- Sahabuddin
- Handayani
- Dian Purnamasari Anwar
- Muh. Alsere Bardian Sahaba
- Reski Fitriah
- Femiliani Novitasari
- Faiza A. Dali
- Agus Kurniawan B
- Yus Isnainita Wahyu

Get Press Indonesia

PENANGANAN DAN PENYIMPANAN IKAN HASIL TANGKAPAN



ISBN 978-634-255-738-9

PENANGANAN DAN PENYIMPANAN IKAN HASIL TANGKAPAN

Sahabuddin
Handayani
Dian Purnamasari Anwar
Muh. Alsere Bardian Sahaba
Reski Fitriah
Femiliani Novitasari
Faiza A. Dali
Agus Kurniawan B
Yus Isnainita Wahyu

GET PRESS INDONESIA

PENANGANAN DAN PENYIMPANAN IKAN HASIL TANGKAPAN

Penulis :
Sahabuddin
Handayani
Dian Purnamasari Anwar
Muh. Alsere Bardian Sahaba
Reski Fitriah
Femiliani Novitasari
Faiza A. Dali
Agus Kurniawan B
Yus Isnainita Wahyu

ISBN : 978-634-255-738-9

Editor : Mila Sari, M. Si.
Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S. Pd.

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, September 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 *Penanganan dan Penyimpanan Ikan Hasil Tangkapan* ini dapat diselesaikan. Isi buku ini mencakup pembahasan tentang konsep dasar hasil perikanan dan mutu ikan, klasifikasi, jenis, dan karakteristik ikan hasil tangkapan, sarana dan prasarana penanganan ikan di atas kapal, sarana dan sistem penanganan ikan di darat, teknik penanganan ikan hasil tangkapan, penerapan haccp dan sistem jaminan mutu, teknik pengendalian dan pertahanan mutu ikan, digitalisasi dan smart fisheries dalam penanganan ikan, dan traceability dan rantai dingin modern. Akhir kata, semoga buku ini dapat menjadi referensi dan dapat memberikan manfaat serta inspirasi bagi semua pembaca.

Padang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **ii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
BAB 1 KONSEP DASAR HASIL PERIKANAN DAN MUTU IKAN **1**
1.1 Definisi Hasil Perikanan dan Filosofi Mutu Ikan 1
1.1.1 Definisi Operasional: Kompleksitas Komoditas dan Karakteristik *Perishability* 1
1.1.2 Konsep Mutu: Integrasi Atribut Intrinsik dan Ekstrinsik 2
1.1.3 Filosofi Pertahanan Mutu 4
1.2 Karakteristik Biokimiawi dan Dinamika Perubahan Pascamati (*Post-Mortem*) 5
1.2.1 Komposisi Kimia: Basis Molekuler Kerusakan Produk 5
1.2.2 Fase Perubahan Pascamati: Dari Kematian hingga Pembusukan 6
1.3 Faktor Penentu Kecepatan Penurunan Mutu dalam Rantai Pasok 8
1.3.1 Faktor Teknis: Alat Tangkap, Fisiologi Stres, dan Higiene Operasional 8
1.3.2 Faktor Lingkungan: Suhu Ambien, Kelembaban, dan Kontaminasi Silang 11
1.4 Standardisasi Mutu dan Kerangka Kerja Jaminan Keamanan Pangan 13
1.4.1 Indikator Mutu: Organoleptik, Kimiawi, dan Mikrobiologis 13
1.4.2 Pengantar Jaminan Mutu: Konsep Dasar Keamanan Pangan Global 15
DAFTAR PUSTAKA **19**

BAB 2 KLASIFIKASI, JENIS, DAN KARAKTERISTIK IKAN HASIL TANGKAPAN 21

2.1 Hubungan Karakteristik Ikan dengan Penanganan dan Penyimpanan 23

2.2 Klasifikasi Ikan Hasil Tangkapan 25

2.1.1 Klasifikasi Berdasarkan Habitat 25

2.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Zona Renang 28

2.3.2 Klasifikasi Berdasarkan Kandungan Lemak 30

2.3 Klasifikasi Berdasarkan Nilai Ekonomis 32

2.4 Karakteristik Fisik 33

2.5 Karakteristik Biologis 36

2.6 Karakteristik Kimiawi 38

2.7 Karakteristik Organoleptik Ikan Hasil Tangkapan 40

DAFTAR PUSTAKA 43

BAB 3 SARANA DAN PRASARANA PENANGANAN IKAN DI ATAS KAPAL 45

3.1 Pengertian Sarana dan Prasarana Penanganan Ikan 46

3.2 Persyaratan Sarana dan Prasarana Penanganan Ikan di Atas Kapal 48

3.2.1 Higienis dan Sanitasi 49

3.2.2 Aman bagi Produk 49

3.2.3 Efisien dan Fungsional 50

3.2.4 Memenuhi Regulasi dan Standar Penanganan 50

3.3Sarana Penanganan Ikan di Atas Kapal 51

3.3.1 Wadah Penampungan Ikan 51

3.3.2 Alat Pencuci Ikan 54

3.3.3 Peralatan Produksi dan Penyimpanan Es 57

3.3.4 Alat Pemindah Ikan 60

3.4 Prasarana Penanganan Ikan di Atas Kapal 64

3.4.1 Dek Kerja (*Working Deck*) 64

3.4.2 Palka Ikan (*Fish Hold*) 67
3.4.3 Sistem Pendingin 72
3.4.4 Sistem Drainase 76
3.4.5 Sistem Penyediaan Air Bersih 80
DAFTAR PUSTAKA 85
BAB 4 SARANA DAN SISTEM PENANGANAN IKAN DI DARAT 87
4.1 Rantai Penanganan Ikan di Darat 88
4.1.1 Tahapan Rantai Penanganan 89
4.1.2 Prinsip Dasar Penanganan Ikan 89
4.1.3 Faktor-faktor yang Memengaruhi Laju Kemunduran Mutu 90
4.2 Sarana Pendaratan Ikan: Pelabuhan Perikanan 92
4.2.1 Klasifikasi Pelabuhan Perikanan di Indonesia 92
4.2.2 Fasilitas Pokok Pelabuhan Perikanan 94
4.2.3 Tempat Pelelangan Ikan (TPI) 95
4.3 Sistem Sortasi dan Grading Ikan 96
4.3.1 Dasar-dasar Sortasi 96
4.3.2 Penilaian Mutu Organoleptik 97
4.3.3 Sistem Grading untuk Keperluan Ekspor 99
4.4 Sistem Pendinginan Ikan di Darat 99
4.4.1 Penyimpanan dengan Es (Icing) 99
4.4.2 Pabrik Es di Pelabuhan Perikanan 101
4.5 Sarana Penyimpanan Berpendingin 102
4.5.1 Ruang Pendingin (*Chilled Room*) 102
4.5.2 *Cold Storage* (Ruang Beku) 103
4.6 Sarana Pembekuan Ikan 104
4.6.1 Jenis Peralatan Pembekuan 105
4.6.2 *Proses Glazing* (Pelapisan Es Tipis) 106

4.7 Fasilitas Pengolahan Primer Ikan di Darat 106
4.7.1 Proses-proses Pengolahan Primer 106
4.7.2 Peralatan Pengolahan Primer 107
4.8 Higienitas dan Sanitasi Fasilitas Penanganan Ikan 108
4.8.1 Persyaratan Fisik Fasilitas 109
4.8.2 Higiene Personal Pekerja 110
4.8.3 Prosedur Sanitasi Peralatan 111
4.9 Sistem Manajemen Mutu dalam Penanganan Ikan 111
4.9.1 *Good Manufacturing Practice* (GMP) 112
4.9.2 *Hazard Analysis Critical Control Points* (HACCP) 112
DAFTAR PUSTAKA 115
BAB 5 TEKNIK PENANGANAN IKAN HASIL TANGKAPAN 118
5.1 Kemunduran Mutu Pada Ikan 119
5.2 Penanganan Ikan Hasil Tangkapan 122
DAFTAR PUSTAKA 131
BAB 6 PENERAPAN HACCP DAN SISTEM JAMINAN MUTU 133
6.1 Program Prasyarat (Prerequisite Programs/ PRP) 137
6.1.1 *Good Manufacturing Practices* (GMP) 137
6.1.2 *Sanitation Standard Operating Procedures* (SSOP) 138
6.2 Tujuh Prinsip Haacp 139
6.2.1 Prinsip 1: Analisis Bahaya (Hazard Analysis) 139
6.2.2 Prinsip 2: Penentuan Titik Kendali Kritis (CCP) 140
6.2.3 Prinsip 3: Penetapan Batas Kritis (*Critical Limits*) 142
6.2.4 Prinsip 4: Sistem Pemantauan (*Monitoring*) 143
6.2.5 Prinsip 5: Tindakan Koreksi (C*orrective Actions*) 144
6.2.6 Prinsip 6: Prosedur Verifikasi 145
6.2.7 Prinsip 7: Dokumentasi dan Rekaman 147
6.3 Lima Langkah Implementasi HACCP 147
6.3.1 Langkah 1 — Pembentukan Tim HACCP 147

6.3.2 Langkah 2 — Deskripsi Produk 148
6.3.3 Langkah 3 — Identifikasi Penggunaan yang Dimaksudkan 149
6.3.4 Langkah 4 — Penyusunan Diagram Alir Proses 149
6.3.5 Langkah 5 — Verifikasi Diagram Alir di Lapangan 150
6.4 Sistem Jaminan Mutu Pangan 150
6.4.1 ISO 22000:2018 — Sistem Manajemen Keamanan Pangan 151
6.4.2 FSSC 22000 — *Food Safety System Certification* 152
6.5 Integrasi HACCP dengan Sistem Jaminan Mutu 153
6.5.1 HACCP sebagai Inti Sistem Manajemen Keamanan Pangan 153
6.5.2 Sinergi HACCP dengan ISO 22000 dan FSSC 22000 154
6.6 Ketertelusuran (*Traceability*) dan Penarikan Produk (*Recall*) 154
6.6.1 Sistem Ketertelusuran (*Traceability*) 154
6.6.2 Prosedur Penarikan Produk (*Product Recall*) 155
6.7 Penerapan HACCP di Indonesia 156
6.7.1 Regulasi Nasional yang Berlaku 156
6.7.2 Tantangan dan Solusi Implementasi 158
6.8 Studi Kasus Penerapan HACCP 159
DAFTAR PUSTAKA 162
BAB 7 TEKNIK PENGENDALIAN DAN PERTAHANAN MUTU IKAN 167
7.1 Faktor Penyebab Kerusakan Mutu Ikan 169
7.1.1 Standar dan Regulasi Pangan Terkait Perikanan 169
7.1.2 Pendekatan Manajemen Mutu: HACCP, SSOP, dan Sistem Manajemen Mutu 171
7.1.3 Teknologi Pengawetan, Proses & *Traceability* 175
7.2 Sistem Pengendalian Mutu dan Standar Operasional 176

7.2.1 Desain SSOP dan SOP Produksi untuk Produk Perikanan 181
7.2.2 Implementasi HACCP yang Praktis dan Bertingkat 184
7.2.3 Sistem Dokumentasi, Pelatihan, dan Audit Internal 185
7.3 Teknologi Pengolahan dan Pengawetan untuk Menjamin Mutu 187
7.3.1 Pendinginan Cepat dan Manajemen Rantai Dingin 189
7.3.2 Teknik Pembekuan dan Pengemasan (IQF, *Blast Freezing*, MAP) 192
7.3.3 Intervensi Kebersihan Proses dan Pengendalian Kontaminan 194
DAFTAR PUSTAKA 197
BAB 8 DIGITALISASI DAN SMART FISHERIES DALAM PENANGANAN IKAN 199
8.1 Kerangka Konseptual *Smart Fisheries* 200
8.1.1 Definisi dan Evolusi Konsep 200
8.1.2 Komponen Utama Ekosistem *Smart Fisheries* 201
8.1.3 Kualitas dan Keamanan Produk Perikanan 203
8.1.4 Kerjasama dan Perjanjian Perdagangan Internasional 205
8.2 Tantangan Utama Sektor Perikanan Indonesia 206
8.2.1 *Overfishing* dan Degradasi Ekosistem 206
8.2.2 IUU Fishing dan Kelemahan Sistem Pengawasan 207
8.2.3 Kelemahan *Traceability* Rantai Pasok 207
8.3 Teknologi Pilar *Smart Fisheries* 208
8.3.1 *Internet of Things* (IoT) dalam Perikanan Cerdas 208
8.3.1 *Internet of Things* (IoT) dalam Perikanan Cerdas 210
8.3.3 *Blockchain* untuk *Traceability* dan Keamanan Pangan 212
8.3.4 Digital Twin dalam Manajemen Ekosistem Perikanan 213

