d.).

Kualitas penyegelan sangat menentukan keberhasilan suatu sistem kemasan. Bahan dengan kemampuan *barrier* yang sangat baik tidak akan memberikan perlindungan optimal apabila terdapat kebocoran pada bagian segel. Oleh karena itu, integritas segel merupakan salah satu parameter kritis dalam pengemasan produk perikanan.

Beberapa faktor yang menentukan kualitas segel antara lain:

1. Suhu penyegelan, yaitu suhu yang digunakan untuk melunakkan atau melelehkan lapisan termoplastik.
2. Waktu kontak, yaitu lama material berada dalam kondisi pemanasan dan tekanan.
3. Tekanan penyegelan, yang menentukan kontak antara dua permukaan material.

4. Jenis bahan kemasan, karena setiap material memiliki karakteristik penyegelan yang berbeda.
5. Ketebalan film, yang memengaruhi perpindahan panas dan kekuatan segel.
6. Kebersihan area segel, karena sisa produk, minyak, atau cairan dapat mengganggu proses penyatuan film.
7. Kondisi mesin, termasuk kestabilan suhu dan tekanan.

Pada produk perikanan, kebersihan area segel merupakan masalah yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Produk ikan umumnya mengandung air dan komponen lemak yang dapat menempel pada permukaan film. Apabila bagian tersebut tidak dibersihkan atau desain kemasan tidak memungkinkan terbentuknya segel yang baik, dapat terjadi *channel leak* atau kebocoran mikro.

Pada pengemasan vakum, penyegelan panas merupakan tahap akhir yang sangat menentukan keberhasilan proses. Setelah udara dikeluarkan, kemasan harus segera disegel sehingga udara tidak kembali masuk. FAO menjelaskan bahwa pada sistem pengemasan vakum, produk ditempatkan dalam kantong fleksibel, udara dikeluarkan, dan bagian terbuka kemudian disegel untuk menghasilkan kemasan yang kedap (FAO, n.d.).

Penyegelan panas juga digunakan dalam pengemasan produk beku. FAO mencatat penggunaan film yang disegel panas untuk berbagai produk ikan beku, termasuk produk IQF dan produk dalam kemasan kecil maupun besar (FAO, n.d.).

Oleh karena itu, pengawasan terhadap parameter penyegelan perlu menjadi bagian dari pengendalian mutu proses pengemasan. Pemeriksaan dapat dilakukan secara visual maupun melalui pengujian kebocoran, kekuatan segel, dan integritas kemasan.

12.8.7 Keterkaitan Teknologi Pengemasan Konvensional dengan Kondisi Penyimpanan

Teknologi pengemasan konvensional tidak dapat dipisahkan dari kondisi penyimpanan. Jenis kemasan harus dipilih berdasarkan karakteristik produk dan lingkungan penyimpanan yang akan dihadapi.

Tabel 12. 5 Kesesuaian Kemasan Konvensional dengan Jenis Produk dan Kondisi Penyimpanan

Jenis Produk	Bentuk Kemasan Konvensional	Perlindungan Utama	Kondisi Penyimpanan
Ikan segar	*Tray* + film	Kontaminasi, kehilangan air, kerusakan mekanis	Dingin
Fillet ikan	Kantong/film/ vakum	Oksigen, kehilangan air	Dingin/beku
Ikan beku	Plastik/ multilayer/ karton	Dehidrasi, oksidasi, kerusakan mekanis	Beku
Ikan kering	Kantong plastic /multilayer	Uap air, oksigen, serangga	Suhu ruang terkendali
Ikan asap	*Overwrap*/ vacuum pouch	Oksigen dan kontaminasi	Dingin

Jenis Produk	Bentuk Kemasan Konvensional	Perlindungan Utama	Kondisi Penyimpanan
Nugget ikan	Plastik/ multilayer	Dehidrasi dan oksidasi	Beku
Bakso ikan	Plastik/ vacuum pouch	Kontaminasi dan oksidasi	Dingin/beku
Ikan kaleng	Kaleng logam	Kontaminasi dan kerusakan lingkungan	Suhu ruang

Pemilihan teknologi tersebut harus mempertimbangkan karakteristik fisik, kimia, mikrobiologis, dan sensori produk. Literatur mengenai pengemasan hasil laut menunjukkan bahwa efektivitas teknologi pengemasan sangat bergantung pada jenis produk dan suhu penyimpanan.

Dengan demikian, pengemasan sebaiknya diterapkan sebagai bagian dari pendekatan multi-hurdle, yaitu menggabungkan beberapa faktor pengawetan seperti suhu rendah, pengurangan oksigen, pengendalian kadar air, higiene, dan perlindungan mekanis.

12.8.8 Prinsip Pemilihan Teknologi Pengemasan Konvensional

Pemilihan teknologi pengemasan produk perikanan dapat dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan utama.

Pertama, karakteristik produk. Produk segar, beku, kering, dan olahan memiliki kebutuhan perlindungan yang berbeda.

Kedua, kadar air dan aktivitas air. Produk dengan kadar air tinggi memerlukan perlindungan yang lebih baik terhadap kehilangan atau pertukaran air.

Ketiga, kandungan lemak. Produk dengan kandungan lemak tinggi memerlukan perlindungan terhadap oksigen untuk mengurangi risiko ketengikan akibat oksidasi.

Keempat, kondisi penyimpanan. Kemasan yang digunakan untuk produk beku harus mampu mempertahankan sifat mekanisnya pada suhu rendah.

Kelima, metode distribusi. Produk yang mengalami perjalanan jauh atau penanganan intensif memerlukan kemasan dengan kekuatan mekanis yang lebih tinggi.

Keenam, bentuk dan ukuran produk. Produk utuh, fillet, potongan, produk giling, dan produk berbentuk pasta memerlukan bentuk kemasan yang berbeda.

Ketujuh, keamanan pangan. Material harus sesuai untuk kontak dengan pangan dan proses pengemasan harus dilakukan secara higienis.

Kedelapan, aspek ekonomi dan lingkungan. Pemilihan kemasan juga harus mempertimbangkan biaya material, efisiensi penggunaan bahan, kemudahan distribusi, dan pengelolaan limbah kemasan.

Dengan pertimbangan tersebut, pemilihan kemasan tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan harga material, tetapi harus mempertimbangkan keseluruhan sistem distribusi dan umur simpan produk.

Teknologi pengemasan konvensional merupakan bagian penting dalam mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan produk perikanan. Pengemasan produk segar dan dingin terutama bertujuan memberikan perlindungan

terhadap kontaminasi, kehilangan air, kerusakan mekanis, dan perubahan mutu selama penyimpanan dingin. Produk beku membutuhkan kemasan dengan sifat penghalang terhadap uap air dan oksigen serta kekuatan mekanis yang memadai untuk mencegah dehidrasi dan *freezer burn*.

Pada produk kering, kemasan terutama berfungsi mempertahankan kondisi kadar air, mencegah penyerapan kelembapan, dan mengurangi oksidasi. Produk olahan membutuhkan teknologi pengemasan yang disesuaikan dengan jenis produk, metode pengolahan, dan kondisi penyimpanannya.

Pengemasan vakum dapat mengurangi jumlah oksigen di sekitar produk dan membantu memperlambat oksidasi serta sebagian proses kerusakan mikrobiologis. Akan tetapi, teknologi tersebut harus disertai pengendalian suhu dan higiene yang baik. Sementara itu, penyegelan panas merupakan teknologi penting untuk menghasilkan kemasan yang tertutup dan kedap, khususnya pada kantong dan film fleksibel.

Secara keseluruhan, keberhasilan teknologi pengemasan konvensional sangat ditentukan oleh kesesuaian antara karakteristik produk, bahan kemasan, metode pengemasan, integritas segel, suhu penyimpanan, serta kondisi distribusi. Dengan penerapan yang tepat, teknologi pengemasan konvensional tetap menjadi teknologi yang efektif, praktis, dan relevan dalam pengolahan serta distribusi produk perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

Alamri, M.S., Qasem, A.A.A., Mohamed, A.A., Hussain, S., Ibraheem, M.A., Shamlan, G., Alqah, H.A. and Qasha, A.S. (2021) 'Food packaging's materials: A food safety perspective', *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(8), pp. 4490–4499. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.04.047

Alias, R., Wan Khairul, M. and Sarbon, N.M. (2022) 'Emerging materials and technologies of multi-layer film for food packaging application: A review', *Food Control*, 136, 108875. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108875

Amaral, R.A., Pinto, C.A., Lima, V., Tavares, J., Martins, A.P., Fidalgo, L.G., Silva, A.M., Gil, M.M., Teixeira, P., Barbosa, J., Barba, & F.J., Saraiva, J.A. (2021), 'Chemical-Based Methodologies to Extend the Shelf Life of Fresh Fish-A Review', *Foods*. 28;10(10):2300. https://doi.org/10.3390/foods10102300

Cann, D.C. (1984) *Packing fish in a modified atmosphere*. Torry Advisory Note No. 88. Aberdeen: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Torry Research Station.

Chen, J., Wu, E., Dong, H. dan Yu, L., (2026). Chitosan as a bioactive preservative in seafood and meat products: Meta-analysis on microbial safety, physicochemical stability, and organoleptic quality. *Food Chemistry*, 498(Bagian 2), p.147171. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.147171

Chi, Y., Luo, M., & Ding, C. (2025), 'The role of microbiota in fish spoilage: biochemical mechanisms and innovative preservation strategies', *Antonie Van Leeuwenhoek*. 8;118(7):89. https://doi.org/10.1007/s10482-025-02101-z

de Lima, I., de Souza Gomes, V.E. and Marangoni Júnior, L. (2027) 'Recent advances in packaging solutions for emerging food processing technologies', *Journal of Food Engineering*, 421, 113190. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2026.113190

Etxabide, A., Young, B., Bremer, P. J., & Kilmartin, P. A. (2022), 'Non-permanent primary food packaging materials assessment: Identification, migration, toxicity, and consumption of substance', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21, 4130–4145. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13001

FAO and WHO. 2020. *Code of Practice for Fish and Fishery Products*. Rome. page-372. https://doi.org/10.4060/cb0658en

Fletcher, G.C., 2012. Advances in vacuum and modified atmosphere packaging of fish and crustaceans. Dalam: J.P. Kerry, ed. *Advances in Meat, Poultry and Seafood Packaging*. Cambridge: Woodhead Publishing, pp.261-297. https://doi.org/10.1533/9780857095718.2.261

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2026a). *Cold Storage. Food Loss and Waste in Fish Value Chains*. Available at: https://www.fao.org/flw-in-fish-value-chains/value-chain/processing-storage/cold-storage/en/ (Accessed: 14 August 2026).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2026b). *Appropriate Technology*. Food Loss and Waste in Fish Value Chains. Available at: https://www.fao.org/flw-in-fish-value-chains/solutions/appropriate-technology/en/ (Accessed: 14 August 2026).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2026c). *Appropriate technology*. Food Loss and Waste in Fish Value Chains. Available at: https://www.fao.org/flw-in-fish-value-chains/value-chain/retail/fresh-fish-retail/appropriate-technology/en/ (Accessed: 14 August 2026).

Gram L, & Huss HH. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. Int J Food Microbiol. 33(1):121-37. https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01134-8

Gupta, R.K., Pipliya, S., Karunanithi, S., Eswaran, U.G.M,, Kumar, S., Mandliya, S., Srivastav, P.P., Suthar, T., Shaikh, A.M., Harsányi, E., & Kovács, B. (2024), 'Migration of Chemical Compounds from Packaging Materials into Packaged Foods: Interaction, Mechanism, Assessment, and Regulations', *Foods*. 30;13(19):3125. ttps://doi.org/10.3390/foods13193125

Huss, H.H. (1995) *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper No. 348. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://www.fao.org/4/v7180e/v7180e00.htm

Kontominas, M.G., Badeka, A.V., Kosma, I.S. dan Nathanailides, C.I. (2021) 'Recent developments in seafood packaging technologies', *Foods*, 10(5), 940. https://doi.org/10.3390/foods10050940

Kumar, A., Hailu, G.G., Mitra, A., Ali, S., Baghel, S., Wang, Z., Liu, Y., Xia, W., Yin, Y., Liu, S. dan Wei, S. (2026) 'Chitosan-Based Active Packaging for Shrimp Preservation: Development, Functionalization, and Industrial Prospects', *Foods*, 15(6), p. 1043. https://doi.org/10.3390/foods15061043.