8.4 Implementasi *Smart Fisheries* pada Rantai Nilai Perikanan 214
8.4.1 Segmen Pra-Tangkap: Perencanaan Operasi Berbasis Data 214
8.4.2 Segmen Tangkap: Monitoring Real-Time di Laut 214
8.4.3 Segmen Pasca-Tangkap: Penanganan, Pengolahan, dan Distribusi 215
8.5 Manfaat, Hambatan, dan Peluang Digitalisasi Perikanan 216
8.5.1 Manfaat Multidimensi yang Terukur 216
8.5.2 Hambatan Adopsi di Indonesia 218
8.5.3 Peluang Strategis Indonesia 219
8.6 Kerangka Kebijakan dan Rekomendasi Strategis 220
8.6.1 Kerangka Regulasi Nasional yang Relevan 220
8.6.2 Rekomendasi Kebijakan untuk Percepatan Adopsi 220
DAFTAR PUSTAKA 223
BAB 9 *TRACEABILITY* DAN RANTAI DINGIN MODERN 227
9.1 Konsep Dasar *Traceability* dan Rantai Dingin 229
9.1.1 *Traceability* 231
9.1.2 Rantai Dingin (*Cold Chain*) 234
9.2 Teknologi dalam *Traceability Modern* 237
9.2.1 Teknologi *Traceability* 237
9.3 Teknologi Rantai Dingin Modern 240
9.3.1 Integrasi Digital 241
9.4 Implementasi *Traceability* di Industri Perikanan 243
DAFTAR PUSTAKA 247
BIODATA PENULIS 250

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Matriks Diferensiasi Mutu Intrinsik dan Ekstrinsik 3
Gambar 1. 2 Visualisasi Grafik Penurunan Mutu Ikan Terhadap Waktu 4
Gambar 1. 3 Kinetika Degradasi ATP dan Pembentukan Nilai-K (K-Value) 7
Gambar 1. 4 Mekanisme Biokimia Stres Penangkapan terhadap Masa Simpan Ikan 10
Gambar 7. 1 Pemetaan Regulasi Terhadap Titik Kontrol Kritis dalam Rantai Pasok Perikanan 171
Gambar 7. 2 Diagram hirarki: SSOP -> HACCP -> Sistem Manajemen Mutu (ISO 22000) dengan Contoh Titik Tindakan 174
Gambar 7. 3 Chart yang Mengelompokkan Teknologi Pengawetan Menurut Tujuan (Umur Simpan, Keamanan, Kualitas Organoleptik) dan Tingkat Adopsi Industri 176
Gambar 7. 4 Flowchart SOP Harian untuk Penerimaan Bahan Baku, Penyimpanan Dingin, dan Proses Pengemasan 179
Gambar 7. 5 Template Checklist Audit Internal untuk SSOP dan HACCP 180
Gambar 7. 6 Diagram Alur Penerimaan Bahan dan Tindakan SSOP Pada Tiap Titik Operasi 183
Gambar 7. 7 Contoh Tabel HACCP Sederhana (Tanpa Angka) Yang Menunjukkan Hazard, CCP, Tindakan 185
Gambar 7. 8 Template Roadmap Pelatihan 6 Bulan (Sekilas) dan Contoh Checklist Audit Internal 187
Gambar 7. 9 Alur Proses Pengolahan dengan Titik Titik Intervensi Teknologi (Pendinginan Cepat, IQF, MAP). 189
Gambar 7. 10 Infografis Perbandingan Teknologi Pengawetan Berdasarkan Manfaat Operasional (Deskriptif) 191
Gambar 7. 11 Diagram Proses Pembekuan yang Menunjukkan Alur Produk dari Penerimaan Hingga Pengemasan Akhir 194

Gambar 7. 12 *Layout* Fasilitas Ideal (Skematik) yang Menampilkan Zona Bersih dan Kotor Serta Jalur Material/ Produk.....196

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Batas Kritis Parameter Mutu Ikan Segar Berdasarkan Standar Internasional dan Nasional 14
Tabel 1. 2 Matriks Parameter Mutu Berdasarkan Tingkat Kesegaran Ikan 15
Tabel 3. 1 Perbandingan Sistem Pendingin pada Kapal Perikanan 76
Tabel 4. 1 Kriteria Teknis dan Operasional Klasifikasi Pelabuhan Perikanan 93
Tabel 4. 2 Kriteria Penilaian Organoleptik Ikan Segar 98
Tabel 4. 3 Spesifikasi Teknis *Cold Storage* untuk Produk Perikanan 103
Tabel 4. 4 Peralatan Unit Pengolahan Ikan 107
Tabel 6. 1 Analisis Bahaya 140
Tabel 6. 2 Contoh CCP di Berbagai Sektor Industri Pangan 141
Tabel 6. 3 Contoh Penetapan Batas Kritis 142
Tabel 6. 4 Sistem Pemantauan (*Monitoring*) 143
Tabel 6. 5 Prosedur Verifikasi 145
Tabel 6. 6 Contoh Deskripsi Produk 148
Tabel 6. 7 Persyaratan ISO 22000;2018 151
Tabel 6. 8 Klarifikasi *Recall* 155
Tabel 6. 9 Standar dan ruang lingkup HACCP 157
Tabel 6. 10 Tantangan dan Solusi Strategis 158
Tabel 8. 1 Komponen Ekosistem *Smart Fisheries* dan Teknologi Pendukungnya" 202
Tabel 8. 2 Perbandingan Metode Konvensional dan Digital dalam Pemantauan Kualitas Produk Perikanan 204
Tabel 8. 3 Kategori Sensor IoT dan Aplikasinya dalam Sistem *Smart Fisheries* (Tseng *et al*., 2020) 209
Tabel 8. 4 Algoritma ML dan Aplikasinya dalam Manajemen Perikanan Cerdas 211
Tabel 8. 5 Implementasi Teknologi Digital pada Setiap Segmen Rantai Nilai Perikanan Indonesia 215
Tabel 8. 6 Manfaat Terukur Digitalisasi Perikanan dari Studi Empiris Global 217

BAB 1

KONSEP DASAR HASIL PERIKANAN DAN MUTU IKAN

Oleh Sahabuddin

1.1 Definisi Hasil Perikanan dan Filosofi Mutu Ikan

1.1.1 Definisi Operasional: Kompleksitas Komoditas dan Karakteristik *Perishability*

Hasil perikanan merupakan seluruh biota perairan yang memiliki nilai ekonomi penting, mencakup ikan sirip (*finfish*), krustasea (udang, lobster, kepiting), moluska (kerang, cumi-cumi), ekinodermata (teripang), hingga makroalga. Secara teknis, komoditas ini diklasifikasikan sebagai bahan pangan yang sangat mudah rusak (*highly perishable food*). Secara biokimia, hasil perikanan diklasifikasikan sebagai bahan pangan yang paling cepat rusak (*highly perishable*) dibandingkan dengan sumber protein hewani darat. Kerusakan ini bersifat multifaktorial, melibatkan interaksi antara aktivitas enzim endogen, beban mikroba awal, dan oksidasi lipid (Ghaly *et al*., 2013).

Berbeda dengan daging ternak darat, jaringan otot ikan memiliki struktur histologis yang lebih sederhana dengan kandungan jaringan ikat (kolagen) yang relatif rendah (sekitar 3-10% dari total protein). Hal ini menyebabkan enzim proteolitik dapat dengan cepat

mendegradasi struktur seluler segera setelah ikan mati, yang menjadi pintu masuk utama bagi kontaminasi bakteri (Venugopal, 2021).

Karakteristik *perishability* ini berakar pada tingginya nilai aktivitas air (*aw*) yang umumnya berada di atas 0.98. Nilai *aw* yang tinggi menyediakan lingkungan ideal bagi proliferasi mikroba patogen dan pembusuk. Selain itu, struktur otot ikan yang tersusun atas miotom dan miokomata (jaringan ikat tipis) memudahkan penetrasi enzim proteolitik endogen segera setelah kematian seluler (Venugopal, 2021). Menurut Huss *et al*. (2021), degradasi struktural ini berlangsung secara eksponensial jika tidak segera diintervensi dengan sistem manajemen suhu yang ketat. Oleh karena itu, hasil perikanan menuntut perlakuan suhu rendah (*cold chain*) yang jauh lebih ketat dibandingkan komoditas protein hewani lainnya.

1.1.2 Konsep Mutu: Integrasi Atribut Intrinsik dan Ekstrinsik

Mutu hasil perikanan adalah parameter dinamis yang ditentukan oleh interaksi kompleks antara faktor biologis bawaan dan perlakuan antropogenik pascatangkap.

1. Mutu Intrinsik (*Biological Determinants*): Atribut ini ditentukan sebelum ikan ditangkap. Faktor genetik, stadia siklus hidup (seperti fase pemijahan), dan komposisi diet di habitat alami sangat memengaruhi profil asam lemak dan tekstur daging. Sebagai contoh, ikan yang ditangkap pada musim pijah sering kali memiliki kandungan lemak otot yang sangat rendah karena energi dialokasikan untuk perkembangan gonad, yang secara intrinsik menurunkan nilai organoleptik daging (Saritha &

Suseela, 2020). Selain itu, kandungan mioglobin yang tinggi pada ikan pelagis besar (seperti Tuna dan Cakalang) meningkatkan risiko oksidasi lipid dan pembentukan histamin jika dibandingkan dengan ikan demersal yang berdaging putih.

2. Mutu Ekstrinsik (*Handling and Environmental Determinants*): Mutu ekstrinsik bersifat sepenuhnya terkendali dan bergantung pada integritas rantai pasok. Ini mencakup metode penangkapan, tingkat kelelahan ikan saat ditarik ke atas dek, suhu penyimpanan, hingga higienisitas wadah. Riset terbaru oleh Metusalach *et al*. (2021) dalam jurnal nasional menunjukkan bahwa ikan yang ditangkap dengan metode *line fishing* (pancing) memiliki stabilitas mutu yang lebih baik dibandingkan dengan metode *trawl* karena minimnya kerusakan fisik dan stres oksidatif pada otot ikan.

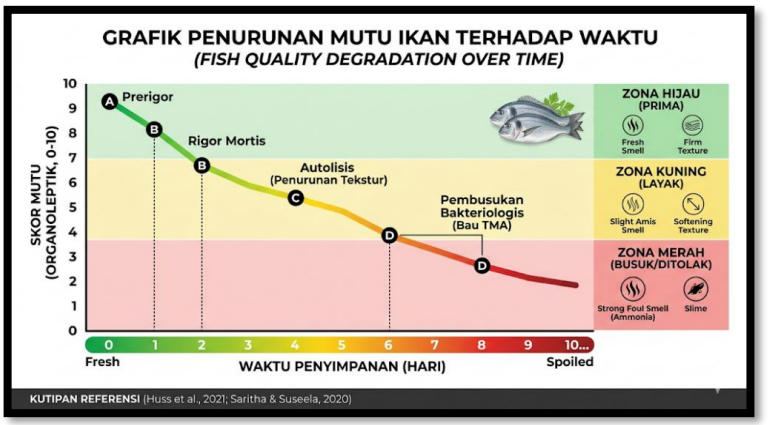


Gambar 1. 1 Matriks Diferensiasi Mutu Intrinsik dan Ekstrinsik

Sumber: Penulis dengan bantuan visualisasi IA

1.1.3 Filosofi Pertahanan Mutu

Prinsip fundamental dalam ilmu pascapanen perikanan adalah: "Mutu ikan tidak dapat ditingkatkan, hanya dapat dipertahankan." Titik puncak kualitas ikan berada pada saat ikan baru saja ditarik dari air (kondisi *prerigor*). Setiap detik keterlambatan dalam penanganan hanya akan mengakibatkan penurunan mutu secara searah (*irreversible degradation*). Strategi penanganan modern berfokus pada penghambatan laju kinetika reaksi kimia dan pertumbuhan mikroba agar kesegaran awal dapat "dikunci" selama mungkin hingga sampai ke tangan konsumen (Huss *et al*., 2021).



Gambar 1. 2 Visualisasi Grafik Penurunan Mutu Ikan Terhadap Waktu

Sumber: Penulis dengan bantuan visualisasi IA

1.2 Karakteristik Biokimiawi dan Dinamika Perubahan Pascamati (*Post-Mortem*)

1.2.1 Komposisi Kimia: Basis Molekuler Kerusakan Produk

Memahami komposisi kimia hasil perikanan pada tingkat molekuler adalah prasyarat untuk merancang sistem penyimpanan yang efektif. Ikan memiliki profil nutrisi yang unik namun sangat tidak stabil.

- **Protein dan Enzim Proteolitik:** Sekitar 15-25% dari berat tubuh ikan adalah protein. Protein myofibrillar (aktin dan miosin) bertanggung jawab atas tekstur kenyal, sementara protein sarkoplasma mengandung berbagai enzim aktif. Segera setelah ikan mati, enzim endogen seperti katepsin dan kalpain mulai memecah rantai protein menjadi peptida sederhana dan asam amino bebas (Olatunde & Benjakul, 2018). Proses ini tidak hanya melunakkan daging tetapi juga menyediakan nutrisi siap saji bagi bakteri pembusuk.
- **Lipid dan Oksidasi:** Ikan, terutama jenis pelagis, kaya akan asam lemak tak jenuh rantai panjang (*Polyunsaturated Fatty Acids*/PUFA) seperti EPA dan DHA. Keberadaan ikatan rangkap ganda dalam struktur molekulnya membuat lemak ikan sangat rentan terhadap serangan radikal bebas (oksidasi) dan hidrolisis enzimatis. Produk oksidasi seperti aldehida dan keton bertanggung jawab atas timbulnya bau tengik (*off-flavor*) yang tajam.
- **Senyawa Nitrogen Non-Protein (NPN):** Senyawa seperti Trimetilamina Oksida (TMAO), kreatin, dan asam amino bebas terdapat dalam jumlah tinggi. Pada ikan laut, bakteri mereduksi TMAO menjadi Trimetilamina (TMA), yang merupakan indikator

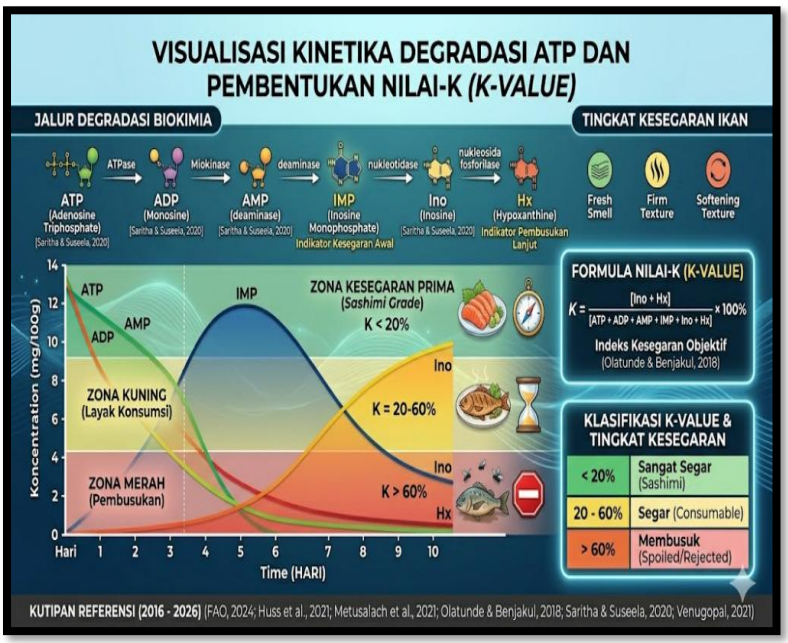
kimiawi utama dari pembusukan bau amis yang menyengat.

1.2.2 Fase Perubahan Pascamati: Dari Kematian hingga Pembusukan

Proses perubahan pascamati pada ikan mengikuti alur kronologis yang sangat teratur namun dapat dipercepat atau diperlambat oleh suhu lingkungan.

1. **Fase Prerigor (Glikolisis Anaerobik):** Sesaat setelah ikan mati, sirkulasi darah berhenti dan pasokan oksigen ke jaringan terputus. Sel-sel otot beralih ke metabolisme anaerobik menggunakan cadangan glikogen untuk menghasilkan ATP. Proses ini menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingan, yang menyebabkan penurunan pH otot dari netral (7.0) menjadi asam (6.2-6.5). pH akhir ini sangat menentukan daya ikat air (*water holding capacity*) daging (Ababouch, 2020).
2. **Fase Rigor Mortis (Kekakuan Otot):** Ketika cadangan ATP benar-benar habis, jembatan silang antara aktin dan miosin terkunci secara permanen, menyebabkan tubuh ikan menjadi kaku. Durasi rigor mortis sangat krusial; semakin lama ikan berada dalam fase ini, semakin lambat dimulainya aktivitas bakteri. Pendinginan yang cepat dapat memperpanjang fase rigor secara signifikan.
3. **Fase Autolisis (Degradasi Enzimatis):** Setelah rigor terlepas (*resolution of rigor*), enzim-enzim di dalam sel mulai merusak struktur jaringan ikat. Pada tahap ini, ikan kehilangan kekenyalannya, meskipun beban bakteri mungkin masih rendah. Autolisis sering disebut sebagai "pembusukan steril" karena dikendalikan sepenuhnya oleh enzim internal ikan itu sendiri.

4. **Pembusukan Bakteriologis:** Tahap akhir ini ditandai dengan proliferasi bakteri pembusuk primer seperti *Pseudomonas* spp. Bakteri memanfaatkan hasil degradasi autolisis (asam amino bebas dan TMAO) untuk tumbuh secara logaritmik, menghasilkan senyawa volatil berbau busuk, lendir di permukaan kulit, dan perubahan warna pada insang.



Gambar 1. 3 Kinetika Degradasi ATP dan Pembentukan Nilai-K (K-Value)

Sumber: Penulis dengan bantuan visualisasi IA

1.3 Faktor Penentu Kecepatan Penurunan Mutu dalam Rantai Pasok

Kecepatan penurunan mutu hasil perikanan merupakan variabel yang sangat dinamis, ditentukan oleh interaksi antara kondisi biologis ikan sebelum mati dan lingkungan fisik pascapenangkapan. Dalam perspektif manajemen rantai pasok modern, setiap titik sentuhan (*touchpoint*) dari alat tangkap hingga meja konsumen merupakan titik kritis yang dapat mempercepat laju entropi kualitas.

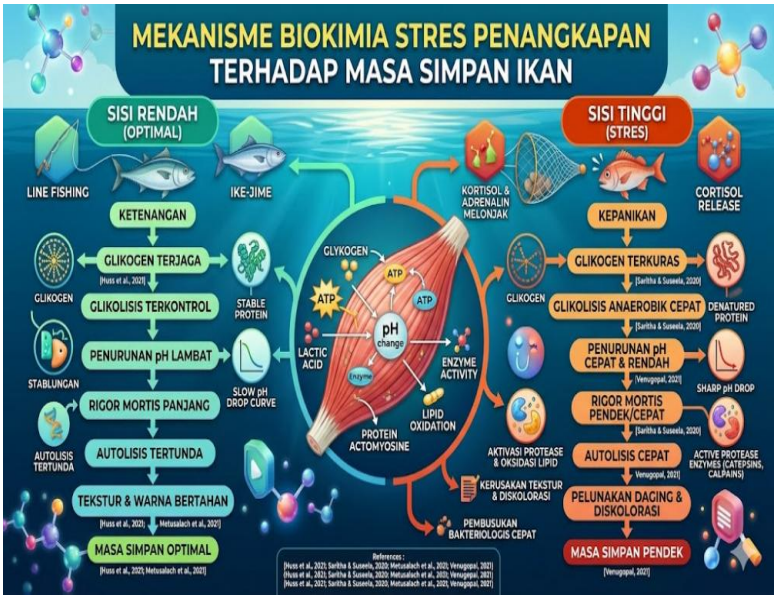
1.3.1 Faktor Teknis: Alat Tangkap, Fisiologi Stres, dan Higiene Operasional

Faktor teknis mencakup segala aspek prosedural dan mekanis selama operasi penangkapan dan penanganan awal di atas geladak kapal.

1. **Dinamika Alat Tangkap dan Stres Pre-Mortem:** Kondisi fisiologis ikan saat ditarik ke atas kapal adalah penentu utama stabilitas mutu. Alat tangkap aktif seperti *trawl* dan *purse seine* sering kali menyebabkan ikan mengalami kepanikan massal, aktivitas fisik berlebih (*struggling*), dan hipoksia dalam waktu lama. Secara biokimia, kondisi ini memicu pelepasan hormon kortisol dan adrenalin yang masif, yang mempercepat glikolisis anaerobik. Menurut penelitian Metusalach *et al*. (2021), ikan yang mengalami stres tinggi akan memiliki cadangan glikogen yang sangat rendah saat mati, mengakibatkan akumulasi asam laktat yang cepat dan penurunan pH otot yang drastis. Hal ini memicu pelepasan enzim katepsin dari lisosom lebih awal, yang memulai proses autolisis bahkan sebelum ikan didinginkan secara sempurna. Sebaliknya, alat tangkap pasif seperti *gillnet* (jika diangkat tepat waktu) atau pancing (*handline*) meminimalkan

stres fisik, sehingga mempertahankan fase *prerigor* yang lebih panjang.

2. **Metode Penanganan di Atas Dek (*On-Deck Handling*):** Proses pembiusan (*stunning*), pengeluaran darah (*bleeding*), dan penyiangan (*gutting*) merupakan langkah teknis yang krusial. Teknik *Ike Jime* dari Jepang, yang melibatkan penghancuran saraf pusat secara instan, kini diakui secara internasional sebagai metode terbaik untuk mempertahankan ATP dan mencegah kontraksi otot yang merusak tekstur (Venugopal, 2021). Pengeluaran darah yang tidak sempurna akan meninggalkan sisa hemoglobin dan mioglobin yang bertindak sebagai pro-oksidan, mempercepat ketengikan lemak dan memberikan warna gelap yang tidak diinginkan pada daging ikan (diskolorasi).
3. **Sanitasi dan Biofilm pada Sarana Tangkap:** Permukaan geladak, palka, dan keranjang yang tidak dibersihkan dengan standar SSOP (*Sanitation Standard Operating Procedures*) menjadi reservoar bagi bakteri pembusuk primer. Bakteri seperti *Pseudomonas* dan *Shewanella* memiliki kemampuan membentuk biofilm—lapisan pelindung polisakarida yang sangat resisten terhadap pencucian biasa. Kontaminasi silang dari biofilm ini dapat meningkatkan beban mikroba awal (*initial microbial load*) pada ikan hingga ribuan kali lipat (Saritha & Suseela, 2020).



Gambar 1. 4 Mekanisme Biokimia Stres Penangkapan terhadap Masa Simpan Ikan

Sumber: Penulis dengan bantuan visualisasi IA

Penjelasan Teknis Diagram: Mekanisme Biokimia Stres Penangkapan terhadap Masa Simpan Ikan

1. **Respon Hormonal dan Metabolisme Glikogen:** Ikan yang mengalami stres berat (jalur merah) akan melepaskan hormon katekolamin (adrenalin) dan kortisol secara masif. Hal ini memicu glikogenolisis cepat di otot untuk menghasilkan energi darurat. Akibatnya, saat ikan mati, cadangan glikogen sudah terkuras habis. Sebaliknya, pada ikan yang ditangani dengan stres rendah (jalur hijau), glikogen tetap terjaga dalam jumlah optimal di jaringan otot.

2. **Kinetika Asam Laktat dan Penurunan pH:** Cadangan glikogen yang terjaga akan diubah secara perlahan menjadi asam laktat melalui glikolisis anaerobik pascamati. Hal ini menyebabkan pH otot turun secara bertahap. Pada ikan stres, karena glikogen sudah habis atau sangat rendah, akumulasi asam laktat terjadi secara instan namun tidak mencapai level minimum yang ideal, atau justru pH turun sangat tajam dalam waktu singkat yang merusak struktur protein (denaturasi).
3. **Dampak pada Rigor Mortis dan Autolisis:** Penurunan pH yang terkontrol dan ketersediaan ATP yang lebih lama pada ikan non-stres memperpanjang fase **Rigor Mortis**. Rigor yang panjang adalah "benteng" alami terhadap bakteri. Pada ikan stres, rigor terjadi sangat cepat dan singkat (*fast-onset rigor*), yang segera diikuti oleh fase **Autolisis** (pembusukan oleh enzim internal). Enzim proteolitik seperti katepsin bekerja lebih agresif pada kondisi pH yang tidak stabil, menyebabkan tekstur daging menjadi lembek dan kehilangan daya ikat air (*drip loss*).
4. **Konsekuensi Akhir pada Masa Simpan:** Hasil akhirnya adalah perbedaan masa simpan yang signifikan. Ikan dengan penanganan stres rendah dapat memiliki masa simpan 30-50% lebih lama dibandingkan ikan yang ditangkap dengan stres tinggi pada suhu penyimpanan yang sama.

1.3.2 Faktor Lingkungan: Suhu Ambien, Kelembaban, dan Kontaminasi Silang

Lingkungan fisik tempat ikan berada selama rantai pasok merupakan penentu utama laju reaksi kimia dan pertumbuhan mikroba.

1. **Suhu (Faktor Paling Kritis):** Laju reaksi biokimia dalam tubuh ikan mengikuti hukum *Q10*, di mana setiap kenaikan suhu sebesar 10°C akan mempercepat laju reaksi (dan pembusukan) sebanyak 2 hingga 3 kali lipat. Berdasarkan studi oleh Huss *et al*. (2021), ikan yang disimpan pada suhu 10°C akan membusuk empat kali lebih cepat dibandingkan ikan yang disimpan pada suhu 0°C (es cair). Oleh karena itu, mempertahankan suhu pusat ikan sedekat mungkin dengan 0°C adalah hukum wajib dalam manajemen pascapanen perikanan.
2. **Kelembaban dan Kehilangan Berat (Dehidrasi):** Kelembaban udara di sekitar tempat penyimpanan memengaruhi laju penguapan air dari kulit ikan. Dehidrasi tidak hanya menyebabkan kehilangan berat ekonomis, tetapi juga merusak integritas kulit, yang memfasilitasi penetrasi oksigen ke dalam jaringan otot (memicu oksidasi lemak) dan masuknya bakteri (Olatunde & Benjakul, 2018).
3. **Kontaminasi Silang Lingkungan:** Penggunaan air laut yang tercemar untuk pencucian ikan atau es yang dibuat dari air yang tidak memenuhi standar mikrobiologis sering kali menjadi penyebab utama adanya bakteri patogen seperti *Vibrio cholerae* atau *Salmonella* pada hasil tangkapan. Integrasi antara suhu rendah dan lingkungan yang bersih secara mikrobiologis adalah kunci pertahanan mutu terpadu.

1.4 Standardisasi Mutu dan Kerangka Kerja Jaminan Keamanan Pangan

Untuk memastikan hasil perikanan layak dikonsumsi dan memenuhi syarat perdagangan internasional, diperlukan parameter pengukuran yang objektif dan sistematis.