Kumari, S., Debbarma, R., Nasrin, N., Khan, T., Taj, S. and Bhuyan, T. (2024) 'Recent advances in packaging materials for food products', *Food Bioengineering*, 3(2), pp. 236–249. https://doi.org/10.1002/fbe2.12096

Kwon, H.-J., Hong, S.-M., Park, S.-M. and Lee, C.W. (2024) 'Characterization of acid-modified polyvinyl alcohol and its application to barrier-coated paper for eco-friendly food packaging', *Food Packaging and Shelf Life*, 43, 101271. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2024.101271

Li, P., Mei, J., & Xie, J. (2023), 'The regulation of carbon dioxide on food microorganisms: A review', *Food Res Int*. 172:113170.. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113170

Iyiola, A.O., Adeyemi-doro, O., Oyelese, O.A. & Kolawole, A.S. (2018) 'Qualitative changes of cold smoked *Clarias gariepinus* at ambient and cold storage conditions', *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 16(2), pp. 1–10. https://doi.org/10.9734/JAERI/2018/16228

Nizamuddin, S., Baloch, A.J., Chen, C., Arif, M. & Mubarak, N.M. (2024) 'Bio-based plastics, biodegradable plastics, and compostable plastics: biodegradation mechanism, biodegradability standards and environmental stratagem', *International Biodeterioration & Biodegradation*, 195, 105887. https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2024.105887.

Rathod, N.B., Bangar, S.P., Šimat, V. & Ozogul, F. (2023), 'Chitosan and gelatine biopolymer-based active/biodegradable packaging for the preservation of fish and fishery products', *Int J Food Sci Technol*, 58: 854-861. https://doi.org/10.1111/ijfs.16038

Robertson, G.L. (2013) *Food Packaging: Principles and Practice*. 3rd edn. Boca Raton, FL: CRC Press. https://doi.org/10.1201/b21347

Sivertsvik, M., Jeksrud, W.K. dan Rosnes, J.T. (2002) 'A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products – significance of microbial growth, activities and safety', *International Journal of Food Science & Technology*, 37(2), pp. 107–127. https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00548.x.

Siddiqui, S.A., Singh, S., Bahmid, N.A. dan Sasidharan, A. (2024) 'Applying innovative technological interventions in the preservation and packaging of fresh seafood products to minimize spoilage – A systematic review and meta-analysis', *Heliyon*, 10(8), e29066. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29066

Solinho, J., Santos, J., Vázquez, M. dan Pinheiro, R. (2025) 'Comparative study of preservation techniques for refrigerated Atlantic bonito fillets: Effects of modified atmosphere packaging, vacuum packaging, and alginate coating on shelf life and quality', *Food Packaging and Shelf Life*, 50, 101556. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2025.101556.

Wang Q, Chen W, Zhu W, McClements DJ, Liu X, Liu F. A review of multilayer and composite films and coatings for active biodegradable packaging. NPJ Sci Food. 6(1):18.. https://doi.org/10.1038/s41538-022-00132-8

Wu, J., Cui, C., & Li, L. (2024), 'Effect of cold plasma on lipid oxidation of fish and fish-based products: a review', *International Journal of Food Science and Technology*, 59(3), pp 1958–1967, https://doi.org/10.1111/ijfs.16601

Zeng, J., Song, Y., Fan, X., Luo, J., Song, J., Xu, J & Xue, C. (2024) 'Effect of lipid oxidation on quality attributes and control technologies in dried aquatic animal products: a critical review', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(28), pp. 10397–10418. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2224451

Zhong, Y., Dong, L., Long, Y., He, Z. dan Xiao, H., 2026. Recent advances in chitosan-based packaging materials for active and intelligent food preservation. *Food Chemistry*, 516, p.149280. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2026.149280

BAB 13

MANAJEMEN MUTU DAN KEAMANAN PANGAN PERIKANAN

Oleh Nur Islah Sugianto

13.1 Karakteristik Mutu dan Kemunduran Mutu Hasil Perikanan

13.1.1 Komposisi Kimia dan Karakteristik Fisik Ikan Segar

Produk perikanan merupakan salah satu sumber protein hewani utama yang memiliki nilai biologis tinggi. Komposisi kimia ikan segar secara umum terdiri atas air (60-80%), protein (15-25%), lipid atau lemak (0,5-20%), karbohidrat (kurang dari 1%), serta abu yang meiliputi vitamin dan mineral (1-2%). Komposisi ini sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh faktor internal seperti spesies, umur, dan jenis kelamin, serta faktor eksternal seperti kondisi lingkungan perairan, musim, dan ketersediaan pakan di habitatnya (Atma Y, 2021).

Karakteristik fisik ikan segar secara visual dapat diidentifikasi melalui parameter organoleptik yang spesifik. Kornea mata ikan segar tampak jernih, cembung, dan pupil hitam legam. Insang berwarna merah cerah tanpa adanya lendir berlebih atau bau menyimpang. Daging ikan segar memiliki elastisitas yang tinggi; apabila ditekan dengan jari, bekas tekanan

akan segera kembali ke bentuk semula. Kulit ikan segar masih menunjukkan warna asli yang cemerlang dengan sisik yang melekat kuat pada tubuhnya (BPOM, 2023).

13.1.2 Proses Kemunduran Mutu (Pre-rigor, Rigor Mortis, Post-rigor)

Segera setelah ikan mati, serangkaian perubahan biokimia, fisika, dan mikrobiologi mulai berlangsung secara simultan. Proses kemunduran mutu ini dibagi menjadi tiga fase utama, yaitu pre-rigor, rigor mortis, dan post-rigor. Pada fase pre-rigor, metabolisme seluler masih berjalan dalam kondisi anaerobik karena pasokan oksigen terhenti. Glikogen di dalam jaringan otot dipecah menjadi asam laktat melalui jalur glikolisis anaerob, yang menyebabkan penurunan nilai pH daging ikan dari sekitar 7,0 menjadi 6,2–6,5. Kondisi otot pada fase ini masih sangat lunak dan fleksibel (BRCGS, 2022).

Fase berikutnya adalah rigor mortis, yang ditandai dengan terjadinya pengkakuan otot tubuh ikan. Pengkakuan ini terjadi akibat penurunan ketersediaan Adenosin Tripospat (ATP) di bawah ambang kritis, sehingga filamen aktin dan miosin saling berikatan membentuk kompleks aktomiosin yang kaku. Durasi rigor mortis sangat bervariasi; ikan yang mengalami stres berlebih saat ditangkap akan menghabiskan cadangan glikogen lebih cepat, sehingga fase rigor mortis berlangsung lebih singkat. Fase terakhir adalah post-rigor atau autolisis, di mana otot ikan kembali melunak akibat aktivitas enzim proteolitik endogen seperti katepsin dan kalpain yang mendegradasi struktur protein jaringan ikat. Fase post-rigor ini menjadi pintu masuk utama bagi proliferasi mikroba pembusuk karena integritas seluler telah rusak (Codex, 2020).

13.1.3 Faktor-Faktor yang Mempercepat Pembusukan Produk Perikanan

Kecepatan proses kemunduran mutu komoditas perikanan dikendalikan oleh interaksi berbagai faktor kompleks. Faktor suhu merupakan parameter paling kritis; penyimpanan pada suhu kamar akan melipatgandakan laju reaksi enzimatik dan pertumbuhan bakteri pembusuk dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu leleh es (0°C). Faktor penanganan pasca-tangkap juga memegang peranan besar. Cara penangkapan yang kasar, penumpukan ikan tanpa es yang memadai, serta sanitasi wadah yang buruk akan mengakibatkan luka fisik pada kulit ikan yang mempercepat penetrasi bakteri dari permukaan ke dalam daging (FAO, 2022).

Selain itu, karakteristik intrinsik spesies ikan ikut menentukan laju pembusukan. Ikan dengan kandungan lemak tinggi (pelagis kecil seperti sarden dan kembung) lebih rentan mengalami ketengikan oksidatif dibandingkan ikan berlemak rendah (demersal seperti kakap dan kerapu). Ukuran biologis ikan juga berpengaruh; ikan berukuran kecil memiliki rasio luas permukaan terhadap volume tubuh yang lebih besar, sehingga penetrasi panas, enzim, dan mikroba berlangsung jauh lebih cepat dibandingkan ikan berukuran besar (Huss *et al*., 2021).

13.1.4 Indikator Penilaian Mutu (Sensori, Kimiawi, Mikrobiologis, dan Fisik)

Untuk menentukan tingkat kesegaran dan kelayakan konsumsi produk perikanan, digunakan empat parameter indikator utama secara komplementer (Sari & Nurhayati, 2022):

- Penilaian Sensori (Organoleptik): Menggunakan pancaindra manusia terlatih untuk menilai rupa, warna, bau, rasa, dan tekstur berdasarkan skor lembar penilaian standar (misalnya SNI 2346:2015 atau metode *Quality Index Method* / QIM).
- Penilaian Kimiawi: Mengukur akumulasi senyawa hasil degradasi. Indikator utama meliputi *Total Volatile Base Nitrogen* (TVB-N) untuk mengukur senyawa basa menguap, *Trimethylamine* (TMA) untuk mendeteksi pembusukan oleh bakteri spesifik pada ikan laut, serta nilai K-value yang mengukur rasio degradasi nukleotida (ATP hingga hipoxantin). Untuk ikan scombroid, kadar histamin menjadi parameter kimia wajib.
- Penilaian Mikrobiologis: Menghitung densitas populasi mikroba menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Batas maksimum cemaran mikroba pada ikan segar umumnya ditetapkan sebesar 5 x 10^5 CFU/gram. Selain itu, dilakukan pengujian keberadaan bakteri patogen spesifik.
- Penilaian Fisik: Menggunakan instrumen objektif seperti torgometer untuk mengukur resistensi elastisitas jaringan otot, pH-meter untuk memantau fluktuasi keasaman, serta konduktivitas listrik cairan seluler ikan menggunakan alat *Torrymeter*.

13.2 Bahaya (Hazards) Dalam Keamanan Pangan Perikanan

13.2.1 Bahaya Biologis (Bakteri Patogen, Virus, Parasit, dan Histmin)

Bahaya biologis merupakan penyebab utama penyakit bawaan pangan (*foodborne illnesses*) yang bersumber dari produk perikanan. Bakteri patogen yang sering mengontaminasi hasil perikanan dapat dibedakan menjadi bakteri indigenous (berasal dari lingkungan perairan alami) seperti *Vibrio parahaemolyticus, Vibrio cholerae, Vibrio vulnificus*, dan *Clostridium botulinum* tipe E, serta bakteri non-indigenous (akibat kontaminasi fekal manusia atau hewan) seperti *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, dan *Listeria monocytogenes* (Visciano *et al*., 2020).

13.2.2 Bahaya Kimia (Logam Berat, Residu Antibiotik, dan Toksin Alami)

Aktivitas antropogenik dan industrialisasi menyebabkan akumulasi polutan kimia beracun di ekosistem perairan yang kemudian masuk ke dalam rantai makanan melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi. Logam berat berbahaya seperti Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), dan Arsenik (As) sering ditemukan dalam konsentrasi tinggi pada ikan predator berumur panjang berada di puncak rantai makanan, seperti ikan hiu, marlin, dan tuna ukuran besar. Logam berat ini bersifat akumulatif dalam tubuh manusia dan dapat memicu kerusakan sistem saraf pusat serta ginjal (Regenstein *et al*., 2023).

13.2.3 Bahaya Fisik (Benda Asing, Pecahan Kaca, dan Serpihan Logam)

Bahaya fisik didefinisikan sebagai segala jenis bahan atau benda asing yang secara tidak sengaja masuk ke dalam produk pangan selama proses penangkapan, pemanenan, pengangkutan, maupun pengolahan, yang dapat menyebabkan luka, trauma fisik, atau tersedak bagi konsumen. Karakteristik bahaya fisik pada industri perikanan sangat beragam tergantung pada kompleksitas rantai pasok dan metode pengolahan yang diterapkan. Di kapal penangkap ikan atau tambak budidaya, kontaminan fisik dapat berupa serpihan kayu, kerikil, pasir, cangkang moluska lain, atau potongan tali nilon dari jaring tangkap (Regenstein *et al*., 2023).

13.3 Kelayakan Dasar: GMP (*Good Manufacturing Practices*) dan SSOP (*Sanitation Standard Operating Procedures*)

13.3.1 Penerapan Cara Pengolahan Ikan yang Baik (CPIB/GMP)

Desain dan Tata Letak Fasilitas Unit Pengolahan Ikan (UPI)

Desain arsitektur dan tata letak ruang di dalam Unit Pengolahan Ikan (UPI) wajib dirancang dengan prinsip aliran proses searah (*linear/one-way flow*). Prinsip ini bertujuan utama untuk mencegah terjadinya kontaminasi silang (*cross-contamination*) antara bahan baku mentah yang memiliki beban mikroba tinggi dengan produk akhir yang telah diolah atau siap konsumsi. Ruang penerimaan bahan baku harus dipisahkan secara fisik dengan sekat yang permanen dari ruang proses penanganan, ruang pengemasan, dan

gudang penyimpanan dingin (*cold storage*) (Wibowo & Utomo, 2020).