1.4.1 Indikator Mutu: Organoleptik, Kimiawi, dan Mikrobiologis

1. **Parameter Organoleptik (Sensori):** Metode paling cepat dan praktis adalah melalui penilaian panca indera. Standar modern saat ini menggunakan *Quality Index Method* (QIM). QIM memberikan skor berdasarkan parameter spesifik (mata, insang, kulit) secara demerit (poin kesalahan). Semakin tinggi skor, semakin rendah mutunya. Huss *et al*. (2021) menyatakan bahwa evaluasi sensori tetap menjadi instrumen paling efektif karena dapat mendeteksi penyimpangan mutu sebelum parameter kimiawi menunjukkan perubahan signifikan.
2. **Parameter Kimiawi:**
    - **Total Volatile Base Nitrogen (TVB-N) & TMA:** Merupakan indikator akumulasi basa volatil akibat aktivitas bakteri dan enzim. Untuk sebagian besar ikan laut, ambang batas kesegaran maksimal adalah 30–35 mg N/100g (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2017).
    - **Nilai pH:** Penurunan pH merupakan indikator fase *post-mortem*, sementara kenaikan pH setelah mencapai titik minimum menandakan dimulainya pembusukan bakteriologis.
    - **Histamin:** Khusus pada ikan *Scombroid* (tuna, tongkol, kembung), pembentukan histamin

akibat dekarboksilasi histidin oleh bakteri (seperti *Morganella morganii*) merupakan bahaya keamanan pangan yang kritis.

3. **Parameter Mikrobiologis:** Pengukuran *Total Plate Count* (TPC) atau Angka Lempeng Total (ALT) digunakan untuk mengetahui kepadatan populasi bakteri. Standar SNI 2729:2013 menetapkan batas maksimal TPC pada ikan segar adalah 5×105 koloni/g. Selain TPC, identifikasi bakteri patogen (seperti *E. coli* dan *Salmonella*) adalah syarat mutlak keamanan pangan.

Tabel 1. 1 Batas Kritis Parameter Mutu Ikan Segar Berdasarkan Standar Internasional dan Nasional

Parameter	Ambang Batas (Ikan Segar)	Referensi Standar
Skor Organoleptik	Minimal 7 (Skala 1-9)	SNI 2729:2013
TVB-N	< 30 mg N/100g	FAO / Codex Alimentarius
Histamin (Scombroid)	< 50 ppm	FDA / EU Regulations
TPC / ALT	5×105 CFU/g	BSN (Indonesia)

Tabel 1. 2 Matriks Parameter Mutu Berdasarkan Tingkat Kesegaran Ikan

Atribut	Kelas Prima	Kelas Layak	Kelas Ditolak (Busuk)
Mata	Cembung, Pupil Hitam, Kornea Bening	Rata, Agak Keruh	Cekung, Merah, Keruh
Insang	Merah Cerah, Tanpa Lendir	Merah Muda, Sedikit Lendir	Cokelat Keabuan, Berlendir Bau
TVB-N	< 15 mg/100g	15 - 30 mg/100g	> 35 mg/100g
K-Value	< 20%	20 - 60%	> 60%
TPC	< 103 CFU/g	104−105 CFU/g	> 5×105 CFU/g

1.4.2 Pengantar Jaminan Mutu: Konsep Dasar Keamanan Pangan Global

Industri perikanan global telah bergeser dari pengujian produk akhir (*end-product testing*) menuju pendekatan preventif yang terintegrasi.

1. **HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*):** Sistem ini merupakan tulang punggung jaminan keamanan pangan hasil perikanan. HACCP berfokus pada identifikasi titik kendali kritis (CCP), seperti suhu selama pembekuan atau waktu tunggu di dermaga, untuk mencegah bahaya fisik, kimia, dan biologi sebelum terjadi (Ababouch, 2020).

2. Prasyarat **(GMP dan SSOP):** HACCP tidak dapat berjalan tanpa landasan *Good Manufacturing Practices* (GMP) atau Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB) dan SSOP. Ini mencakup desain fasilitas yang higienis, manajemen air dan es, serta kesehatan personel.
3. **Codex Alimentarius** dan **ISO 22000:** Sebagai komoditas global, hasil perikanan harus mematuhi standar *Codex* untuk memfasilitasi perdagangan lintas negara, yang mengintegrasikan aspek keamanan pangan dengan aspek teknis pelabelan dan ketelusuran (*traceability*).

Bab ini telah menguraikan landasan fundamental mengapa hasil perikanan memerlukan perlakuan yang jauh lebih spesifik dan ketat dibandingkan komoditas pangan hewani lainnya. Berikut adalah poin-poin kunci yang menjadi intisari pembahasan:

1. Ontologi dan Karakteristik Komoditas

Hasil perikanan didefinisikan secara operasional sebagai organisme perairan bernilai ekonomi yang memiliki sifat **perishable** (cepat rusak) yang ekstrem. Karakteristik ini berakar pada tingginya aktivitas air (*aw* ≈0.99), rendahnya kandungan jaringan ikat (kolagen), dan kelimpahan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA). Kombinasi faktor-faktor ini menjadikan ikan sebagai media pertumbuhan mikroba dan substrat degradasi enzimatis yang sangat reaktif (Venugopal, 2021).

2. Dikotomi Mutu: Intrinsik vs Ekstrinsik

Mutu ikan tidak bersifat statis dan dipengaruhi oleh dua pilar utama:

- **Mutu Intrinsik:** Faktor biologis bawaan (spesies, siklus hidup, kondisi pakan) yang menentukan potensi awal kesegaran.
- **Mutu** Ekstrinsik**:** Faktor antropogenik (metode penangkapan, sanitasi, manajemen suhu) yang menentukan seberapa cepat potensi awal tersebut menurun. Filosofi utama yang harus dipegang oleh praktisi perikanan adalah bahwa mutu hanya dapat **dipertahankan**, bukan ditingkatkan. Intervensi teknologi bertujuan untuk mengunci kesegaran (*lock-in freshness*) pada titik tertinggi, yaitu saat ikan baru saja mati (Huss *et al*., 2021).

3. Dinamika Pascamati (*Post-Mortem*)

Transisi ikan dari makhluk hidup menjadi bahan pangan melibatkan empat fase biokimia yang krusial:

1. **Prerigor:** Fase fleksibilitas otot di mana metabolisme anaerobik menghasilkan asam laktat dan menurunkan pH.
2. **Rigor Mortis:** Kekakuan otot akibat pengosongan ATP. **Memperpanjang** fase ini melalui pendinginan instan adalah kunci memperpanjang masa simpan.
3. **Autolisis:** Degradasi struktur jaringan oleh enzim endogen (katepsin dan kalpain) yang melunakkan tekstur daging.
4. **Pembusukan Bakteriologis:** Proliferasi mikroba (seperti *Pseudomonas* spp.) yang merombak senyawa nitrogen (TMAO) menjadi basa volatil (TMA) dan amonia (Saritha & Suseela, 2020).

4. Matriks Faktor Penentu Penurunan Mutu

Laju entropi mutu dipengaruhi secara signifikan oleh:

- **Stres Pre-Mortem:** Metode penangkapan yang menyebabkan ikan meronta (*struggling*) menghabiskan glikogen lebih cepat, memperpendek rigor mortis, dan mempercepat pembusukan.
- **Termodinamika Suhu:** Mengikuti hukum *Q*10, di mana setiap kenaikan suhu 10°C akan mempercepat laju reaksi kimia pembusukan sebanyak 2 hingga 3 kali lipat. Manajemen suhu pada 0°C (es cair) adalah standar emas dalam pertahanan mutu (Metusalach *et al*., 2021).
- Higiene **Operasional:** Pengendalian biofilm pada peralatan dan pencegahan kontaminasi silang sangat menentukan beban mikroba awal.

5. Validasi dan Standardisasi Mutu

Pengukuran mutu telah bergeser dari pengujian produk akhir ke arah pemantauan preventif dan objektif menggunakan:

- **Indikator Sensori:** *Quality Index Method* (QIM) sebagai standar pengukuran demerit yang akurat.
- **Indikator Kimiawi:** *K-value* (degradasi ATP), TVB-N, dan kadar Histamin.
- **Kerangka Keamanan Pangan:** Implementasi HACCP yang didukung oleh GMP dan SSOP untuk menjamin produk memenuhi standar regulasi global (FAO, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

Ababouch, L. (*2020*). *Fisheries and Aquaculture: The Importance of Quality and Safety Standards*. Food and Agriculture Organization (FAO).

Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 2729:2013 Ikan Segar (Amandemen dan Penerapan)*. Jakarta: BSN.

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

Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2013). Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: Review. American Journal of Applied Sciences, 10(8), 859–877. https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.859.877

Huss, H. H., Ababouch, L., & Gram, L. (2021). *Assessment and Management of Seafood Safety and Quality*. Food and Agriculture Organization (FAO).

Metusalach, M., Kasmiati, K., Fahrul, F., & Jaya, I. (2021). Pengaruh teknik penangkapan dan penanganan terhadap kualitas ikan kembung (*Rastrelliger* sp.). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(1), 34-45.

Olatunde, O. O., & Benjakul, S. (2018). Natural preservatives for extending the shelf-life of seafood: A revisit. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(6), 1594–1612. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12390

Saritha, K., & Suseela, M. (2020). Post-mortem changes in fish and their implications on quality. In *Seafood Quality and Safety* (pp. 45–62). Springer Nature.

Venugopal, V. (2021). *Post-harvest Quality Assurance of Fish and Fishery Products*. Academic Press.

BAB 2

KLASIFIKASI, JENIS, DAN KARAKTERISTIK IKAN HASIL TANGKAPAN

Oleh Handayani

Sumber daya perairan adalah salah satu aset penting. Sumber daya ikan merupakan salah satu makanan yang sangat penting, karena berperan dalam memenuhi kebutuhan protein hewani, meningkatkan gizi masyarakat, dan memperkuat ekonomi negara. Menurut FAO, (2024), sektor perikanan di seluruh dunia memiliki peran penting dalam menjaga ketahanan pangan global dan menyediakan sumber protein untuk masyarakat yang tinggal di daerah pesisir maupun di kota.

Ikan dikenal sebagai sumber makanan yang kaya akan protein, mengandung semua asam amino penting, serta vitamin, mineral, dan asam lemak omega-3 yang sangat baik untuk kesehatan manusia. Menurut FAO (1995), protein dari ikan memiliki nilai biologis yang tinggi dan lebih mudah dicerna dibandingkan dengan beberapa sumber protein hewani lainnya. Selain itu, kandungan asam lemak tidak jenuh dalam ikan sangat penting untuk menjaga kesehatan jantung dan perkembangan otak. Walaupun ikan memiliki kandungan gizi yang tinggi, jenis makanan ini sangat cepat rusak. Setelah ikan mati, proses autolisis yang disebabkan oleh kerja enzim, oksidasi lemak, dan pertumbuhan mikroorganisme terjadi

dengan cepat, sehingga kualitas ikan menurun. Menurut FAO - Penanganan Ikan dan Produk Ikan (1995), kualitas ikan bisa menurun hanya dalam beberapa jam jika ikan tidak segera didinginkan dengan baik setelah ditangkap.

Ciri-ciri ikan yang ditangkap sangat bervariasi tergantung pada jenisnya, tempat hidupnya, jumlah lemak, ukuran tubuh, dan keadaan lingkungan di sekitarnya. Ikan pelagis seperti tuna, tongkol, dan cakalang mengandung lemak yang lebih banyak dibandingkan dengan ikan demersal seperti kakap dan kerapu. Ikan yang mengandung banyak lemak lebih mudah teroksidasi dan membentuk histamin, sehingga membutuhkan pengaturan suhu dingin yang lebih ketat. Selain kualitas dan keamanan makanan, mengenali jenis ikan juga sangat penting dalam pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan.

Identifikasi dan klasifikasi ikan adalah proses mengelompokkan ikan berdasarkan ciri-ciri tertentu seperti bentuk tubuh, tempat hidup, kandungan lemak, dan sifat-sifat biologis lainnya. Berdasarkan informasi dari Perpustakaan KKP (2020), klasifikasi ikan dilakukan untuk membantu mengenali spesies, mengelola sumber daya, mengawasi kualitas, dan mengembangkan industri hasil perikanan. Identifikasi jenis ikan sangat penting karena setiap spesies memiliki ciri fisik dan kimia yang berbeda-beda. Perbedaan itu memengaruhi ketahanan ikan saat disimpan, tingkat kesegarannya, dan cara penanganan yang digunakan. Contohnya, ikan tuna mempunyai banyak histidin bebas, jadi ikan ini lebih mudah menghasilkan histamin jika tidak disimpan dengan suhu dingin yang tepat. Berdasarkan Codex Alimentarius - Produk Ikan dan Perikanan (2023), jika suhu penyimpanan ikan scombroid seperti tuna dan tongkol tidak dijaga dengan baik, bisa terjadi pembentukan histamin yang dapat menyebabkan keracunan makanan.

Klasifikasi ikan menurut tempat tinggalnya juga memengaruhi sifat kualitas ikan. Ikan pelagis yang tinggal di lapisan air biasanya banyak bergerak dan memiliki lebih banyak lemak dibandingkan dengan ikan demersal yang berada di dasar air. Menurut FAO (1995), kandungan lemak yang tinggi membuat ikan pelagis lebih gampang mengalami oksidasi lemak saat disimpan.

Dalam dunia perdagangan dan industri perikanan, mengenali jenis ikan sangat penting. Hal ini membantu menentukan kualitas ikan, harga jualnya, dan juga arah pemasarannya. Produk perikanan yang diekspor, seperti tuna, kakap, udang, dan cakalang, membutuhkan identifikasi spesies yang tepat agar bisa memenuhi standar keamanan pangan internasional dan juga untuk memastikan ketelusuran produk, bahwa sistem pelacakan produk perikanan adalah salah satu syarat penting dalam perdagangan global hasil perikanan.