Persyaratan Peralatan dan Mesin Pengolahan

Semua peralatan, wadah, meja proses, dan mesin yang berkorespondensi langsung dengan produk perikanan harus dikonstruksi dari material yang bersifat *food grade*, tidak korosif, tidak menyerap air, dan tidak bereaksi secara kimiawi dengan produk. Material standar yang diwajibkan di industri modern adalah baja tahan karat (*stainless steel*) tipe SUS 304 atau SUS 316. Penggunaan material kayu, besi cor, atau plastik berkualitas rendah sangat dilarang karena permukaan material tersebut mudah retak, berpori, dan korosif, sehingga berpotensi menjadi tempat perlekatan dan pembentukan lapisan biofilm bakteri yang sulit dihilangkan dengan sanitasi biasa (Wibowo & Utomo, 2020).

Higiene Karyawan dan Fasilitas Sanitasi

Karyawan atau operator pengolahan merupakan salah satu vektor potensial penyebaran kontaminasi non- indigenous di UPI. Oleh karena itu, setiap personil wajib mengenakan pakaian kerja khusus yang bersih, penutup rambut (*hairnet*) yang menutup seluruh bagian rambut, masker medis, serta sepatu bot karet. Karyawan dilarang keras mengenakan perhiasan, jam tangan, riasan wajah tebal, atau cat kuku saat berada di ruang proses. Sebelum memasuki area produksi, seluruh personil harus melewati fasilitas sanitasi wajib yang meliputi tempat pencucian tangan otomatis (menggunakan sensor atau pedal kaki) yang dilengkapi sabun cair antiseptik, pengering tangan, serta bak perendam kaki (foot bath) yang berisi larutan klorin berkadar 100–200 ppm untuk sterilisasi sepatu bot (Wibowo & Utomo, 2020).

13.3.2 Prosedur Operasi Standar Sanitasi (SSOP) di Industri Perikanan

Keamanan Air dan Es Proses

Air dan es merupakan komponen kritis yang bersentuhan langsung dengan seluruh permukaan produk perikanan di sepanjang lini proses. Industri pengolahan ikan wajib menjamin bahwa pasokan air yang digunakan, baik untuk pencucian bahan baku, pembuatan es, maupun sanitasi peralatan, memenuhi standar kualitas air minum sesuai regulasi yang berlaku (analisis mikrobiologis nol E. coli dan coliform per 100 ml air). Sumber air harus dimonitor secara berkala melalui pengujian laboratorium eksternal terakreditasi minimal setiap enam bulan sekali (Nowsad, 2022).

Pencegahan Kontaminasi Silang

Pencegahan kontaminasi silang diatur melalui pemisahan fisik dan fungsional yang tegas. Selain tata letak bangunan yang searah, pemisahan dilakukan pada penggunaan peralatan kerja. Meja, pisau, telenan, dan wadah plastik (keranjang) harus diberi kode warna (*color coding system*) yang membedakan peruntukannya secara spesifik. Sebagai contoh, peralatan berwarna merah digunakan khusus untuk bahan baku mentah (*raw material*), sedangkan peralatan berwarna biru atau putih digunakan eksklusif untuk produk setengah jadi atau produk akhir yang siap kemas (Nowsad, 2022).

Higiene Karyawan dan Fasilitas Sanitasi

Industri pengolahan perikanan menghasilkan limbah padat (kepala, jeroan, tulang, kulit) dan limbah cair organik berbeban tinggi yang sangat mudah membusuk dan menimbulkan bau menyengat yang menarik perhatian hama. Manajemen limbah padat mewajibkan penggunaan tempat sampah yang

dilengkapi penutup otomatis, dilapisi kantung plastik sekali pakai, dan dikosongkan secara berkala dari ruang proses (minimal setiap dua jam sekali). Limbah cair dialirkan melalui pipa tertutup langsung menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk diturunkan nilai BOD, COD, dan TSS-nya sebelum dibuang ke lingkungan (Nowsad, 2022).

13.4 Sistem Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP)

13.4.1 Prinsip-Prinsip Dasar Sistem HACCP pada Produk Perikanan

Sistem *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) adalah suatu sistem manajemen keamanan pangan yang berbasis ilmiah, preventif, dan sistematis. Sistem ini mengalihkan fokus industri pangan dari pengujian produk akhir (*end-product testing*) konvensional yang bersifat reaktif dan destruktif, menuju ke tindakan pengendalian proaktif di sepanjang rantai produksi. Pada produk perikanan, implementasi HACCP menjadi instrumen wajib karena sifat bahan baku yang sangat *perishable* dan tingginya variabilitas bahaya yang menyertainya. Landasan operasional HACCP bersandar penuh pada pemenuhan kelayakan dasar (GMP dan SSOP) yang solid; jika program prasyarat ini tidak berjalan efektif, sistem HACCP dipastikan akan gagal mendeteksi bahaya secara akurat (Wibowo & Utomo, 2020).

13.4.2 Tahapan Penyusunan Rencana HACCP (HACCP Plan)

Penyusunan rencana HACCP (HACCP Plan) di dalam Unit Pengolahan Ikan dilakukan dengan mengikuti 12 langkah logis, yang mengintegrasikan 7 prinsip utama HACCP berdasarkan standar Codex Alimentarius. Langkah awal dimulai dengan pembentukan Tim HACCP yang bersifat multidisiplin, melibatkan personil dari bagian penjaminan mutu (QA/QC), produksi, teknik/maintenance, mikrobiologi, hingga manajemen logistik. Langkah kedua adalah mendeskripsikan karakteristik produk secara detail, mencakup nama produk (misalnya: *Frozen Tuna Loin*), komposisi kimia, karakteristik fisik-kimia intrinsik (pH, aktivitas air/Aw), metode pengolahan, jenis pengemasan (misalnya *vacuum skin packaging*), kondisi penyimpanan (suhu -18°C), umur simpan, serta metode distribusi (Wibowo & Utomo, 2020).

13.4.3 Penetapan Tiktik Kendali Kritis (CCP) pada Alur Proses Pengolahan

Langkah keenam (yang juga merupakan Prinsip 1 HACCP) adalah melakukan analisis bahaya. Tim HACCP mengidentifikasi semua potensi bahaya biologis, kimia, dan fisik pada setiap tahapan proses, menilai tingkat signifikansinya berdasarkan kombinasi peluang terjadinya bahaya (*likelihood*) dan keparahan efeknya terhadap kesehatan (*severity*), serta menentukan tindakan pengendaliannya. Langkah ketujuh (Prinsip 2) adalah menetapkan Titik Kendali Kritis atau *Critical Control Point* (CCP) menggunakan alat bantu Pohon Keputusan (CCP *Decision Tree*). CCP didefinisikan sebagai suatu tahapan proses di mana tindakan pengendalian dapat diterapkan dan sangat esensial untuk mencegah, mengeliminasi, atau mereduksi bahaya

keamanan pangan hingga batas yang dapat diterima (Wibowo & Utomo, 2020).

Sebagai gambaran konkret, model matriks analisis bahaya dan penetapan CCP pada alur proses pengolahan produk tuna loin beku disajikan pada Tabel 13.1 berikut (Wibowo & Utomo, 2020):

Tabel 13. 1 Matriks Analisis Bahaya dan Penetapan CCP pada Alur Proses Frozen Tuna Loin

Tahapan Proses	Potensi Bahaya Teridentifi-kasi	Peluang / Kepara-han	Signifikan-si Bahaya	Tindakan Pengenda-lian Preventif	Apakah CCP? (Pohon Keputusan
Penerimaan Bahan Baku (Tuna Segar)	Biologis: Bakteri patogen, akumulasi Histamin. Kimia: Logam berat (Hg, Pb).	Tinggi / Tinggi Rendah / Tinggi	Signifikan Tidak Signifikan	Pengecekan suhu internal ikan (≤4°C), uji organoleptik cepat, dan analisis kadar histamin per lot. Seleksi jaminan pemasok (SOP Supplier).	Ya (CCP 1)
Penyortiran & Pemotongan (Loining)	Biologis: Pertumbuhan bakteri patogen. Fisik: Kontaminasi benda asing.	Sedang / Sedang Rendah / Rendah	Tidak Signifikan Tidak Signifikan	Pengaturan suhu ruangan (≤20°C), pembatasan waktu paparan produk (SOP Waktu). Penerapan SSOP dan higiene karyawan secara ketat.	Bukan (Dikendalikan oleh SSOP)

Tahapan Proses	Potensi Bahaya Teridentifi-kasi	Peluang / Kepara-han	Signifikan-si Bahaya	Tindakan Pengenda-lian Preventif	Apakah CCP? (Pohon Keputusan
Deteksi Logam (Metal Detecting)	Fisik: Serpihan logam dari pisau atau mesin pembeku.	Sedang / Tinggi	Signifikan	Melewati produk akhir melalui alat Metal Detector yang dikalibrasi berkala (Fe, Non-Fe, SS).	Ya (CCP 2)
Penyimpanan Beku (cold Storage)	Biologis: Pertumbuhan bakteri pembusuk (jika fluktuasi suhu ekstrim).	Rendah / Sedang	Tidak Signifikan	Pemantauan suhu ruangan secara kontinu (target stabil pada suhu ≤-18°C).	Bukan (Dikendalikan oleh GMP)

Sumber: Wibowo & Utomo 2020

Setelah CCP ditetapkan, langkah kedelapan hingga kedua belas dijalankan secara berurutan: menetapkan Batas Kritis (*Critical Limits*) yang memisahkan kondisi aman dan tidak aman (misalnya: kadar histamin maks 50 ppm, suhu ikan maks 4°C); menyusun Sistem Pemantauan (*Monitoring System*) berbasis pertanyaan 4W+1H (*What, Why, Where, Who, How*); menetapkan Tindakan Koreksi (*Corrective Actions*) jika terjadi deviasi batas kritis (misalnya: penolakan bahan baku atau penahanan produk); menetapkan Prosedur Verifikasi (*Verification Procedures*) seperti audit internal dan pengujian laboratorium independen; serta menyusun Sistem Dokumentasi dan Rekaman pencatatan yang komprehensif (Wibowo & Utomo, 2020).

13.4.4 Sistem Dokumentasi, Verifikasi, dan Rekaman HACCP

Sistem dokumentasi dan rekaman merupakan bukti legalitas hukum yang sahih bahwa sistem manajemen keamanan pangan di UPI berjalan secara konsisten dan efektif. Dokumen HACCP mencakup seluruh manual tertulis, kebijakan mutu, prosedur operasi baku (SOP), rencana HACCP, serta risalah rapat Tim HACCP. Sementara itu, lembar rekaman (*records/logsheets*) berisi data riil hasil pemantauan harian di lapangan, seperti lembar pemantauan suhu *cold storage*, hasil uji laboratorium histamin harian, lembar kalibrasi alat detektor logam, serta rekaman tindakan koreksi jika terjadi deviasi kritis. Seluruh rekaman wajib disimpan dalam jangka waktu minimal dua kali lipat umur simpan produk yang bersangkutan (Wibowo & Utomo, 2020).

13.5 Sistem Manajemen Keamanan Pangan Modern dan Ketertelusuran (*Traceability*)

13.5.1 Konsep dan Implementasi Ketertelusuran (*Traceability*) dari Hulu ke Hilir

Ketertelusuran (*traceability*) didefinisikan sebagai kemampuan untuk menelusuri riwayat, aplikasi, atau lokasi suatu produk melalui tahapan produksi, pengolahan, dan distribusi yang terdokumentasi secara kronologis. Dalam industri perikanan, sistem ketertelusuran wajib mencakup konsep *one step back, one step forward*. Artinya, UPI harus mampu mengidentifikasi secara pasti asal-usul bahan baku dari kapal penangkap atau tambak budidaya tertentu (satu langkah ke belakang) serta mengidentifikasi ke distributor atau ritel mana produk akhir tersebut dikirimkan (satu langkah ke depan) (Nowsad, 2022).