Selain itu, pengelompokan ikan juga berperan dalam pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan. KKP (2023) menjelaskan bahwa informasi tentang jenis ikan yang ditangkap sangat penting untuk menjaga jumlah sumber daya ikan, mengetahui bagaimana pemanfaatannya, dan mendukung kebijakan perlindungan perikanan. Dengan begitu, mengetahui dan mengelompokkan ikan itu penting tidak hanya untuk kualitas dan perdagangan, tetapi juga untuk menjaga kelestarian sumber daya air.

2.1 Hubungan Karakteristik Ikan dengan Penanganan dan Penyimpanan

Karakteristik ikan yang ditangkap sangat terkait dengan cara penanganan dan penyimpanannya. Setiap jenis ikan memiliki karakteristik biologis dan kimia yang berbeda, jadi diperlukan cara penanganan yang berbeda juga agar kualitas

dan kesegarannya tetap terjaga. Menurut FAO (1995), ada beberapa faktor yang sangat mempengaruhi seberapa cepat ikan menjadi rusak setelah ditangkap, yaitu kandungan air, protein, lemak, aktivitas enzim, dan mikroorganisme.

Ikan mengandung banyak air, sekitar 60–80% dari berat tubuhnya. Keadaan ini membuat ikan menjadi tempat yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan. Selain itu, jaringan otot ikan lebih lembut dan memiliki enzim proteolitik yang aktif, sehingga proses autolisis terjadi lebih cepat dibandingkan dengan daging hewan ternak. Menurut FAO (1995), proses autolisis membuat tekstur ikan menjadi lebih lembut, mengubah aroma, dan menurunkan kualitas organoleptik ikan.

Kandungan lemak pada ikan juga berpengaruh terhadap cara penyimpanan yang dipakai. Ikan yang mengandung banyak lemak seperti tuna, tongkol, dan kembung lebih mudah mengalami oksidasi lemak. Proses ini dapat menyebabkan rasa ikan menjadi tengik dan mengubah warna dagingnya. Karena itu, ikan berlemak perlu disimpan pada suhu yang lebih rendah dan memerlukan sistem rantai dingin yang baik agar reaksi oksidasi berjalan lebih lambat. Sebaliknya, ikan yang memiliki daging putih dan sedikit lemak biasanya lebih tahan lama saat disimpan dalam kondisi dingin.

Ukuran tubuh ikan juga berpengaruh pada seberapa efektif proses pendinginan berlangsung. Ikan yang berukuran besar memerlukan waktu lebih lama untuk mendapatkan suhu dingin di bagian dalam tubuhnya dibandingkan dengan ikan yang berukuran kecil. Jika pendinginan terlambat, maka bakteri yang menyebabkan pembusukan akan tumbuh lebih cepat dan kualitas ikan akan menurun lebih cepat. Penanganan ikan yang baik bertujuan untuk mengurangi

aktivitas mikroorganisme, enzim, dan reaksi kimia yang dapat menyebabkan kerusakan.

Prinsip dasar dalam mengelola hasil tangkapan mencakup penerapan kebersihan dan sanitasi, mencegah kerusakan fisik, penggunaan es, serta menjaga suhu rendah dengan sistem rantai dingin. Menurut Codex Alimentarius (2023), penggunaan rantai dingin secara terus-menerus adalah cara yang paling efektif untuk menjaga keamanan dan kualitas produk perikanan. Dengan begitu, memahami ciri-ciri ikan yang ditangkap sangat penting untuk memilih cara yang tepat dalam menangani dan menyimpan ikan tersebut. Pengetahuan itu sangat penting untuk memastikan kualitas, keamanan makanan, nilai ekonomi, dan daya saing produk perikanan di pasar dalam negeri maupun luar negeri.

2.2 Klasifikasi Ikan Hasil Tangkapan

Klasifikasi ikan yang ditangkap adalah proses mengelompokkan ikan berdasarkan ciri-ciri tertentu, seperti tempat tinggal, area berenang, jumlah lemak, nilai ekonomi, dan bentuk tubuh. Klasifikasi ini sangat penting dalam dunia perikanan karena membantu kita mengenali spesies, mengelola sumber daya, menangani hasil tangkapan setelah memancing, memproses hasil perikanan, dan juga dalam memasarkan produk perikanan.

2.1.1 Klasifikasi Berdasarkan Habitat

Habitat merupakan lingkungan tempat hidup organisme perairan. Ikan dibedakan menurut tempat tinggalnya menjadi ikan yang hidup di laut, ikan yang hidup di air payau, dan ikan yang hidup di air tawar. Perbedaan tempat tinggal ikan mempengaruhi cara tubuh ikan berfungsi, kandungan mineral yang ada di dalamnya, kadar garam yang terdapat dalam tubuhnya,

cara ikan beradaptasi, serta ciri-ciri kualitas ikan tersebut. Menurut Departemen Perikanan dan Akuakultur FAO (2024), lingkungan perairan adalah faktor penting yang mempengaruhi penyebaran dan penyesuaian biologis ikan.

A. Ikan Laut

Ikan laut adalah ikan yang hidup dan berkembang biak di air laut yang memiliki kadar garam tinggi, yaitu sekitar 30–35 ppt. Ikan laut biasanya mengandung lebih banyak mineral daripada ikan yang hidup di air tawar dan juga bisa mengatur kadar garam di sekitarnya dengan baik. Contoh ikan yang hidup di laut antara lain tuna, cakalang, tongkol, kakap, kerapu, dan tenggiri. Menurut KKP (2023), ikan laut adalah produk utama dari perikanan tangkap di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi, baik untuk konsumsi di dalam negeri maupun untuk ekspor.

Ikan laut biasanya memiliki rasa yang lebih enak karena mengandung lebih banyak mineral dan asam amino bebas. Selain itu, beberapa jenis ikan laut yang hidup di permukaan memiliki banyak asam lemak omega-3, yang baik untuk kesehatan manusia.

B. Ikan Air Payau

Ikan air payau adalah ikan yang tinggal di daerah estuari, yaitu tempat di mana air laut dan air tawar bercampur dengan kadar garam yang berubah-ubah. Lingkungan air payau sering kali ada di daerah mangrove, muara sungai, dan tambak di pantai.

Contoh ikan yang hidup di air payau termasuk bandeng, kakap putih, dan belanak. Menurut FAO (2022), ikan yang hidup di air payau bisa beradaptasi dengan baik terhadap perubahan kadar garam di lingkungan mereka. Ikan yang hidup di air payau memiliki daging yang cukup padat dan rasa yang unik. Ini terjadi karena ikan tersebut beradaptasi dengan perubahan kadar garam dalam air. Selain itu, banyak ikan yang hidup di air payau dibesarkan dengan cara intensif karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi.

C. Ikan Air Tawar

Ikan air tawar adalah ikan yang tinggal di tempat yang memiliki sedikit garam seperti sungai, danau, waduk, dan rawa. Ikan yang hidup di air tawar memiliki ciri fisik yang berbeda dibandingkan dengan ikan yang hidup di laut, terutama dalam cara mereka menjaga keseimbangan ion dan tekanan osmotik. Contoh ikan yang hidup di air tawar adalah nila, lele, patin, gurami, dan ikan mas. Menurut KKP (2023), ikan yang hidup di air tawar adalah sumber protein yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia dan memiliki peran yang besar dalam bidang budidaya perikanan.

Secara umum, ikan yang hidup di air tawar memiliki bau yang lebih lembut dibandingkan dengan ikan yang hidup di laut dan juga mengandung mineral yang lebih sedikit. Namun, beberapa jenis ikan yang hidup di air tawar mengandung lemak dan protein yang cukup tinggi.



2.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Zona Renang

Ikan dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan zona tempat mereka berenang, yaitu ikan pelagis besar, ikan pelagis kecil, dan ikan demersal. Pengelompokan ini didasarkan pada letak ikan di dalam air dan cara ikan bergerak. Menurut FAO (2024), pengelompokan zona renang sangat penting untuk menentukan cara menangkap ikan dan mengelola stok ikan.

A. Ikan Pelagis Besar

Ikan pelagis besar adalah ikan yang tinggal di lapisan permukaan sampai pertengahan laut dan bisa berpindah tempat dengan jarak yang jauh. Ikan ini biasanya berukuran besar, suka berenang, dan memerlukan banyak oksigen. Ikan pelagis besar yang bisa kita contohkan adalah tuna, marlin, dan

hiu. Tuna adalah salah satu jenis ikan besar yang hidup di laut dan memiliki nilai ekspor yang tinggi di pasar internasional. Ikan pelagis besar biasanya mengandung banyak protein dan lemak. Karena itu, jika tidak ditangani dengan baik, ikan ini bisa mengalami oksidasi lemak dan pembentukan histamin.

B. Ikan Pelagis Kecil

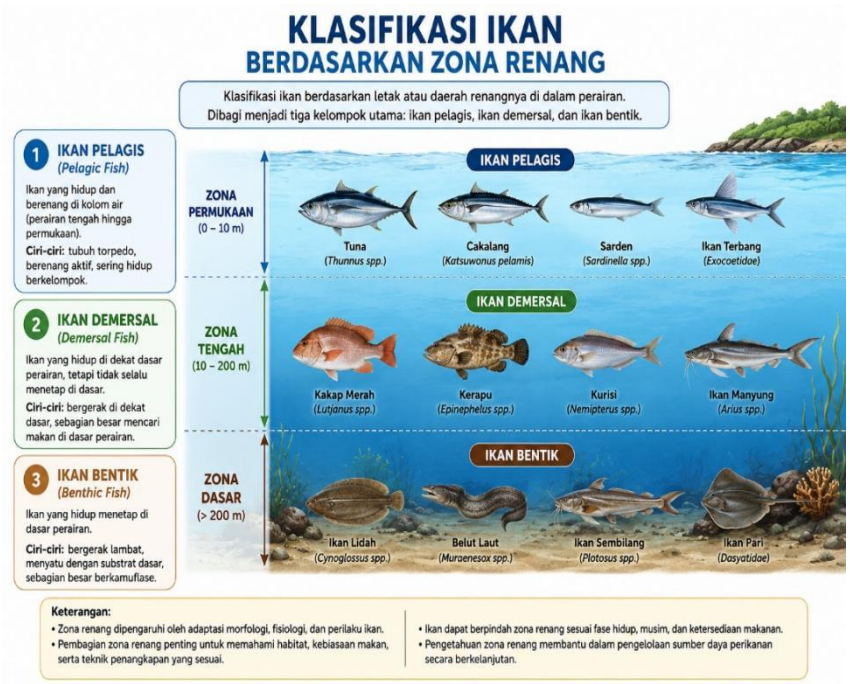
Ikan pelagis kecil adalah ikan yang hidup berkelompok di daerah permukaan sampai tengah laut dan memiliki ukuran tubuh yang cukup kecil. Ikan ini biasanya menjadi makanan bagi banyak orang karena jumlahnya banyak dan harganya cukup terjangkau.

Ikan pelagis kecil contohnya adalah lemuru, kembung, selar, dan sarden. Ikan pelagis kecil kaya akan omega-3 dan merupakan bagian penting dalam rantai makanan laut. Karena ikan pelagis kecil mengandung banyak lemak, ikan ini bisa cepat mengalami ketengikan jika tidak disimpan pada suhu dingin yang tepat.

C. Ikan Demersal

Ikan demersal adalah jenis ikan yang tinggal di dasar air atau dekat dengan permukaan laut. Ikan ini biasanya bergerak lebih pelan dibandingkan dengan ikan pelagis dan memiliki bentuk tubuh yang disesuaikan dengan lingkungan di dasar perairan.

Ikan demersal contohnya adalah kakap, kerapu, kurisi, dan manyung. Ikan demersal biasanya memiliki kandungan lemak yang lebih sedikit dibandingkan ikan pelagis. Daging ikan demersal umumnya berwarna putih, memiliki



tekstur yang padat, dan lebih tahan lama saat disimpan dalam kondisi dingin dibandingkan dengan ikan pelagis.

2.3.2 Klasifikasi Berdasarkan Kandungan Lemak

Kandungan lemak adalah salah satu hal yang sangat penting yang mempengaruhi nilai gizi, rasa, tekstur, dan masa simpan ikan. Menurut FAO (1995), ikan bisa dibagi menjadi tiga kategori yaitu ikan yang mengandung lemak tinggi, lemak sedang, dan lemak rendah.