13.5.2 Penetapan Tiktik Kendali Kritis (CCP) pada Alur Proses Pengolahan

Sistem ketertelusuran berbasis kertas (*paper-based traceability*) konvensional memiliki kelemahan struktural berupa risiko human error, manipulasi data, serta lambatnya proses pencarian informasi (membutuhkan waktu berjam-jam hingga berhari-hari). Guna mengatasi keterbatasan tersebut, industri perikanan modern bertransformasi menuju digitalisasi ketertelusuran menggunakan teknologi penanda otomatis dan komputasi awan. Teknologi Barcode dua dimensi (seperti *Quick Response* / QR *Code*) kini ditempelkan pada kemasan ritel, memungkinkan konsumen melacak asal-usul ikan secara instan menggunakan ponsel pintar mereka (Zhang & Bhattacharya, 2024).

13.6 Regulasi, Sertifikasi, dan Kebijakan Mutu Perikanan

13.6.1 Regulasi Nasional (KKP, BPOM, dan SNI Hasil Perikanan)

Tata kelola jaminan mutu dan keamanan pangan perikanan di wilayah kedaulatan Republik Indonesia diatur secara ketat melalui regulasi multisektoral yang sinergis. Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) bertindak sebagai otoritas kompeten hulu (*competent authority*) yang mengendalikan mutu pada sektor penangkapan, budidaya, pendaratan ikan, hingga penerbitan sertifikat kelayakan pengolahan pada industri. Sementara itu, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) bertindak sebagai otoritas hilir yang mengawasi peredaran produk perikanan olahan di pasar domestik, menetapkan ambang batas maksimum

cemaran mikroba, logam berat, dan BTP (Bahan Tambahan Pangan) melalui Peraturan BPOM No. 20 Tahun 2023 tentang Standar Keamanan Pangan Olahan (BPOM, 2023).

Badan Standardisasi Nasional (BSN) bertugas merumuskan Standar Nasional Indonesia (SNI) sebagai acuan spesifikasi mutu teknis komoditas perikanan. SNI produk perikanan mencakup parameter organoleptik, mikrobiologi, dan kimia yang wajib dipenuhi oleh pelaku usaha. Beberapa SNI produk perikanan yang diperbarui dalam lima tahun terakhir untuk menyesuaikan dengan perkembangan teknologi dan standar global disajikan pada Tabel 13.2 berikut:

Tabel 13. 2 Ragam Standar Nasional Indonesia (SNI) Produk Perikanan Utama Terkini

Nomor SNI	Judul Standar Komoditas	Paramater Kritis yang Diatur
SNI 2710:2021	Ikan Segar	Nilai organoleptik minimal 7 (skala 1-9); TPC ≤ 5 x 10&sup5; CFU/g; Histamin ≤ 100 mg/kg (untuk scombroid); Logam berat Hg ≤ 0,5 mg/kg.
SNI 4110:2020	Ikan Beku	Suhu pusat ikan maksimal -18°C; TPC ≤ 5 x 10&sup5; CFU/g; Salmonella negatif/ 25g; kadar es pelapis (glazing) sesuai deklarasi label produk.
SNI 2713:2023	Udang Beku	Bentuk kenampakan (utuh, tanpa kepala, kupas); kadar cemaran logam berat

Nomor SNI	Judul Standar Komoditas	Paramater Kritis yang Diatur
		Kadmium (Cd) ≤ 0,5 mg/kg; residu antibiotik kloramfenikol wajib tidak terdeteksi.
SNI 8223:2022	Produk Surimi	Kadar air maksimal 80%; kekuatan gel (gel strength) minimal sesuai grade; cemaran mikroba patogen Listeria monocytogenes wajib negatif.

Sumber: Standar Nasional Indonesia, 2020, 2021, 2023

13.6.2 Sertifikasi Kelayakan Pengolahan (SKP) dan Sertfikat HACCP

Setiap Unit Pengolahan Ikan (UPI) yang beroperasi di Indonesia diwajibkan secara hukum (*mandatory*) memiliki Sertifikat Kelayakan Pengolahan (SKP) atau yang kini disebut sebagai Sertifikat Cara Pengolahan Ikan yang Baik (CPIB). SKP diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan KKP setelah UPI dinyatakan lulus audit kelayakan dasar (GMP dan SSOP) oleh tim auditor mutu internal pemerintah. SKP merupakan prasyarat mutlak yang harus dimiliki oleh UPI sebelum mengajukan permohonan sertifikasi yang lebih tinggi, yaitu Sertifikat HACCP (Program Manajemen Mutu Terpadu) (KKP, 2021).

13.6.3 Standar dan Regulasi Pasar Ekspor Utama (Uni Eropa, AS/USFDA, Jepang)

Pasar ekspor produk perikanan global menerapkan hambatan teknis perdagangan (*Technical Barriers to Trade*) yang sangat dinamis melalui penerapan standar sanitasi dan fitosanitasi (SPS) yang ketat. Uni Eropa (UE) dikenal memiliki regulasi paling rigit di dunia melalui konsep kebijakan jaminan pangan terpadu from farm to fork. UE mensyaratkan prinsip ketertelusuran penuh, pelarangan ketat terhadap penggunaan bahan kimia antibiotik jenis apapun pada akuakultur, penetapan ambang batas kontaminan kimia yang sangat rendah, serta mewajibkan otoritas kompeten negara pengekspor masuk ke dalam daftar negara yang disetujui (*approved countries list*) (UFSDA, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

Atma, Y. 2021. *Prinsip Analisis Komposisi Kimia dan Mutu Pangan*. Jakarta: Penerbit Kencana.

BPOM. 2023. *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 20 Tahun 2023 tentang Standar Kemanan Pangan Olahan*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan republik Indonesia.

British Retail Consortium (BRCGS). 2022. *Global Standard Food Saftey (Issue 9)*. London: BRCGS Food Safety Publishing.

Codex Alimentarius Commission. 2020. *Code of Practice for Fish and Fishery Product (Almended 2020)*. Rome: FAO/WHO.

Huss, H.H., Jakobsen, M., & Liston, J. 2021. *Quality and Quality Changes in Fresh Fish*. FAO Fisheries Technical Paper, No. 348. Rome: FAO.

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). 2021. *Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 52/KEPMEN-KP/2021 tentang Persyarata Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan pada Proses Produksi, Pengolahan, dan Distribusi*. Jakarta: KKP RI.

Nowsad, A.K. 2022. *Post-Harvest handling, Processing, and Quality Management of Fish*. Dhaka: Bangladesh Agricultural University.

Regenstein, J.M., Zhou, P., & Blau, S.E. 2023. *Food Safety Hazards in Fisheries: Biological, Chemical, and Physical Risks*. Journal of Aquatic Food Product Technology, 32(4), 312-329.

Sari, N.I., & Nurhayati, T. 2022. *Teknologi Penanganan Pasca Panen Hasil Perikanan*. Bogor: IPB Press.

Standar Nasional Indonesia. 2020. *SNI 4110:2020 Ikan Beku*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2021. *SNI 2710:2021 Ikan Segar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2023. *SNI 2713:2023 Udang Beku*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

UFSDA. 2021. *Fish and Fishery products Hazards and Controls Guidance (4th Edition)*. Florida: Department of Health and Human Services, Food, and Drug Administration.

Viscano, G., Schrone, M., & Paparella, A. 2020. *An overview of histamine and other biogenic amines in fish and shellfish*. Foods, 9(12), 1795.

Wibowo, S., & Utomo, B.S.B. 2020. *Manajemen Mutu Terpadu Hasil Perikanan*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Zhang, J., & Bhattacharya, S. 2024. *Blockchain technology for seafood traceability: A comprehensive review of current status and future trends*. Trends in Food Science & Technology, 143, 104-118.

BAB 14

PENGEMBANGAN USAHA DAN PENGOLAHAN LIMBAH PERIKANAN

Oleh Ngani Alwirya Musi

Perikanan dalam arti luas merupakan berbagai kegiatan dari mulai hulu hingga hilir. Beberapa kegiatan perikanan diantaranya perikanan tangkap, perikanan budidaya, manajemen sumberdaya perairan, pengoalahan hasil perikanan, dan sosial ekonomi perikanan. Semua kegiatan tersebut terintegrasi saling berkaitan dalam mendukung dan memenuhi kebutuhan akan protein non daging merah. Pada sektor perikanan, produksi ikan segar tidak hanya bertumpu pada perikanan tangkap tetapi juga pada perikanan budidaya terlebih pada daerah yang berada di dataran tinggi. Kegiatan perikanan tangkap bukan hanya di terdapat di daerah pesisir atau laut tetapi juga di sungai-sungai besar juga. Biasanya ikan-ikan ini adalah ikan air tawar seperti ikan gabus, ikan lele, ikan baung, ikan nila, ikan mujair, dan lain sebagainya.

14.1 Pengembangan Usaha Perikanan

Indonesia mempunyai potensi sumber daya alam perikanan yang sangat besar baik pada perikanan tangkap maupun perikanan budidaya. Potensi pada perikanan budidaya lahan yang digunakan secara keseluruhan dalam

skala nasional sebesar 17,92 juta ha yang terbagi menjadi budidaya air tawar seluas 2,83 juta ha, budidaya air payau 2.96 juta ha, dan laut seluas 12,12 juta ha (Mujtahidah *et al.*, 2023). Dalam pengembangan usaha perikanan terlebih dahulu nelayan atau pembudidaya ikan harus memahami karakteristik perairan dan menetapkan tujuan. Pada pengembangan usaha perikanan tangkap, agar mampu bersaing dan memproleh hasil tangkapan yang optimal, nelayan harus mampu membuat inovasi teknologi alat penangkapan, mampu mengadopsi teknologi alat penangkapan ikan dan jenis kapal yang digunakan. Jenis alat penangkapan ikan yang digunakan juga harus sesuai dengan tujuan ikan yang akan di buru oleh nelayan. Apabila nelayan ingin memproleh ikan dalam jumlah yang banyak maka nelayan dapat berlayar jauh dari pinggir pantai dan jaring yang digunakan juga memenuhi syarat, misalanya menggunakan jaring insang tetap, jaring insang hanyut, dan lain sebagainya.

Pengembangan usaha perikanan budidaya hal utama yang harus diketahui dan menjadi modal utama adalah membuat studi kelayakan usaha. Banyak metode dan tools yang bia digunakan dalam analisis usaha, contoh sedehananya menggunakan metode SWOT. Metode ini mampu membuat gambaran terkait usaha yang akan kita jalankan baik dari aspek internal dan aspek eksternal. Ruang lingkup perikanan budidaya terdapat tiga yakni budidaya perikanan laut, perikanan air tawar dan budidaya perikanan air payau. Pada budidaya perikanan air payau hal yang harus diperhatikan pembudidaya adalah salinitas yang terkandung dalam air, pH air, *dissolved oxygen*, kecerahan air, dan kandungan amoniak dan nitrit yang terdapat dalam kolam atau tambak tempat pembudidayaan ikan.

14.1.1 Usaha Perikanan Tangkap

Perikanan tangkap merupakan kegiatan menangkap ikan di alam liar, seperti laut, danau, sungai dan badan air lainnya. Perikanan tangkap merupakan industri yang cukup penting di Indonesia, baik dari segi ekonomi maupun skala industri. Banyak dari masyarakat yang nelayan yang menggantungkan hidupnya dari hasil tangkapan di laut. Sisi lain mulai banyak industri perikanan yang menangkap ikan di laut dalam skala besar untuk dapat di ekspor ke berbagai negara. Pada dasarnya perikanan tangkap memiliki tujuan yaitu untuk dapat meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat nelayan atau nelayan tradisional sehingga ada kewajiban bagi mereka untuk tetap menjaga kelestasrian lingkungan dan sumber daya alam. Jumlah nelayan perikanan tangkap di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Dalam rentang waktu 2010 hingga 2021, tercatat adanya peningkatan signifikan sebesar 11%. Pada tahun 2024, populasi nelayan perikanan tangkap terdiri atas 2,8 juta nelayan laut dan 408 ribu nelayan perairan darat. Daerah dengan distribusi nelayan terbesar adalah Sulawesi Tengah, yang menyumbang angka sebanyak 146.505 nelayan (Portal Data KKPRI, 2025) .