A. Ikan Berlemak Tinggi

Ikan yang mengandung lemak tinggi memiliki kadar lemak lebih dari 8%. Contoh ikan yang dimaksud adalah tuna, salmon, mackerel, dan sarden. Ikan yang memiliki banyak lemak

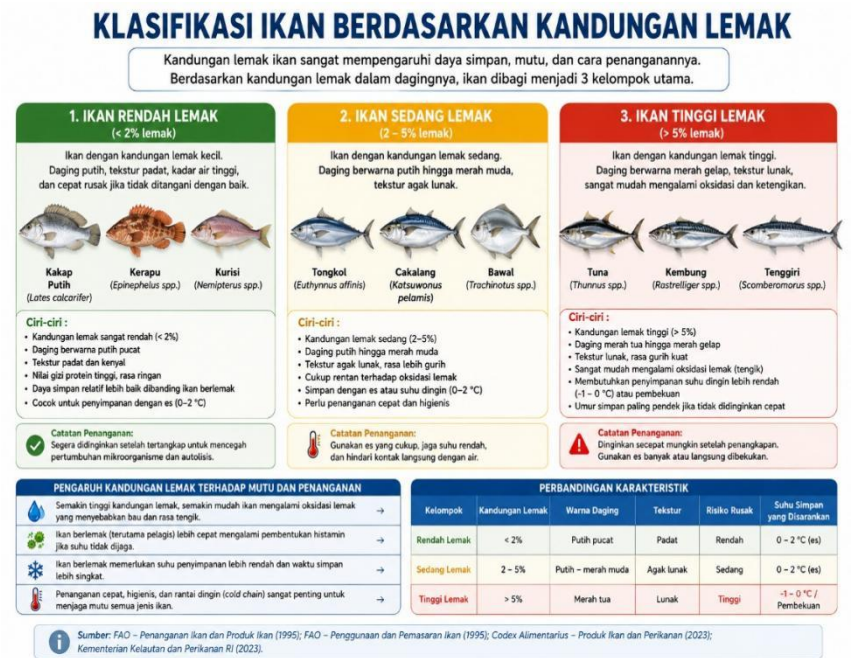
mengandung asam lemak omega-3 yang tinggi, tetapi lebih gampang mengalami proses oksidasi lipid yang bisa membuatnya menjadi tengik. Karena itu, jenis ikan ini memerlukan penyimpanan dengan suhu rendah yang lebih ketat.

B. Ikan Berlemak Sedang

Ikan yang berlemak biasanya mengandung lemak sekitar 2 hingga 8 persen. Contohnya adalah ikan bandeng, ikan kakap, dan beberapa jenis ikan tongkol. Ikan ini memiliki keseimbangan yang baik antara protein dan lemak, sehingga cocok untuk berbagai cara pengolahan dan penyimpanan.

C. Ikan Berlemak Rendah

Ikan yang memiliki sedikit lemak mengandung lemak kurang dari 2%. Contoh ikan ini termasuk cod, kurisi, dan beberapa jenis ikan demersal yang memiliki daging putih. Ikan yang mengandung sedikit lemak biasanya lebih tahan terhadap proses oksidasi dibandingkan dengan ikan yang memiliki kandungan lemak yang tinggi.



2.3 Klasifikasi Berdasarkan Nilai Ekonomis

Nilai ekonomi ikan dipengaruhi oleh permintaan di pasar, kualitas dagingnya, nilai ekspor, dan seberapa banyak masyarakat mengonsumsinya.

A. Ikan Ekonomis Tinggi

Ikan yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah ikan yang dijual dengan harga tinggi dan memiliki banyak pasar untuk diekspor. Contohnya adalah ikan tuna, ikan kakap, ikan kerapu, lobster, dan udang. Menurut KKP (2023), tuna adalah salah satu produk ekspor utama dari Indonesia.

B. Ikan Ekonomis Menengah

Ikan yang memiliki nilai ekonomi menengah biasanya dijual dengan harga yang wajar dan dikonsumsi oleh banyak orang di dalam negeri. Contohnya meliputi

tongkol, cakalang, dan bandeng. Ikan ini sangat penting untuk memenuhi kebutuhan protein bagi masyarakat.

C. Ikan Ekonomis Rendah

Ikan dengan harga terjangkau adalah ikan yang harganya cukup murah dan biasanya dijual di pasar lokal. Contohnya adalah ikan rucah dan beberapa jenis ikan kecil yang ditangkap sebagai hasil sampingan. Walaupun memiliki nilai ekonomi yang rendah, jenis ikan ini sering digunakan sebagai bahan untuk membuat tepung ikan dan pakan untuk hewan ternak.

2.4 Karakteristik Fisik

Ciri fisik ikan adalah sifat-sifat yang bisa kita lihat dan rasakan, seperti bentuk tubuhnya, warna, tekstur, serta keadaan kulit dan sisiknya. Ciri-ciri fisik biasanya dipakai sebagai tanda awal untuk menilai kualitas dan kesegaran ikan.

A. Bentuk Tubuh

Bentuk tubuh ikan berbeda-beda tergantung pada tempat tinggalnya, cara ia bergerak, dan bagaimana ia beradaptasi dengan lingkungan di sekitarnya. Menurut FAO (2024), bentuk tubuh ikan sangat berkaitan dengan kemampuannya dalam berenang, cara makannya, dan tempat tinggalnya.

Ikan pelagis seperti tuna dan tongkol umumnya memiliki bentuk tubuh torpedo (fusiform) yang ramping dan aerodinamis sehingga mampu berenang cepat di perairan terbuka. Sebaliknya, ikan demersal seperti pari dan ikan lidah memiliki bentuk tubuh pipih yang membantu adaptasi di dasar perairan. Bentuk tubuh ikan juga memengaruhi proses penanganan dan pendinginan. Ikan bertubuh besar dan tebal membutuhkan waktu

BENTUK TUBUH	CIRI-CIRI	CONTOH IKAN	GAMBAR
1. FUSIFORM (TORPEDO)	• Tubuh memanjang, bulat di bagian tengah • Meruncing di bagian kepala dan ekor • Aerodinamis, perenang cepat • Hidup di perairan terbuka (pelagis)	**Tuna** (*Thunnus* sp.)	
2. COMPRESSIFORM (PIPIH)	• Tubuh pipih ke samping • Bentuk tinggi dan tipis • Lincah bermanuver di antara karang/vegetasi • Umumnya ikan karang (reef fish)	**Ikan Kakap** (*Lutjanus* sp.)	
3. DEPRESSIFORM (PIPIH KE BAWAH)	• Tubuh pipih ke bawah (depres) • Mata berada di bagian atas kepala • Hidup di dasar perairan (demersal) • Berkamuflase dengan substrat dasar	**Ikan Lidah** (*Cynoglossus* sp.)	
4. ANGUILIFORM (SEPERTI BELUT)	• Tubuh panjang seperti ular • Tidak memiliki sirip perut • Hidup di celah-celah, lumpur atau dasar perairan • Sangat lentur	**Sidat** (*Anguilla* sp.)	
5. SAGITTAFORM (MEMANJANG RUNCING)	• Tubuh panjang dan ramping • Mulut runcing seperti tombak • Perenang cepat • Predator aktif di perairan terbuka	**Ikan Tenggiri** (*Scomberomorus* sp.)	
6. GLOBIFORM (BULAT/OVAL)	• Tubuh bulat atau oval • Perenang lambat • Hidup di perairan dengan arus tenang • Biasanya dapat mengembang (pada beberapa jenis)	**Ikan Buntal** (Tetraodontidae)	
7. RACHIFORM (MEMIPIH MEMANJANG)	• Tubuh pipih seperti cakram • Sirip dada melebar seperti sayap • Hidup di dasar perairan • Beberapa memiliki sengat di ekor	**Ikan Pari** (Dasyatidae)	

Sumber: FAO. 1995. Fish Utilization and Marketing. FAO Fisheries Technical Paper No. 348. Rome: FAO. p. 18–22; Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2023. Pedoman Penanganan Ikan di Atas Kapal. Jakarta: KKP.

pendinginan lebih lama dibandingkan ikan kecil atau pipih. Oleh karena itu, bentuk tubuh menjadi pertimbangan penting dalam proses penyimpanan dan distribusi hasil tangkapan.

B. Warna dan Kilap

Warna tubuh dan kilau kulit ikan adalah tanda utama untuk menilai kesegaran ikan. Ikan yang baru ditangkap biasanya memiliki warna yang cerah, kulit yang bersinar, dan permukaan tubuh yang masih ditutupi oleh lendir yang jernih. Menurut FAO (1995), hilangnya kilau alami pada kulit ikan menunjukkan bahwa kualitasnya menurun karena aktivitas mikroorganisme dan proses oksidasi.

Pada ikan yang baru, warna alami masih tetap baik sehingga tubuhnya terlihat cerah. Namun, setelah ikan mengalami penurunan kualitas, warna kulitnya menjadi

tidak cerah dan lendirnya menjadi keruh karena aktivitas bakteri pengurai. Selain itu, perubahan warna daging bisa juga terjadi karena oksidasi pada pigmen darah dan lemak. Pada ikan tuna, contohnya, warna merah yang cerah bisa berubah menjadi cokelat jika mioglobin mengalami oksidasi saat disimpan.

C Tekstur Daging

Tekstur daging ikan dipengaruhi oleh bagaimana serat ototnya tersusun, jumlah air yang ada, kadar lemak, dan seberapa segar ikan tersebut. Ikan yang baru ditangkap punya daging yang keras, kenyal, dan tidak gampang hancur. Menurut FAO (1995), proses autolisis yang terjadi setelah ikan mati membuat jaringan otot menjadi lembek secara perlahan karena kerja enzim proteolitik.

Tekstur daging ikan pelagis biasanya lebih lembut dibandingkan dengan ikan demersal karena memiliki kandungan lemak yang lebih banyak. Sementara itu, ikan yang hidup di dasar laut seperti kakap dan kerapu memiliki tekstur yang lebih padat dan rapat.

Perubahan tekstur menjadi lembek adalah salah satu tanda utama bahwa kualitas ikan menurun saat disimpan.

D. Struktur Kulit dan Sisik

Kulit ikan berperan sebagai pelindung tubuh dari kerusakan fisik, infeksi oleh mikroorganisme, dan perubahan di lingkungan. Di permukaan kulit ada lapisan lendir yang mengandung zat antimikroba alami. Menurut KKP (2023), sisik ikan berfungsi untuk melindungi tubuhnya dan juga membantu mengurangi gesekan saat ikan berenang. Ikan yang memiliki sisik, seperti bandeng dan kakap, lebih terlindungi dari luka fisik dibandingkan dengan ikan yang tidak bersisik,

seperti lele dan patin. Kerusakan pada kulit dan sisik ikan saat ditangkap bisa membuat mikroorganisme lebih cepat masuk dan mempercepat proses pembusukan ikan..

2.5 Karakteristik Biologis

Ciri-ciri biologis ikan berhubungan dengan susunan biologis tubuh ikan yang mempengaruhi kualitas, daya tahan, dan kandungan gizi.

A. Kandungan Air

Ikan mengandung air dalam jumlah yang sangat banyak, yaitu sekitar 60–80% dari berat tubuhnya. Kadar air yang tinggi membuat ikan menjadi tempat yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme yang dapat menyebabkan pembusukan. Kandungan air yang banyak juga membuat tekstur ikan menjadi lebih lembut dan mudah rusak saat ditangani. Karena itu, mengatur suhu sangat penting untuk mengurangi aktivitas mikroorganisme pada ikan.

B. Kandungan Protein

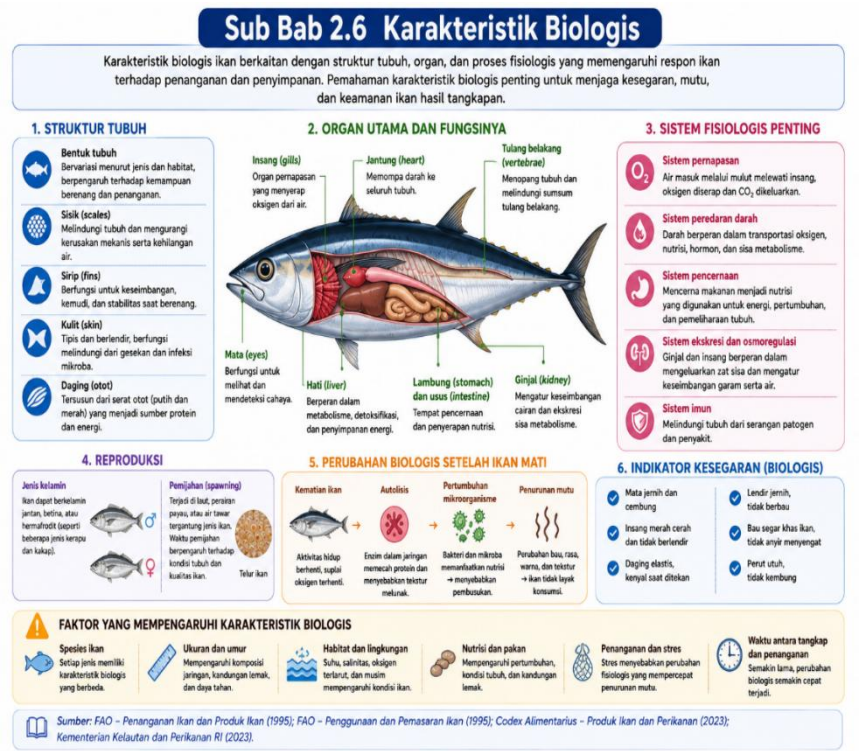
Ikan adalah sumber protein hewani yang sangat baik, dengan kandungan protein sekitar 15–24%. Protein dari ikan memiliki semua asam amino penting yang lengkap dan mudah dicerna oleh tubuh manusia. Protein dari ikan memiliki nilai biologis yang tinggi dan sangat penting untuk mendukung pertumbuhan serta kesehatan manusia. Namun, protein dalam ikan mudah rusak karena kegiatan enzim dan mikroorganisme, yang dapat menyebabkan munculnya senyawa berbau tidak sedap saat disimpan.

C. Kandungan Lemak

Kadar lemak pada ikan berbeda-beda tergantung pada jenisnya, tempat tinggalnya, musim, dan apa yang dimakannya. Ikan pelagis seperti tuna, salmon, dan kembung biasanya memiliki lebih banyak lemak dibandingkan dengan ikan demersal. Lemak ikan mengandung banyak asam lemak tak jenuh omega-3 yang baik untuk kesehatan, tetapi juga mudah teroksidasi. Oksidasi lemak membuat ikan menjadi bau, mengubah aromanya, dan menurunkan kualitasnya saat disimpan.