Pentingnya menjaga lingkungan ekosistem laut yang merupakan tempat mata pencaharian bagi masyarakat nelayan (pesisir). Oleh sebab itu, penting juga masyarakat nelayan mengenal manfaat ekologi bagi keberlangsungan hasil tangapan ikan mereka. Berbagai upaya pelestarian lingkungan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Menjaga kebersihan pantai dan laut dengan cara tidak membuang sampah di aliran sungai yang menuju anak laut.

b. Tidak merusak termbu karang sebagai habitat biota laut. Apabila terumbu karang rusak maka akan banyak binatang laut yang kehilangan habitatnya sehingga perlu dilestarikan dengan cara menjaga dan transplanati terumbu karang.
c. Tidak menggunakan bom ikan, racun, dan pukat harimau dalam menangkap ikan. Alat penangkap ikan telah di atur dalam peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2023 pada bab 3 tentang Alat Penangkapan Ikan yang terdiri menjadi sepuluh (10) kelompok, yakni: 1) jaring lingkar, 2) jaring tarik, 3) jaring hela, 4) penggaruk, 5) jaring angkat, 6) alat yang dijatuhkan atau ditebarkan, 7) jaring insang, 8)perangkap (bubu), 9) pancing, dan, 10) API lainnya seperti tombak, ladung, piket, dan seser (KKPRI, 2023).
d. Tidak melakukan pemburuan liar
e. Mengurangi pencemaran tanah, air dan udara
f. Penanaman bakau atau mangrove di pesisir pantai untuk melindungi dari abrasi pantai.
g. Tidak menangkap ikan-ikan yang berukuran kecil dan sedang bertelur, hal ini untuk berkembangbiak lebih banyak lagi.

Sebagai masyarakat nelayan yang mengantungkan hidupnya dari hasil tangkapan ikan di laut, nelayan tidak hanya berpaku pada satu cara tradisional. Untuk memaksimalkan hasil tangkapan ikan nelayan dapat membuat inovasi teknologi yang dapat digunakan dalam menangkap ikan. Contohnya adalah alat GPS atau alat yang mampu mendetekni keberadaan ikan. Selain menghemat waktu hal ini juga dapat menghemat biaya bahan bakar kapal yang digunakan nelayan. Selaian teknologi penangkapa ikan, masyarakat nelayan juga dapat melakukan hirilisasi (pengolahan hasil perikanan). Nelayan tidka hanya menjual ikan segar, namun juga mampu mengolah ikan menjadi ikan asap, ikan asin,

pengalengn ikan, filet, ikan frozen, dan olahan lainnya seperti abon ikan, serta bagian-bagian ikan menjadi produk makanan sehat, cemilan, dan lain sebagainya.

Selain hirilisasi produk perikanan, strategi yang dapat digunakan untuk mengembangkan usaha perikanan tangkap adalah strategi pemasaran atau membuat kerjasama dengan beberapa industri perikanan, sehingga hasil tanggap tidak selalu berakhir ke pengadah yang membeli dengan harga minimum. Strategi pemasaran yang dapat dilakukan adalah dengan menjualnya di platform niaga elektronik (e-*commerce*) untuk memastikan harga ikan yang stabil dan transparan. Strategi pemasaran pada industri perikanan atau rumah makan perikanan juga mampu menguntungkan kedua belah pihak, dimana ikan hasil tangkapan nelayan dapat dibeli dengan harga tinggi dan pihak industri atau restoran memproleh produk ikan segar dari hasil tangkapan nelayan.

14.1.2 Usaha Perikanan Budidaya

Perikanan budidaya merupakan salah satu faktor yang sangat strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi nasional. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan protein hewani di masyarakat, serta dukungan pemerintah dalam gerakan "ayo makan ikan", pengembangan budidaya ikan dan komoditas perairan lainnya menjadi solusi yang sangat relevan dan mendesak. Pemanfaatan sumber daya perairan dapat dioptimalkan melalui sektor budidaya guna mengurangi tingkat ketergantungan terhadap eksploitasi alam liar. Pendekatan ini menjadi alternatif penting saat produksi perikanan tangkap terus merosot akibat praktik *overfishing* dan kendala klimatologis di perairan laut. (Amien, 2026).

Dalam lima tahun terakhir, produksi perikanan budidaya nasional terus menunjukkan pertumbuhan yang konsisten. Kendati demikian, percepatan masih dibutuhkan agar target produktivitas yang lebih tinggi dapat tercapai secara maksimal. (KKPRI, 2025). Aquakultur adalah budidaya terkontrol organisme air seperti ikan, moluska, ganggang dan organisme lain yang bernilai ekonomis. Akuakultur dapat berlangsung di lingkungan air tawar, air payau, dan laut dan mencakup semua kegiatan yang berkaitan dengan produksi, pengolahan hasil perikanan dan pemasaran organisme akuatik lainnya. Tujuan utama akuakultur adalan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi perikanan budidaya dengan menggunakan sumber daya lahan dan air. Tujuan lain dari budidaya perikanan ini adalah untuk mensejahterakan kehidupan masyarakat nelayan di sektiar lokasi tempat budidaya perikanan. Hal ini yang terdata pada (KKPRI, 2025)menyatakan bahwa peningkatan pendapatan nelayan pembudidaya ikan dipengaruhi oleh fluktuasi harga ikan di pasar, realisasi pendapatan yang diperoleh pada tahun 2024 sekitar Rp.5.130.000,-. Hal ini tentu di atas rata-rata dari upah minimum daerah, apalagi di daerah pesisir bisanya upah minimun di bawah dari Rp. 5.000.000,-. Beberapa kawasan yang dapat dikembangkan untuk akuakultur yaitu danau, bekas tambang, waduk, kolam permanan, kolam terpal, muara sungai dan kawasan laut (Salim *et al.*, 2024).

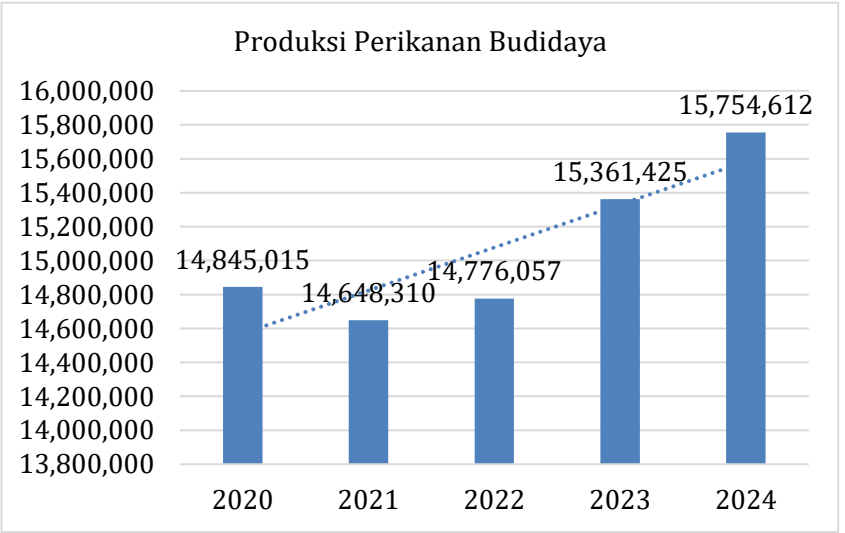
Menurut (KKPRI, 2025) Merujuk pada data terverifikasi kurun waktu 2020–2024, volume produksi sektor perikanan budidaya mencatatkan capaian sebagai berikut:

Tabel 14. 1 Capaian Volume Produksi Perikanan Budidaya Tahun 2020-2024

Komoditas	2020	2021	2022	2023	2024
Udang	881.599	953.177	918.550	941.646	958.463
Rumput laut	9.618.421	9.092.031	9.234.268	9.753.410	9.853.604
Bandeng	811.883	780.763	779.706	772.709	792.864
Kerapu	9.478	13.422	12.240	11.352	16.063
Kakap	5.418	8.464	8.642	7.746	10.563
Ikan mas	560.669	651.238	508.724	483.365	524.781
Nila	1.172.633	1.300.529	1.356.654	1.368.542	1.563.327
Lele	993.768	1.041.422	1.101.625	1.136.619	1.158.418
Patin	327.146	332.023	340.444	348.379	383.209
Gurame	152.669	149.170	159.572	153.939	161.402
Ikan lainnya	311.331	388.816	355.632	383.717	331 918
Total Jumlah	14.845.015	14.648.310	14.776.057	15.361.425	15.754.612

Sumber: (KKPRI, 2025)

Rata-rata pertumbuhan produksi perikanan budi daya selama periode tahun 2020–2024 tercapai sebesar 1,52% per tahun. Peningkatan Produksi ini menunjukkan tren peningkatan yang positif, hal ini sejalan dengan tujuan pelaksanaan berbagai program yang telah dilaksanakan pada 2020 - 2024. Kontribusi terbesar perikanan budi daya berasal dari komoditas rumput laut. Produksi perikanan budi daya Tahun 2024 jika dibandingkan dengan Tahun 2023 mengalami peningkatan terutama karena peningkatan produksi rumput laut yang didorong dengan semakin meluasnya penggunaan bibit rumput laut hasil kultur jaringan.



Gambar 14. 1 Pertumbuhan Produksi Perikanan Budidaya

Sumber data: (KKPRI, 2025).

Strategi pengembangan usaha perikanan budidaya terdapat beberapa aspek yang harus di perhatikan dan menjadi bahan pertimbangan sebelum menjalankan dan sedang menjalankan usaha perikanan budidaya. Aspek-aspek tersebut adalah aspek teknis, aspek pemasaran, aspek manajerial, dan aspek finalisasi.

- Aspek teknis budidaya perikanan budidaya merupakan aspek yang berkenaan dengan teknik budidaya dan opersionalnya. Tujuan aspek teknis adalah untuk mengetahui, memahami dan mengevaluasi produk yang dihasilkan. Aspek teknis juga berkaitan dengan pemilihan lokasi usaha, penggunaan alat teknologi yang digunakan, pemilihan komoditi dan bahan baku. Aspek teknis yang perlu diteliti adalah mulai dari sarana dan

prasarana budidaya, penerimaan bahan baku (benih, pakan), pengelolaan budidaya dari pembenihan, pemelihataan panen dan pasca panen, serta pemasaran.

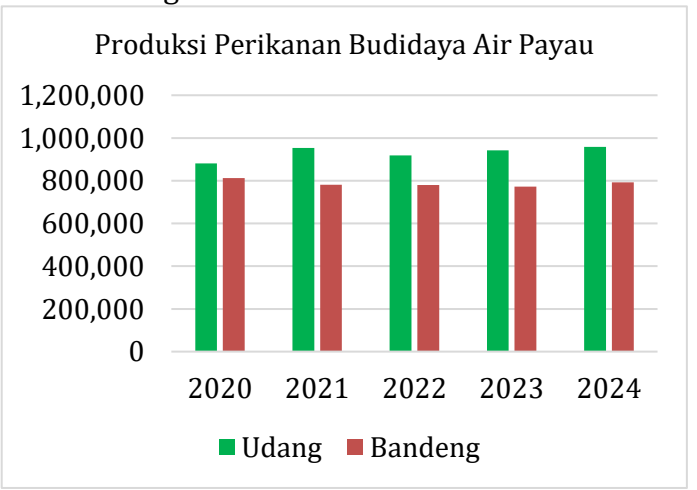
- Aspek pemasaran dalam budidaya perikanan adalah proses transaksi jual beli produsen dengan konsumen. Pemasaran biasanya berkaitan dengan permintaan dan penawaran. Hal ini yang sering menjadi fluktuasi harga tajam. Melalui penyusunan strategi pemasaran yang tepat maka keuntungan yang diperoleh akan jauh lebih baik.
- Aspek manajemen, merupakan kegiatan yang berkaitan dengan pencapaian tujuan usaha melalui rangkaian kegiatan seperti perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian orang-orang.
- Aspek finannsill, memiliki peran penting dlam pengambilan keputusan terutama dalam hal permodalan, pengembanan usaha dan lainnya.

1) Budidaya Perikanan Air Payau

Budidaya perikanan air payau merupakan sistem akuakultur yang dilakukan di perairan dengan tingkat sanitasi sedang. Bisaya budidaya perikanan air payau berada di kawasan pesisir. Budidaya perikanan air payau banyak di lakukan di pantai Jawa bagian Utara, Pesisir Aceh bagian Timut, Riau, Sumatera Utara dan Sumatera Selatan. Sistem dengan teknik budidaya air payau banyak diterapkan dengan komodits bernilai tinggi seperti udang dan bandeng. Dengan manajemen sistem sirkulasi air, pemberian pakan serta pengelolaan sedimen dan kualitas lingkungan secara terencana. Karakteristik lingkungan air payau yang dipengaruhi oleh pasang surut, curah hujan, dan intrusi air laut menyebabkan fluktuasi kondisi kondisi lingkungan yang relatif tinggi, sehingga

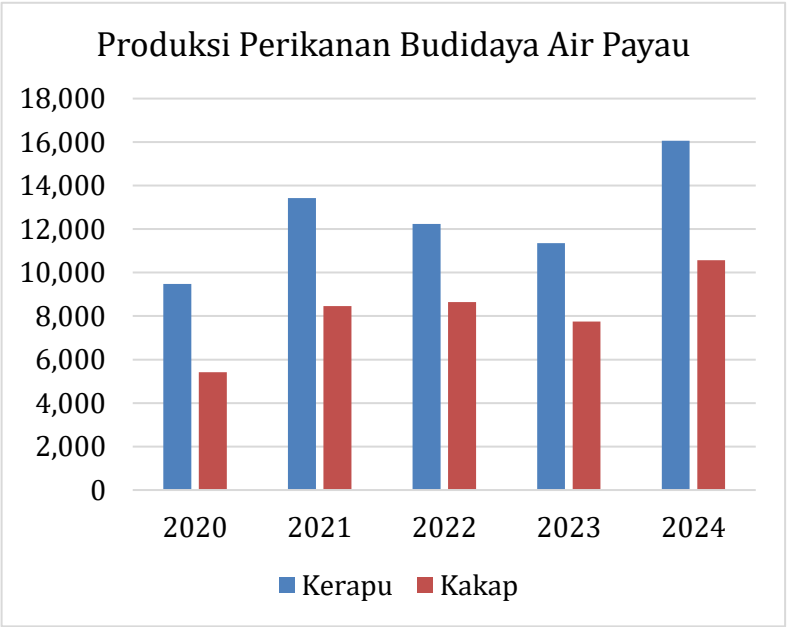
sistem budidaya perikanan air payau memerlukan tingkat intervensi pembudidaya yang lebih intensif dibandingan dengan budidaya air tawar.

Air payau merupakan campuran antara air tawar dengan air laut.



Gambar 14. 2 Produksi Budidaya Ikan Air Payau

Berdasarkan gambar 14.2. Komoditi air payau dengan produktivitas paling tinggi adalah udang, setiap tahunnya mengalami peningkatan hingga mencapai 1juta ton pertahun. Sedangkan untuk ikan bandeng berada di posisi kedua dengan produktivitas mencapai 800.000 ton. Selaian kedua komoditi tersebut, terdapat juga produksi ikan budidaya air payau yang juga sangat dimintai oleh kalangan masyarakat sehingga sangat penting untuk dikembangbiakkan dan dibudidayakan dengan kondisi lingkungan yang sesuai dengan jenis ikan, yakni ikan kerapu dan ikan kakap merah (pada gambar 14.3).



Gambar 14. 3 Produksi Ikan Kakap dan Kerapu Tahun 2020-2024

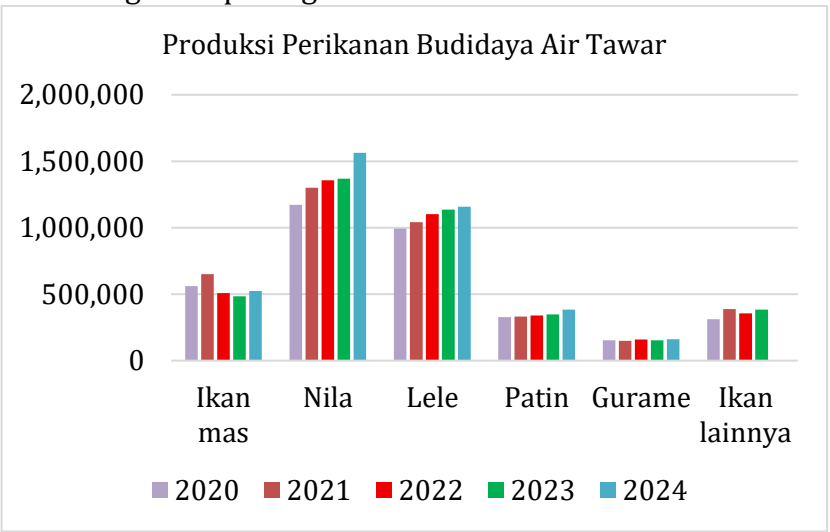
2) Budidaya Perikanan Air Tawar

Budidaya air tawar di Indonesia terus menunjukkan pertumbuhan yang signifikan, seiring dengan upaya peningkatan efisiensi dan keberlanjutan dalam sektor perikanan. Realisasi volume produksi perikanan budidaya air tawar pada triwulan II tahun 2025 mencatatkan angka 1.989.596 ton (97,06% dari target sebesar 2.042.835 ton), yang didukung oleh komoditas unggulan seperti nila, lele, gurame, dan patin. Kendala dalam pencapaian target ini berakar dari pengurangan luasan lahan produktif di Perairan Umum Daratan (PUD), terutama akibat regulasi pembatasan budidaya jaring apung di kawasan waduk maupun danau. (KKPRI, 2025a).

Budidaya air tawar merupakan salah satu sistem dalam akuakultur yang didefinisikan sebagai kegiatan pemeliharaan beberapa makhluk air dengan tingkat salinitas rendah seperti sungai, danau alami, danau buatan, waduk, serta kolam baik permanen maupun kolam terpal. Sistem ini umumnya diterapkan untuk membudidayakan ikan lele, ikan nila, ikan mas, ikan patin, belut dan lainnya. Kondisi air yang digunakan dalam budidaya ikan air tawar harus terkontrol dan intensif. Penerapan teknologi dalam budidaya ikan air tawar tergolong fleksibel, mencakup spektrum dari sistem konvensional hingga berbasis inovasi mutakhir. Subsektor ini juga memberikan kontribusi signifikan terhadap pemenuhan ketahanan pangan nasional, khususnya bagi daerah non-pesisir (Farid and Desliana, 2026).

Budidaya ikan air tawar sangat memerlukan pemahaman konsep dasar teknis budidaya. Konsep teknis budidaya meliputi beberapa hal, di antaranya: kualitas air baik secara fisika, kimia dan biologi. Dalam budidaya air tawar, perlu untuk diperhatikan hal teknis tersebut sebagai teori dasar yang meliputi tentang kualitas air dan cara pengelolaannya (Mujtahidah *et al.*, 2023). Kualitas air punya peran penting dalam bidang budidaya perikanan air tawar, sebab seluruh aktivitas dan siklus hidup organisme budidaya (kultivan) berlangsung. Salah satu faktor terbesar ikan mudah terserang penyakit adalah faktor kualitas air. Selain kualitas air, kondisi lain seperti suhu, kecerahan, pH dan PPM air juga harus diperhatikan guna menunjang bertumbuhan dan peningkatan produktivitas ikan budidaya.

Peningkatan produksi pada tabel.1 menjelaskan bahwa produksi ikan nila setiap tahunnya berasa di posisi kedua, dilanjutkan dengan ikan lele. Diketahui bahwa kedua jenis ikan ini banyak dimintai dan dikonsumsi oleh masyarakat luas. Selain masyarakat kebutuhan untuk rumah makan dan industri skala UMKM mengalami peningkatan.



Gambar 14. 4 Produksi Perikanan Budidaya Air Tawar

Bapat dilihat dari grafik pertumbuhan produksi perikanan budidaya air tawar yang terus mengalami peningkatan setiap tahun. Komoditi ikan nila menduduki posisi pertama dengan jumlah produksi sebesar 1.600.000 juta ton ikan pertahun.

3) Budidaya Laut Keramba jaring Apung

Sistem budidaya perikanan pada laut (marikultur) memanfaatkan ruang perairan terbuka yang luas yang berpotensi produksi yang masif namun dengan risiko operasional yang lebih tinggi. Metode yang umumnya digunakan pada

budidaya perikanan laut adalah keramba jaring apung (KJA), metode rawai (*long-line*) untuk budidaya rumput laut dan sea ranching. Komoditas unggulan pada sekor budidaya perikanan laut mencakup beberapa spesies siantanya ikan kerapu, ikan kakap, lobster, dan jenis rumput laut. Tingkat keberhasilan pada budidaya perikanan laut menitikberatkan pada pemilihan lokasi yang tepat, ketersediaan pakan, manjemen pemasaran, dan teknologi yang digunakan dalam budidaya. Hal lain yang juga sangat krusial adalah teknologi pembenihan ikan yang mendukung ketersediaan benih secara berkelanjutan, sehingga nelayan tidak bergantung pada ketersediaan benih yang ada di luar budidaya Riyadi F.M & HarlianiD.O (2026). Teknis budidaya yang

14.2 Pengolahan Limbah Perikanan

Produktivitas dari proses pengoalahan tidak terlepas dari melimpahnya limbah hasil perikanan yang perlu menjadi perhatian. Sebanyak 20-40% limbah perikanan belum termanfaatkan secara optimal (Sahar *et al.*, 2024) .Limbah perikanan merupakan salah satu masalah yang signifikan dalam industri perikanan yang seringkali di abaikan. Setiap tahunnya, jutaan ton limbah dihasilkan dari proses penangkapan, pengolahan, dan distribusi produk perikanan. Limbah perikanan terdiri dari limbah cair dan limbah padat. Limbah cair berupa darah, lendir, dan lemak, sedangkan limbah padat berupa limbah sisa-sisa ikan yang tidak lulus sortir dan bagian lain yang tidak terpakai, seperti tulang, kulit ikan, dan bagian organ internal ikan. Dalam banyak kasus, limbah tersebut akhirnya berakhir di tempat pembuangan sampah tanpa adanya penanganan lebih lanjut dan mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan dan

kesehatan masyarakat. Biasanya masyarakat yang berdampak adalah daerah pesisir atau oinggir pesisis aliran sungai (Sahar *et al.*, 2024). Seiring dengan banyak dan meningkatnya jumlah hasil tangkapan dan budidaya ikan maka semakin berpotensi besar dalam menghasilkan limbah.

Limbah perikanan mengandung berbagai nutrisi penting termasuk protein, mineral, vitam, serta sebagai produk minyak esensial. Pemanfaatannya yang tepat akan memberikan dampak yang baik bagi pertumbuhan ikan dan ternak yang dibudidayakan oleh pembudidaya (Nafsiyah *et al.*, 2025). Limbah perikanan dapat menjadi peluang produk olahan sampingan dalam sektor perikanan apabila dikelola dengan baik. Berbagai macam produk baru dapat tercipta dengan dari limbah perikanan diantaranya kolagen, gelatin, dan minyak ikan. Sedangkan produk olahan berupa makanan yang bahan bakunya dari limbah perikanan adalah kerupuk rambak dari kulit ikan, kerupuk ikan (biasanya dari bagian tulang ikan yang telah dilunakkan), makanan kucing, dan lain sebagainya.

seiring dengan meningkatnya kesadaran dan pengetahuan serta teknologi, fasilitas, seni dan budaya semakin menginovasi masyarakat untuk memanfaatkan limbah industri perikanan menjadi berga,m produk, baik bagi kebutuhan manusia (pangan dan nonpangan) , pertanian, maupun hewan ternak.

14.2.1 Pengolahan Limbah Padat

Bagian ikan yang dikatakan sebagai limbah padat adalah baigan kepala, kulit, sirip dan jeroan yang dapat diubah menjadi berbagai produk olahan bernilai gizi dan ekonomis. Olahan limbah padat perikanan berupa bahan baku pakan ternak, pupuk dan kompos, bahan baku industri, dan makanan olahan. Sementara limbah perikanan dari cangkang udang, kepiting, ranjungan

ataupun lobster dapat diolah menjadi kitin dan kitosan sebagai pengaw*et al*ami pangan (bahan anti mikroba) serta pelabis buah dan sayur (Sahubawa, Puspita and Press, 2021).

a. Pakan ternak
    1) Tepung ikan

        Tepung ikan merupakan produk yang dihasilkan dari pengolahan ikan baik ikan utuh ataupun limbah ikan yang sudah tidak dapat dimanfaatkan oleh manusia. Industri pengolahan ikan biasanya menghasilkan limbah berupa kepala, tulang, kulit serta jeroan ikan dalam jumlah besar (Sumiana *et al.*, 2026). Tepung tulang ikan mengandung komponen zat-zat gizi yang dapat memperkaya nutrisi dan hewan-hewan peliharaan seperi unggas, dan hewan ruminansia. Tepung ikan selain menjadi sumber protein hewani, juga mengandung mineral yang dibutuhkan untuk melengkapi komposisi pakan ternak. Tepung ikan dibedakan atas kandungan protein didalamnya dan dari proses pengolahannya yakni *fish powder* dan *fish meal. Fish meal* berupa tepung ikan kasar yang diperuntukkan sebagai pakan ternak, sedangkan *fish powder* berupa tepung ikan yang dioalh untuk di konsumsi manusia. (Marie Najoan, 2019).