D. Aktivitas Enzim dan Mikroorganisme

Setelah ikan sudah mati, aktivitas enzim yang ada di dalam tubuh ikan masih terus berjalan dan ini mengakibatkan proses autolisis. Enzim proteolitik akan memecah protein dalam otot, sehingga membuat tekstur ikan menjadi lebih lembut. Selain itu, mikroorganisme yang menyebabkan pembusukan tumbuh dengan sangat cepat, terutama di suhu yang tinggi. Bakteri yang menyebabkan pembusukan pada ikan sebagian besar berasal dari insang, lendir kulit, dan saluran pencernaan ikan. Kegiatan mikroorganisme menghasilkan zat-zat seperti amonia dan trimetilamin yang menimbulkan bau tidak sedap pada ikan.



2.6 Karakteristik Kimiawi

Ciri-ciri kimia ikan berhubungan dengan perubahan bahan kimia di dalam tubuh ikan saat disimpan dan ditangani.

A. pH Daging Ikan

Nilai pH ikan segar biasanya berada dalam rentang 6,0 hingga 6,8. Setelah ikan mati, cadangan glikogen diubah menjadi asam laktat yang menyebabkan pH menjadi lebih rendah. Perubahan pH sangat berpengaruh pada tekstur, warna, dan aktivitas mikroorganisme yang ada pada ikan. Kenaikan pH saat penyimpanan menunjukkan bahwa telah terjadi pembusukan karena aktivitas bakteri.

B. Oksidasi Lemak

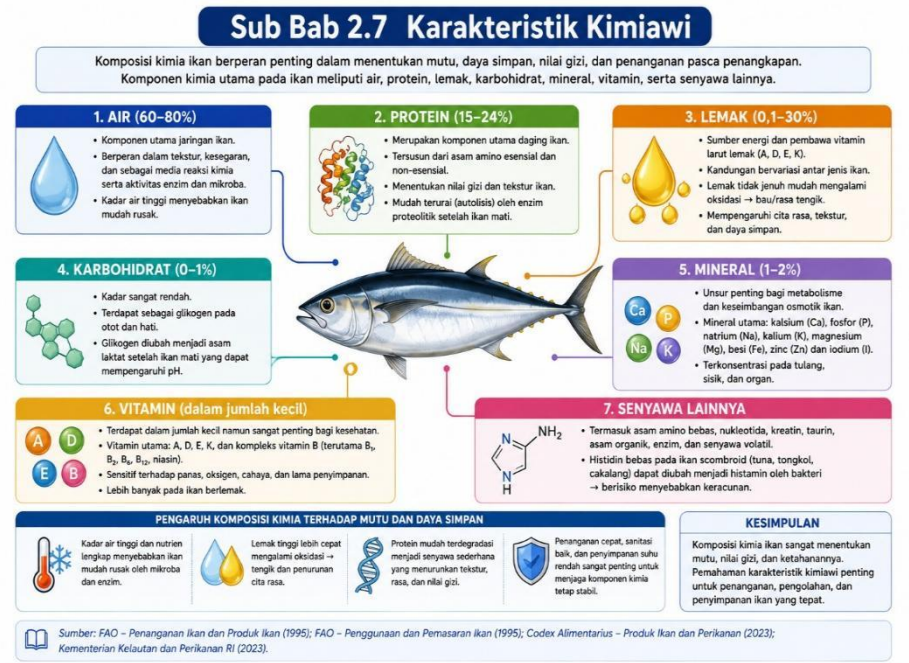
Oksidasi lemak adalah reaksi kimia yang terjadi antara lemak ikan dan oksigen. Proses ini menghasilkan senyawa seperti keton, aldehid, dan peroksida yang dapat menyebabkan rasa tengik. Ikan yang mengandung banyak lemak sangat mudah teroksidasi, terutama jika disimpan pada suhu tinggi atau terkena sinar matahari langsung. Oksidasi lemak adalah salah satu penyebab utama menurunnya kualitas ikan saat disimpan dalam keadaan beku.

C. Pembentukan Histamin

Histamin terbentuk karena kerja bakteri yang mengubah histidin yang bebas menjadi histamin. Proses ini sering terjadi pada ikan dari keluarga Scombridae seperti tuna, tongkol, dan cakalang. Pembentukan histamin bisa dihindari dengan cepat dan konsisten menjaga suhu dingin. Tingginya kadar histamin bisa mengakibatkan keracunan makanan pada manusia.

D. Perubahan Pasca Kematian (Post Mortem)

Perubahan setelah kematian pada ikan terdiri dari tiga fase, yaitu fase sebelum kaku, fase kaku (rigor mortis), dan fase setelah kaku. Saat fase rigor mortis, otot ikan menjadi kaku karena ATP di jaringan otot telah habis. Setelah itu, jaringan otot menjadi lebih lembut lagi karena kerja enzim.



2.7 Karakteristik Organoleptik Ikan Hasil Tangkapan

Karakteristik organoleptik adalah cara untuk menilai kualitas ikan dengan menggunakan indra manusia, terutama penglihatan, penciuman, dan peraba. Parameter organoleptik yang paling sering digunakan untuk menilai kualitas ikan adalah keadaan mata, insang, aroma, dan kekenyalan dagingPemeriksaan organoleptik adalah cara yang cepat dan mudah untuk mengecek kesegaran ikan sebelum melakukan tes di laboratorium.

A. Karakteristik Mata Ikan

Mata ikan yang segar terlihat terang, jelas, melengkung, dan korneanya transparan. Seiring dengan menurunnya kualitas, mata ikan menjadi cekung, terlihat keruh, dan berwarna abu-abu karena dehidrasi dan

aktivitas mikroorganisme. Perubahan pada kondisi mata ikan adalah salah satu tanda yang paling cepat untuk mengetahui penurunan kualitas ikan.



Mata ikan segar :	Mata ikan busuk :
a. Cerah	a. Pudar
b. Bening	b. Berkerut
c. Cembung	c. Cekung
d. Menonjol	d. Tenggelam

B. Karakteristik Insang Ikan

Insang ikan yang baru ditangkap berwarna merah cerah, tampak lembap, dan tidak memiliki lapisan lendir yang tebal. Warna merah menunjukkan bahwa sirkulasi darah dan warna insang masih dalam keadaan baik. Ikan yang mulai membusuk akan menunjukkan warna insang yang berubah menjadi cokelat, abu-abu, atau hitam, dan juga mengeluarkan bau yang tidak sedap. Perubahan warna dan bau pada insang ikan sangat terkait dengan pertumbuhan bakteri yang menyebabkan pembusukan pada jaringan insang ikan.


KARAKTERISTIK INSANG IKAN
Tutup insang (operkulum)
Lengkung insang (branchial arch)
Filamen insang (branchial filament)
Lamela insang (branchial lamella)
Pembuluh darah (kapiler)
Ciri-ciri Insang Segar
Warna merah cerah (merah tua)
Permukaan lembap dan berlendir
Tidak berbau busuk
Filamen utuh dan elastis
Fungsi Insang
Air masuk melalui mulut
Pertukaran gas ($O_2 \leftrightarrow CO_2$)
Perbandingan Kondisi Insang
Segar
Kurang Segar
Tidak Segar/Busuk
Merah cerah, lembap, tidak berbau
Merah pucat, berlendir, berbau agak amis
Kecoklatan/keabu-abuan, lendir kental, berbau busuk
Faktor yang Mempengaruhi
Suhu (semakin tinggi, insang cepat rusak)
Pertumbuhan mikroorganisme
Penanganan saat penangkapan dan penyimpanan
Waktu (semakin lama, kualitas menurun)

DAFTAR PUSTAKA

Food and Agriculture Organization (FAO), 1995. *Fish Utilization and Marketing*. FAO Fisheries Technical Paper No. 348. Rome: FAO. Tersedia pada: FAO - Fish Utilization and Marketing [Diakses 13 Mei 2026].

Food and Agriculture Organization (FAO), 2022. *Small Pelagic Fish and Fisheries*. Rome: FAO. Tersedia pada: FAO Fisheries and Aquaculture Department [Diakses 13 Mei 2026].

Food and Agriculture Organization (FAO), 2023. *Tuna Fisheries and Resources*. Rome: FAO. Tersedia pada: FAO Tuna Fisheries [Diakses 13 Mei 2026].

Food and Agriculture Organization (FAO), 2024. *FAO Fisheries and Aquaculture Department*. Rome: FAO. Tersedia pada: FAO Fisheries and Aquaculture Department [Diakses 13 Mei 2026].

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (KKP), 2023. *Statistik Kelautan dan Perikanan Indonesia*. Jakarta: KKP. Tersedia pada: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia [Diakses 13 Mei 2026].

Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (KKP), 2020. *Identifikasi dan Klasifikasi Jenis Ikan*. Jakarta: KKP. Tersedia pada: Perpustakaan Kementerian Kelautan dan Perikanan [Diakses 13 Mei 2026].

Codex Alimentarius Commission, 2023. *Code of Practice for Fish and Fishery Products*. Rome: FAO/WHO. Tersedia pada: Codex Alimentarius - Fish and Fishery Products [Diakses 13 Mei 2026].

IPB University, 2015. *Perubahan Mutu Ikan Selama Penyimpanan*. Bogor: IPB University Repository. Tersedia pada: Repository IPB University [Diakses 13 Mei 2026].

BAB 3

SARANA DAN PRASARANA PENANGANAN IKAN DI ATAS KAPAL

Oleh Dian Purnamasari Anwar

Ikan merupakan bahan pangan yang kaya akan protein, asam lemak esensial, vitamin, serta mineral yang berperan penting bagi kesehatan manusia. Namun demikian, ikan juga tergolong sebagai bahan pangan yang sangat mudah rusak karena adanya aktivitas enzim autolisis, pertumbuhan mikroorganisme, serta oksidasi lemak yang berlangsung segera setelah ikan mati. Penurunan mutu tersebut dapat terjadi dengan cepat apabila tidak dilakukan penanganan yang baik sejak ikan ditangkap sampai didaratkan. Oleh sebab itu, penerapan sistem penanganan yang tepat di atas kapal menjadi langkah penting untuk menjaga mutu, keamanan, dan nilai ekonomi hasil tangkapan (FAO, 2024).

Penanganan ikan yang dilakukan secara tepat sejak tahap penangkapan mempunyai peranan penting dalam mempertahankan kesegaran ikan. Berdasarkan laporan terbaru FAO (2024), penurunan mutu dan kerusakan hasil perikanan pascapanen masih menjadi permasalahan utama di berbagai negara berkembang, terutama karena keterbatasan sarana pendinginan dan penerapan rantai dingin (*cold chain*) yang belum berjalan secara optimal. Penanganan yang kurang memadai dapat mengakibatkan

perubahan fisik, kimia, mikrobiologis, maupun sensoris yang berdampak pada menurunnya kualitas dan nilai jual produk perikanan.

Sarana dan prasarana penanganan ikan di atas kapal meliputi berbagai fasilitas, peralatan, serta sistem pendukung yang digunakan untuk menangani, menyimpan, mendinginkan, dan menjaga hasil tangkapan selama kegiatan penangkapan berlangsung. Sarana tersebut meliputi wadah penyimpanan ikan, alat pencuci, mesin pembuat es, sistem pendingin, dan peralatan pemindahan ikan. Di sisi lain, prasarana mencakup palka penyimpanan, dek kerja, sistem drainase, sistem penyediaan air bersih, serta fasilitas sanitasi lainnya yang menunjang proses penanganan hasil tangkapan (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Keberadaan sarana dan prasarana yang memadai di atas kapal perikanan tidak hanya berperan dalam menjaga mutu hasil tangkapan, tetapi juga mendukung peningkatan efisiensi operasional, pengurangan kerugian pascapanen, serta peningkatan pendapatan nelayan dan pelaku usaha perikanan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai jenis, fungsi, dan persyaratan sarana serta prasarana penanganan ikan di atas kapal menjadi aspek yang penting dalam pengelolaan usaha perikanan tangkap yang berkelanjutan.

3.1 Pengertian Sarana dan Prasarana Penanganan Ikan

Sarana penanganan ikan merupakan seluruh peralatan yang digunakan secara langsung dalam kegiatan penanganan hasil tangkapan sejak ikan diangkat dari alat tangkap hingga ditempatkan di ruang penyimpanan kapal. Sarana tersebut berperan dalam mendukung kelancaran proses penanganan, mempertahankan mutu ikan, mengurangi kerusakan fisik, serta menekan risiko kontaminasi yang dapat menyebabkan

penurunan kualitas hasil tangkapan. Berbagai peralatan yang termasuk dalam sarana penanganan ikan antara lain wadah atau keranjang ikan, alat pencuci, sekop ikan, mesin pembuat es, alat penghancur es, timbangan, serta peralatan pemindahan ikan lainnya. Penggunaan sarana yang memenuhi standar penanganan yang baik sangat diperlukan untuk menjaga kesegaran dan keamanan ikan hingga proses pendaratan (FAO, 2023; Codex Alimentarius Commission, 2023).