Gambar 14. 5 Skema Pembuatan Tepung Ikan

Sumber : (Marie Najoan, 2019)

Kandungan gizi yang terdapat pada tepung tulang ikan : kadar air 3,6%, Abu 33.1%, protein 34,2%, lemak 5,6%, kalsium 11,9%, dan fosfor 11,6%.

2) Pakan ternak

Pakan merupakan makanan yang diberikan pada hewan atau ternak peliharaan. Hewan peliharaan membutuhkan pakan tambahan yang berbeda komposisinya disesuaikan dengan jenis hewan, dan usia hewan. Pakan merupakan sumber makanan energi dan materi penting bagi pertumbuhan dan keberlangsungan hidup hewan peliharaan. Pakan yang diberikan pada ternak wajib bermutu dan berkualitas. Pakan yang berkualitas adalah pakan yang mengandung protein, lemak, karbohidrat, mineral dan bitamin seimbang, kualitas pakan akan menentukan kualitas hewan ternak juga (Marie Najoan, 2019). Salah satu pakan yang dapat diberikan oleh hewan ternak adalah pakan buatan yang diolah dari bahan baku limbah perikanan yang nilai ekonominya rendah

namun masih mengandung nilai gizi yang cukup tinggi.

3) Pupuk kompos

Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang sudah sejak lama. Kompoa merupakan bahan-bahan organik yang sudah mengalami proses pembusukan dan pelapukan karena terjadi interaski antara mikroorganisme atau bakteri pembusuk (EM4) yang bekerja dalam bahan organik tersebut. Salah satu kegunaan kompos adalah untuk meningkatkan daya ikat tanahterhadap air sehingga dapat menyimpan air lebih tahan lama. Ketersediaan air dalam tanah dapat menegah lapian kekeringan pada tanah. Keuntungan kompos untuk dunia pertanian bukan hanya untuk saat ini saja, tetapi juga untuk jangla panjang. Salah satu bahan yang bisa dijadikan sebagai bahan baku kompos adalah limbah pada dari pengolahan perikanan. Limbah-limbah perikanan tersebut umumnya memiliki kandungan unsur hara yang bervariasi dan kompleks seperti Ca, N, P, Kjuga dilengkapai unsur-unsur beberapa vitamin, sehingga sangat potensial dijadikan pupuk (Asnawati *et al.*, 2024).

b. Bahan baku industri dan pengoalahan makanan

Produk-produk yang dapat dioleh dari limbah hasil perikanan sangat beraneka ragam antara lain: tepung ikan, konsentrat protein ikan, isolat protein ikan, petis (udang/ikan), saus tiram, ebi (udang kering), bakasang, kerupuk kulit ikan, silase, kulit (bahan baku tas, dompet, cepatu, dan lain-lain), kecap ikan, terasi (ikan/udang), bakso tetelan, minyak ikan, bumbu bubuk, pakan (ikan dan ternak), ingredien, flavor, hidrolisat protein ikan,

enzim, surimi, kolagen dan gelatin, dan lain-lain sebagainya (Marie Najoan, 2019).

Salah satu sumber bahan baku industry dan pengolahan makanan dari pengolahan limbah perikanan adalah chitin dan chitosan. Chitin merupakan polisakarida yang mempunyai komponen utama dari cangkang crustace, sedangkan chitosan adalah turunan dari chitin yang diperolah melalui proses deasetilasi. Citosan dapat digunakan dalam pembuatan suplemen makanan yang dapat meningkatkan kesehatan jantung, dan menurunkan kadar kolestrol. Selain itu juga digunakan dalam industri farmasi dalam meracik obat yang lebih aman dan efektif. Chitin juga banyak digunakan dalam industri makanan sebagai pengaw*et al*ami (Saleh *et al.*, 2025).

14.2.2 Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair perikanan adalah limbah yang dihasilkan dari sisa-sisa ikan yang meliputi darah, lendir, air cucian ikan dan air rebusan ikan. Produksi pengoalah ikan skala rumah tangga tidak memiliki dampat pada limbah ini, namun pada skala industri limbah ini perlu di tamgani dengan serius. Air limbah ini umumnya mengandung padatan tersuspensi tinggi, bahan organik (protein, lemak, darah), dan amonia yang berpotensi mencemari lingkungan jika dibuang langsung (Widiyanti, dkk, 2021). Air cucian yang bercampur darah ikan, dapat diolah menjadi bahan untuk pupuk organik cair. Diketahui limbah cair pencucian ikan memiliki bahan organik yang tinggi. Limbah cair dari proses pengolahan perikanan mempunyai kandungan BOD, lemak dan nitrogen. Keberadaan BOD dikarenakan hasil proses pembersihan dan adanya nitrogen berasal dari darah yang terdapat pada limbah cair tersebut.

Penanganan limbah cair perikanan pada saat penambahan nutrisi (umumnya pada unsur nitrogen dan fosfor sangat sering terjadi, namun adanya oksigen merupakan aspek penting dalam keberhasilan penanganan limbah cair perikanan ini (Ambarwaty Oktavia *et al.*, 2012). Serangkaian proses untuk menetralisir dan mengurangi beban zat pencemar dalam air buangan yang berasal dari kegiatan perikanan, seperti budidaya (akuakultur) maupun pengolahan hasil laut (pabrik pengalengan atau pasar ikan). Limbah-limbah perikanan tersebut umumnya memiliki kandungan unsur hara yang bervariasi dan kompleks seperti Ca, N, P, K juga dilengkapai unsur-unsur beberapa vitamin, sehingga sangat potensial dijadikan pupuk. Pupuk Organik dapat dibuat dalam bentuk cair maupun padat. Keunggulan Pupuk organik antara lain memiliki kandungan unsur hara makro dan mikro lengkap walau jumlahnya relatif rendah. Pupuk organik dapat memperbaiki struktur tanah sehingga tanah menjadi gembur, mempunyai daya simpan air/(*water holding capacity)* yang tinggi, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah dan mempunyai efek residu yang positif, sehingga ramah lingkungan (Asnawati *et al.*, 2024).

Pengolahan POC (pupuk organik cair) dari limbah ikan atau perikanan merupakan pupuk alami yang dibuat melalui proses fermentasi atau hidrolisis dari sisa-sisa bagian ikan seperti kepala, jeroan, tulang, dll. POC yang terbuat dari limbah perikanan ini kaya akan nutrisi esensial seperti nitrogen, fosfor, kalium,asam amino, serta enzim yang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal pada fase vegetatif. Pupuk organik cair dari limbah ikan menawarkan berbagai keuntungan bagi pertanian. Nutrisi alaminya mudah diserap oleh tanaman, sehingga mendukung

pertumbuhan yang sehat. Nutrisi penting yang terdapat dalam pupuk organik cair dari limbah ikan yaitu mengandung berbagai nutrisi esensial. Kalium berperan dalam pembentukan buah dan bunga. Asam amino dan enzim meningkatkan metabolisme tanaman, sehingga hasil panen lebih optimal. Nitrogen mendorong pertumbuhan vegetatif, sementara fosfor memperkuat sistem perakaran. Lama waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi adalah 2-3 minggu, tergantung suhu dan bahan tambahan. Pastikan ember tertutup rapat dan aduk secara berkala untuk hasil optimal (Centra Biotec Indonesia, 2025). Berikut adalah manfaat utama pupuk organik cair dari limbah ikan:

- Meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki struktur dan mikroorganisme.
- Menyediakan nutrisi lengkap seperti nitrogen untuk daun, fosfor untuk akar, dan kalium untuk buah.
- Mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang dapat merusak lingkungan.
- Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan stres lingkungan.
- Mendorong pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah secara efisien.

Hal terpenting dalam industri perikanan berkelanjutan adalah bagaimana perusahaan tersebut mampu mengatasi limbah yang apabila tidak ditangai secara tepat akan menimbulkan kerusakan lingkungan. Sehingga industri perikanan perlu adanya divisi atau bagain dalam pengelolaan dan pengolahan limbah perikanan menjadi sebuah produk yang bernilai gizi dan ekonomi, baik limbah padat ataupun limbah cair perikanan. Pengeolaan yang tepat akan menjadikan industri lebih simbang dan daya dukung lingkungan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

Ambarwaty Oktavia, D. *et al.* (2012) *Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indigenous Proteolitik Dan Lipolitik*, Agrointek.

Amien, M. (2026) *Manajemen Perikanan Budidaya Air Tawar, Payau, Dan Laut: Dasar-Dasar Dan Praktik Terbaik*. Digital Publishing Library.

Asnawati, A. *et al.* (2024) "Pengolahan Limbah Ikan Menjadi Pupuk Organik Ramah Lingkungan Di Kecamatan Mempawah Hilir Kabupaten Mempawah," *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 5(2), pp. 1681–1687.

Centra Biotec Indonesia (2025) "Panduan Lengkap Pupuk Organik Cair dari Limbah Ikan _ Centra Biotech _ Centra Biotech Indonesia."

Farid Mukhtar Riyadi, and Desliana Opie Harliani, L.M. (2026) *MANAJEMEN BUDIDAYA AIR TAWAR, PAYAU, DAN LAUT*. LSO Creative.

KKPRI (2023) "Penempatan Alat Penangkapan Ikan dan Alat Bantu Penangkapan Ikan di Zona Penangkapan Ikan Terukur dan Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia di Perairan Darat."

KKPRI (2025a) *AKUNTABILITAS KINERJA (Capaian Kinerja Organisasi)*.

KKPRI (2025b) "RENCANA STRATEGIS DIREKTORAT JENDERAL PERIKANAN BUDI DAYA."

Marie Najoan (2019) *Limbah Ikan Sebagai Pakan ternak*. Manado.

Mujtahidah, T. *et al.* (2023) *Budidaya Perikanan*. TOHAR MEDIA.

Nafsiyah, I. *et al.* (2025) *Teknologi Diversifikasi Hasil Perikanan*. Kamiya Jaya Aquatic.

Portal Data KKPRI (2025) "Data Statistik Nelayan."

Sahar, R.A. *et al.* (2024) *Inovasi dan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan: Strategi Meningkatkan Nilai Tambah Produk*. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.

Sahubawa, L., Puspita, I.D. and Press, U.G.M. (2021) *Manajemen Limbah Industri Perikanan*. UGM PRESS.

Saleh, R. *et al.* (2025) *PENANGANAN HASIL PERAIRAN*. Kamiya Jaya Aquatic.

Salim, F.D. *et al.* (2024) *MANAJEMEN USAHA PERIKANAN*. TOHAR MEDIA.

Sumiana, I.K. *et al.* (2026) *Bahan baku pakan ikan dan udang : karakteristik dan penggunaan*. Kamiya Jaya Aquatic.

Widiyanti, A., Laily, D. and Hamidah, N. (2021) "Pengolahan Limbah Cair Bekas Pencucian Ikan Menggunakan Scirpus grossus," *Journal of Research and Technology*, VII, pp. 61–70.

BIODATA PENULIS

Femiliani Novita Sari, S.Pi.,M.Si

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Perikanan

Universitas Muhammadiyah Mamuju

Penulis lahir di Palopo tanggal 09 Juni 1992 di Kabupaten Luwu, Kecamatan Wara, Kota Palopo, Sulawesi Selatan. Penulis adalah dosen tetap pada program studi teknologi hasil perikanan universitas muhammadiyah mamuju. Menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi pemanfaatan sumberdaya perikanan di Universitas Hasanuddin, Makassar dan melanjutkan S2 pada jurusan ilmu perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar. Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan doktor (S3) di Universitas Hasanuddin.

Penulis mulai mengajar sejak tahun 2019 – sekarang : Menjabat sebagai Ketua program studi Teknologi hasil perikanan. selama menjadi dosen penulis aktif membuat jurnal dan menulis buku. Penulis aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat di bidang perikanan dan kelautan, khususnya terkait teknologi dan pengolahan hasil perikanan, produktivitas perikanan tangkap, pemberdayaan ekonomi nelayan skala kecil, serta pengelolaan wilayah

pesisir di Sulawesi Barat. Berbagai karya ilmiahnya telah dipublikasikan pada jurnal nasional dan dapat ditelusuri melalui profil Google Scholar penulis atas nama Femiliani Novitasari (Universitas Muhammadiyah Mamuju) serta profil SINTA dengan ID 6782883.

BIODATA PENULIS

Agus Kurniawan B, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan

Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan

Universitas Puangrimaggalatung

Penulis dilahirkan di Ujung Pandang tanggal 16 Agustus 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Manajemen Sumber Daya Fakultas Pertanian, Universitas Puangrimaggalatung. Menyelesaikan pendidikan (S1) pada Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan di Universitas Hasanuddin dan melanjutkan (S2) pada Jurusan Ilmu Ekonomi di Universitas Muslim Indonesia. Penulis menekuni bidang Menulis dalam bidang perikanan dan Artikel Ilmiah Internasional dan Nasional (2019 – sekarang). Penulis juga aktif sebagai anggota pada Asosiasi Dosen Indonesia (ADI), Pendidikan dan Pelatihan yang pernah diikuti adalah PEKERTI, Sertifikasi Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). Beberapa penulisan yang telah diterbitkan di jurnal Nasional dan Internasional. Berkontribusi dalam

penulisan beberapa buku diantaranya Teknik Penangkapan Ikan, Metode Penelitian, Ekologi Perairan, Ekonomi Perikanan, Pengelolaan Perikanan di Indonesia, Manajemen Industri Pengolahan Hasil Perikanan, Panduan Praktis Manajemen Mutu Produk Ikan Beku, Penanganan dan Penyimpanan Ikan Hasil Tangkapan.

BIODATA PENULIS

Dr. Nurfadilah, S.Pi, M.P.

Dosen Program Studi Perikanan Tangkap

Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Palu tanggal 16 April 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Perikanan Tangkap Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Perikanan Program Studi Teknologi Hasil Perikanan (THP) Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Palu dan melanjutkan S2 pada Jurusan Pertanian Kosentrasi Perikanan Universitas Tadulako. Pendidikan Program Doktor selesai pada tahun 2025 di Program Studi Ilmu Pertanian Kosentrasi Perikanan Universitas Tadulako melalui program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN). Penulis menekuni bidang Penanganan dan Pengolahan Hasil Perikanan. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Laut, Politeknik Palu tahun 2018-2022, kemudian diterima menjadi ASN di Program Studi

Perikanan Tangkap, Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Sulawesi Barat 2022-sekarang.

BIODATA PENULIS

Reski Fitriah, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Perikanan Tangkap

Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Majene pada tanggal 16 April 1991, anak dari Drs. Yahyaddin Harun, M.Pd (Alm) dan Maisuri. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Perikanan Tangkap, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di SDN 16 Garo'go kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 3 Majene, selanjutnya di SMAN 1 Majene. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 pada tahun 2012 di Program Studi Pemanfaatan Sumber daya Perikanan, Universitas Hasanuddin dan Pendidikan S2 pada tahun 2015 di Program Studi Ilmu Perikanan, Universitas Hasanuddin. Bidang ilmu yang digeluti penulis yaitu Pemanfaatan sumber daya Perikanan.

BIODATA PENULIS

Dian Purnamasari Anwar, S.Pi.,M.Si.

Dosen Program Studi Perikanan Tangkap Jurusan Perikanan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Bone tanggal 17 November 1996. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Jurusan Perikanan Universitas Hasanuddin tahun 2019 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin tahun 2022. Pada tahun 2022-2024, penulis bekerja sebegai dosen tetap yayasan di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Institut Teknologi dan Bisnis Nobel Indonesia, kemudian menjadi dosen di Program Studi Perikanan Tangkap Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Sulawesi Barat tahun 2025-sekarang. Penulis juga aktif melaksanakan penelitian dan pengabdian masyarakat; mengikuti seminar; mempublikasikan artikel pada jurnal nasional maupun internasional bereputasi.

BIODATA PENULIS

Muhammad Nur Ihsan, S.Pi. M.Si.

Dosen Program Studi Perikanan Tangkap

Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Sulawesi Barat

Penulis Lahir di Wonomulyo Kabupaten Polewali Mandar, tanggal 5 Mei 1983. Setelah lulus dari SMA pada 2001, melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar. Lulus strata satu (S1) sebagai sarjana perikanan pada 2008 pada program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Kemudian melanjutkan strata dua (S2) pada program studi Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin, dan selesai tahun 2014.

Saat ini Penulis adalah dosen Tetap Pada Program Studi Perikanan Tangkap, Jurusan Perikanan Universitas Sulawesi Barat. Sejumlah publikasi ilmiah telah dihasilkan penulis dan diterbitkan pada jurnal dan prosiding baik level nasional maupun internasional, termasuk menerbitkan Buku Ajar dengan judul ”Penangkapan Ikan Terbang” tahun 2022 dan beberapa Book Chapter diantaranya Teknologi Penangkapan Ikan, Manajemen Pelabuhan Perikanan di tahun 2023,

Avertebrata Air tahun 2024 dan Kewirausahaan Perikanan & Kelautan Tahun 2025.

BIODATA PENULIS

Assoc. Prof. Dr. Ir. Faiza A. Dali, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Perikanan

Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan

Universitas Negeri Gorontalo

Dr. Ir. Hj. Faiza A. Dali, S.Pi., M.Si. Associate Professor Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan, Universitas Negeri Gorontalo. Mengampu mata kuliah Sanitasi & Higiene Hasil Perikanan, Mikrobiologi Hasil Perikanan, Fisiologi Pascapanen Hasil Perikanan, Manajemen Industri Hasil Perikanan dan Praktik Kerja Lapangan. Karya Buku yang pernah ditulis, berupa 15 Buku referensi, terbaru antara lain: Ekonomi Biru dalam Perikanan Tangkap: Pilar Keberlanjutan Menuju Indonesia Emas (2025), Pengantar Ilmu Gizi (2025), Pengantar Ilmu Perikanan dan Kelautan (2025), Bioekologi Pesisir Dan Laut Tropis (2025), Ekologi Perairan dan Kesehatan Lingkungan (2025), Pengenalan Teknologi Pangan untuk Pemula (2025), Prinsip Ilmu dan Teknologi Pangan (2025) dan Inovasi Dan Teknologi Pemanfaatan Limbah Perikanan (2025). Selain

akademisi, juga terlibat sebagai konsultan & praktisi teknologi perikanan dan teknologi pangan, serta menulis dan menerbitkan berbagai karya ilmiah. e-mail: faizadali@ung.ac.id.

BIODATA PENULIS

Endang Ismail, A,Pi., M.Si.
Guru Program Keahlian Agribisnis Pengolahan Hasil Perikanan
Sekolah Usaha Perikanan Menegah (SUPM) N Kotaagung-Lampung

Penulis lahir di Jakarta tanggal 19 Desember 1974. Penulis adalah Guru Produktif pada Program Keahlian Agribisnis Pengolahan Hasil Perikanan (APHPi) Sekolah Usaha Perikanan Menegah (SUPM) Negeri Kotaagung-Lampung, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Menyelesaikan pendidikan D4 pada Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan di Sekolah Tinggi Perikanan (STP), Jakarta dan melanjutkan S2 pada Bidang Minat Manajemen Perikanan, Universitas Terbuka, Jakarta serta kandidat Doktor pada Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Karya buku yang pernah ditulis salah satunya adalah: Bab buku dengan judul *Partitioning Techniques for Protease Purification*: *Exploring the Potential of Two-Phase and Three-Phase Systems dari seri buku: Biotechnological Advances and Applications in Microbial Proteases* (2026)

BIODATA PENULIS

Muh. Aldhy Hatmar, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Perikanan Tangkap Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir pada tanggal 9 Juli 1997 di Kelurahan Tanaberu, Kecamatan Bontobahari, Kabupaten Bulukumba. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, putra dari pasangan Muh. Adil dan Nurwahidah. Pada tahun 2016, penulis diterima di Universitas Hasanuddin melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Selama masa studi, penulis merupakan penerima Beasiswa Bidikmisi untuk periode 2016–2020. Penulis menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Perikanan (S.Pi.) pada tahun 2021. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan pascasarjana di Program Magister Ilmu Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, serta menerima Beasiswa dari Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) untuk periode 2021–2023. Saat ini, penulis bekerja sebagai

dosen tetap pada Program Studi Perikanan Tangkap, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat.

BIODATA PENULIS

Ananda Sekar Kinanti, S.Pi., M.P.

Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 01 Desember 2001. Penulis merupakan lulusan Sarjana Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, dan melanjutkan pendidikan Magister Budidaya Perairan di Universitas Brawijaya. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif dalam kegiatan akademik, organisasi, praktikum, serta penelitian di bidang perikanan dan ilmu kelautan.

Penulis memiliki ketertarikan pada bidang teknologi hasil perikanan, mikrobiologi perikanan, pengolahan produk perikanan, pengendalian mutu dan keamanan pangan. Penulis juga memiliki pengalaman dalam kegiatan penelitian dan laboratorium.

Melalui penulisan buku ini, penulis berharap dapat memberikan informasi dan pengetahuan yang bermanfaat bagi mahasiswa, akademisi, praktisi, maupun masyarakat yang memiliki ketertarikan terhadap teknologi pengolahan dan pengembangan produk perikanan. Penulis juga berharap buku ini dapat menjadi salah satu sumber referensi dalam memahami perkembangan teknologi pengolahan hasil

perikanan, khususnya pengolahan surimi dan produk nilai tambah berbasis hasil perikanan.

BIODATA PENULIS

Istyqamah Muslimin, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Perikanan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Borneo Tarakan.

Penulis lahir di Pare-pare tanggal 04 Juli 1994. Menyelesaikan pendidikan D3 pada Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan di Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepualuan tahun 2016, kemudian menyelesaikan S1 pada jurusan Teknologi Hasil Perikanan di Sekolah Tinggi Teknologi Balik Diwa Makassar tahun 2019 dan menyelesaikan S2 pada Jurusan Ilmu Perikanan dengan konsentrasi Teknilogi Hasil Perikanan di Universitas Hasanuddin tahun 2022. Penulis Pernah menjadi dosen tetap di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Teknologi dan Bisnis di Institut Teknologi dan Bisnis Nobel Indonesia, Makassar, pada tahun 2022-2025. Saat ini penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan.

Penulis menekuni bidang menulis artikel diberbagai jurnal ilmiah dan menjadi narasumber dalam beberapa pelatihan tantang diversifikasi produk perikanan. Penulis juga aktif dalam menulis buku kolaborasi yang berkaitan dengan produk-produk hasil perikanan. Penulis berharap bahwa kompetensinya dapat memberikan dampak positif yang signifikan dalam pengembangan industri perikanan di Indonesia.

BIODATA PENULIS

Mumpuni Uji Kawedar Anjung, S.St.Pi, M.Si.
Guru Program Keahlian Agribisnis Pengolahan Hasil Perikanan
Sekolah Usaha Perikanan Menegah (SUPM) N Kotaagung-Lampung

Penulis lahir di Kediri tanggal 24 Juni 1979 , saat ini adalah Guru Produktif pada Program Keahlian Agribisnis Pengolahan Hasil Perikanan (APHPi) Sekolah Usaha Perikanan Menegah (SUPM) Negeri Kotaagung-Lampung, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Menyelesaikan pendidikan D4 pada Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan di Sekolah Tinggi Perikanan (STP), Jakarta dan melanjutkan S2 pada Magister Teknologi Industri Peertanian, Universitas Lampung serta kandidat Doktor pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Karya buku yang pernah ditulis salah satunya adalah Jurus Jitu Optimalisasi Tefa Untuk Budidaya Udang Vannamei Dengan Simaster (2024).

BIODATA PENULIS

Nur Islah Sugianto, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Ilmu Perikanan

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Wira Bhakti

Penulis lahir di Makassar tanggal 01 November 1998. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Wira Bhakti. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan dan melanjutkan S2 pada Program Studi Ilmu Perikanan. Buku ini merupakan salah satu karya akademik yang ditulis sebagai bentuk kontribusi penulis dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang teknologi pengolahan hasil perikanan.

BIODATA PENULIS

Ngani Alwirya Musi, S.ST., M.Tr.P.

Dosen Program Studi Manajemen Agribisnis

Jurusan Manajemen Agribisnis, Politeknik Negeri Jember

Penulis lahir di Aceh Singkil tanggal 3 Mei 1994. Penulis adalah dosen tetap penuh waktu pada Program Studi Manajemen Agribisnis Jurusan Manajemen Agribisnis Politeknik Negeri Jember. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Produksi Pertanian dan melanjutkan S2 pada Jurusan Manajemen Agribisnis Terapan.

Penulis berasal daeri daerah pesisir selatan Aceh yang merupakan penghasil perikanan baik ikan tangkap maupun ikan budidaya. Dengan demikian penulis ingin mengabadikan pengetahuan penulis terkait hal-hal yang berkaitan dengan teknologi pengolahan perikanan terutama bagian pengolahan limbah dan pengembangan usaha perikanan. Semoga buku ini dapat memberikan pengetahuan bagi pengguna ataupun pembaca. Terimakasih.