Prasarana penanganan ikan adalah fasilitas atau infrastruktur pendukung yang memungkinkan seluruh aktivitas penanganan ikan di atas kapal dapat dilaksanakan secara efektif, efisien, dan higienis. Berbeda dengan sarana yang digunakan secara langsung untuk menangani ikan, prasarana berfungsi sebagai tempat dan sistem pendukung yang menunjang seluruh proses penanganan hasil tangkapan. Prasarana tersebut meliputi palka penyimpanan, sistem pendingin, dek kerja, sistem drainase, instalasi air bersih, fasilitas sanitasi, serta sistem penerangan kapal. Keberadaan prasarana yang memadai sangat penting untuk menjaga kebersihan lingkungan kerja, mendukung kelancaran operasional, serta mempertahankan mutu ikan selama kegiatan penangkapan dan penyimpanan berlangsung (European Commission, 2023; FAO, 2023).

Dalam usaha perikanan tangkap, sarana dan prasarana merupakan dua unsur yang saling mendukung dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Ketersediaan sarana yang baik tidak akan memberikan hasil yang optimal apabila tidak didukung oleh prasarana yang memadai, demikian pula sebaliknya. Sebagai contoh, penggunaan wadah ikan yang higienis harus didukung oleh palka penyimpanan yang memiliki sistem pendinginan yang efektif agar suhu ikan tetap terjaga dan proses pembusukan dapat diperlambat. Oleh karena itu, penyediaan sarana dan prasarana yang sesuai standar menjadi faktor penting dalam menjamin

efektivitas sistem penanganan ikan di atas kapal (Ozogul, dkk. 2022).

Selain berfungsi untuk mempertahankan mutu hasil tangkapan, sarana dan prasarana penanganan ikan juga berperan dalam penerapan prinsip higiene dan sanitasi selama operasi penangkapan. Peralatan dan fasilitas yang dirancang dengan bahan yang aman, mudah dibersihkan, serta tahan terhadap korosi dapat membantu mengurangi risiko kontaminasi mikroorganisme, pencemaran silang (*cross contamination*), dan kerusakan produk akibat penanganan yang tidak tepat. Dengan demikian, keamanan pangan dan kualitas hasil tangkapan dapat dipertahankan hingga produk diterima oleh konsumen (Huss, dkk. 2022).

Sarana dan prasarana penanganan ikan harus memenuhi prinsip sanitasi, keamanan pangan, serta efisiensi operasional untuk menjamin kualitas hasil tangkapan. Pemilihan material yang tahan karat, tidak beracun, mudah dibersihkan, dan aman untuk kontak langsung dengan bahan pangan merupakan salah satu persyaratan utama dalam penyediaan fasilitas penanganan ikan. Penerapan standar tersebut diharapkan dapat mendukung terciptanya sistem penanganan hasil perikanan yang bermutu tinggi, memiliki daya saing, serta berkelanjutan sesuai dengan tuntutan industri perikanan modern (Codex Alimentarius Commission, 2023; FAO, 2024).

3.2 Persyaratan Sarana dan Prasarana Penanganan Ikan di Atas Kapal

Sarana dan prasarana penanganan ikan di atas kapal harus dirancang dan dioperasikan sesuai dengan prinsip keamanan pangan, higiene, sanitasi, serta efisiensi operasional. Persyaratan tersebut bertujuan untuk menjaga mutu dan kesegaran ikan sejak ditangkap hingga didaratkan,

sekaligus mencegah terjadinya kontaminasi yang dapat menurunkan kualitas dan keamanan produk perikanan. Menurut FAO (2024) dan Codex Alimentarius Commission (2023), fasilitas dan peralatan yang digunakan dalam penanganan hasil tangkapan harus mampu mendukung penerapan rantai dingin (*cold chain*), meminimalkan kerusakan fisik, serta menjamin kebersihan produk selama proses penanganan berlangsung.

3.2.1 Higienis dan Sanitasi

Salah satu persyaratan utama sarana dan prasarana penanganan ikan adalah memenuhi aspek higiene dan sanitasi. Seluruh peralatan maupun fasilitas yang bersentuhan langsung atau tidak langsung dengan ikan harus mudah dibersihkan dan didesinfeksi sehingga tidak menjadi sumber kontaminasi mikroorganisme. Permukaan peralatan sebaiknya halus, tidak memiliki celah yang dapat menjadi tempat penumpukan kotoran, serta terbuat dari bahan yang tahan terhadap korosi akibat paparan air laut dan kelembapan tinggi. Penggunaan material yang tidak berkarat sangat penting untuk mencegah pencemaran produk dan menjaga umur pakai peralatan. Selain itu, sarana dan prasarana harus dirancang agar tidak menyebabkan kontaminasi biologis, kimia, maupun fisik terhadap hasil tangkapan selama proses penanganan berlangsung (Codex Alimentarius Commission, 2023; European Commission, 2023).

3.2.2 Aman bagi Produk

Sarana dan prasarana yang digunakan dalam penanganan ikan harus mampu melindungi produk dari berbagai bentuk kerusakan fisik yang dapat menurunkan mutu dan nilai jualnya. Desain peralatan harus memperhatikan karakteristik biologis ikan

sehingga tidak menimbulkan luka, memar, sisik terkelupas, atau kerusakan jaringan akibat benturan dan tekanan berlebih. Selain itu, bahan yang digunakan harus memenuhi standar keamanan pangan atau *food grade*, sehingga tidak melepaskan zat berbahaya yang dapat mencemari ikan. Penggunaan material yang aman sangat penting untuk menjaga kualitas produk dan menjamin keamanan pangan bagi konsumen (Huss, dkk. 2022).

3.2.3 Efisien dan Fungsional

Persyaratan berikutnya adalah efisiensi dan fungsionalitas sarana serta prasarana yang digunakan. Fasilitas penanganan harus mampu mendukung kelancaran proses kerja sehingga aktivitas sortasi, pencucian, penyimpanan, dan pemindahan ikan dapat dilakukan dengan cepat dan efektif. Sarana yang dirancang akan memudahkan awak kapal dalam melakukan penanganan sekaligus mengurangi risiko kerusakan produk akibat perlakuan yang berlebihan. Selain itu, sistem penyimpanan dan pendinginan harus mampu meminimalkan waktu paparan ikan terhadap suhu lingkungan yang dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme dan proses pembusukan. Efisiensi dalam penanganan berperan penting dalam mempertahankan mutu hasil tangkapan selama operasi penangkapan berlangsung (FAO, 2023; Ozogul, dkk. 2022).

3.2.4 Memenuhi Regulasi dan Standar Penanganan

Sarana dan prasarana penanganan ikan di atas kapal juga harus memenuhi berbagai ketentuan dan standar yang berlaku dalam industri perikanan. Fasilitas yang digunakan harus sesuai dengan standar mutu hasil perikanan serta mendukung penerapan sistem penjaminan mutu dan keamanan pangan. Salah satu

pedoman yang banyak diterapkan adalah *Good Handling Practices* (GHP), yaitu serangkaian prosedur penanganan yang bertujuan untuk menjaga mutu dan keamanan hasil perikanan sejak tahap penangkapan hingga distribusi. Selain GHP, penerapan prinsip *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) juga semakin diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan potensi bahaya yang dapat memengaruhi keamanan produk. Kepatuhan terhadap regulasi dan standar internasional menjadi faktor penting dalam meningkatkan daya saing produk perikanan di pasar nasional maupun global (Codex Alimentarius Commission, 2023; FAO, 2024).

Secara keseluruhan, persyaratan sarana dan prasarana penanganan ikan di atas kapal tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga mencakup aspek sanitasi, keamanan pangan, efisiensi operasional, dan kepatuhan terhadap regulasi. Penerapan persyaratan tersebut secara konsisten akan membantu mempertahankan mutu hasil tangkapan, mengurangi kehilangan pascapanen, serta meningkatkan nilai ekonomi produk perikanan.

3.3Sarana Penanganan Ikan di Atas Kapal

3.3.1 Wadah Penampungan Ikan

Wadah penampungan ikan merupakan salah satu sarana utama dalam penanganan hasil tangkapan di atas kapal. Wadah ini digunakan untuk menampung ikan sementara setelah proses penangkapan dan sebelum dipindahkan ke ruang penyimpanan atau palka. Penggunaan wadah yang sesuai sangat penting karena ikan merupakan komoditas yang mudah mengalami penurunan mutu akibat kerusakan fisik, peningkatan

suhu, serta kontaminasi selama proses penanganan. Oleh karena itu, wadah penampungan tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara, tetapi juga berperan dalam menjaga kualitas dan kesegaran ikan selama berada di atas kapal.

Wadah penampungan ikan yang baik umumnya terbuat dari bahan fiberglass, plastik *food grade*, atau *high-density polyethylene* (HDPE) yang aman untuk kontak langsung dengan bahan pangan. Material tersebut dipilih karena memiliki permukaan yang halus, tidak menyerap air, mudah dibersihkan, tahan terhadap korosi air laut, serta tidak melepaskan zat berbahaya yang dapat mencemari produk. Selain itu, wadah harus memiliki konstruksi yang kuat agar mampu menahan beban ikan dan es selama operasi penangkapan berlangsung. Penggunaan wadah yang memenuhi standar sanitasi juga membantu mengurangi risiko kontaminasi mikroba dan memperpanjang umur simpan hasil tangkapan.

Karakteristik wadah penampungan ikan yang baik meliputi:

- Terbuat dari fiberglass atau plastik *food grade*.
- Memiliki permukaan yang halus dan tidak berpori.
- Mudah dicuci dan didesinfeksi.
- Tahan terhadap korosi akibat paparan air laut.
- Tidak menyerap bau dan cairan.
- Memiliki sistem drainase untuk mengeluarkan air lelehan es.
- Kuat namun ringan sehingga mudah dipindahkan.

Selain aspek material, ukuran dan kapasitas wadah juga perlu disesuaikan dengan jenis ikan yang ditangkap

dan kapasitas kapal. Wadah yang terlalu besar dapat meningkatkan risiko ikan tertindih sehingga menyebabkan memar dan kerusakan jaringan, sedangkan wadah yang terlalu kecil dapat mengurangi efisiensi penanganan. FAO merekomendasikan penggunaan wadah yang memungkinkan ikan tersusun dengan baik bersama es sehingga proses pendinginan berlangsung merata dan kualitas ikan tetap terjaga selama penyimpanan di atas kapal.

Fungsi utama wadah penampungan ikan adalah mengurangi kerusakan fisik yang dapat terjadi akibat benturan, tekanan, atau penumpukan yang berlebihan selama proses penanganan. Kerusakan fisik pada ikan dapat mempercepat aktivitas mikroorganisme dan proses pembusukan sehingga menurunkan mutu hasil tangkapan. Penggunaan wadah yang sesuai juga memudahkan proses pemindahan ikan dari dek penangkapan menuju ruang penyimpanan, mempercepat proses sortasi, serta mendukung penerapan sistem rantai dingin (*cold chain*) di atas kapal.

Pada kapal perikanan modern, penggunaan wadah berinsulasi semakin banyak diterapkan karena mampu mempertahankan suhu ikan lebih rendah dibandingkan wadah konvensional. Wadah berinsulasi biasanya dilengkapi lapisan isolator termal yang dapat mengurangi perpindahan panas dari lingkungan ke produk. Penggunaan wadah jenis ini terbukti membantu mempertahankan kesegaran ikan lebih lama, mengurangi kehilangan mutu pascapanen, serta meningkatkan nilai jual hasil tangkapan ketika didaratkan.

3.3.2 Alat Pencuci Ikan

Alat pencuci ikan merupakan salah satu sarana penting dalam penanganan hasil tangkapan di atas kapal yang berfungsi untuk membersihkan ikan segera setelah proses penangkapan. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan lendir, darah, sisa jaringan, pasir, kotoran, serta berbagai kontaminan yang menempel pada permukaan tubuh ikan selama proses penangkapan dan penanganan awal. Tahap ini sangat penting karena keberadaan kotoran dan bahan organik pada permukaan ikan dapat menjadi media pertumbuhan mikroorganisme pembusuk yang mempercepat penurunan mutu hasil tangkapan. Oleh karena itu, pencucian yang dilakukan secara tepat dapat membantu mempertahankan kualitas dan kesegaran ikan selama penyimpanan di atas kapal (FAO, 2023).

Pencucian ikan umumnya dilakukan menggunakan air bersih yang dialirkan melalui selang, nozzle penyemprot (*spray nozzle*), bak pencucian, atau sistem pencucian bertekanan rendah. Pada kapal perikanan modern, penggunaan sistem pencucian yang dirancang secara higienis semakin banyak diterapkan untuk meningkatkan efektivitas pembersihan dan mengurangi risiko kontaminasi silang. Alat pencuci ikan harus terbuat dari bahan yang tahan korosi, mudah dibersihkan, serta tidak menimbulkan pencemaran terhadap produk perikanan. Material seperti baja tahan karat (*stainless steel*) dan plastik *food grade* menjadi pilihan yang umum digunakan karena memiliki ketahanan yang baik terhadap lingkungan laut dan mudah disanitasi (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Tujuan utama pencucian ikan adalah menghilangkan berbagai bahan pencemar yang dapat memengaruhi mutu dan keamanan produk, antara lain:

- Lendir yang menempel pada permukaan tubuh ikan.
- Darah yang keluar akibat proses penangkapan atau penanganan.
- Kotoran, pasir, lumpur, dan sisa organisme lain.
- Mikroorganisme yang menempel pada kulit, insang, atau rongga tubuh ikan.

Penghilangan bahan-bahan tersebut dapat membantu menurunkan jumlah mikroorganisme awal sehingga proses pembusukan dapat diperlambat dan umur simpan ikan menjadi lebih panjang (Parlapani, dkk. 2023).

Air yang digunakan dalam proses pencucian harus memenuhi persyaratan kualitas yang ditetapkan untuk industri pangan. Air harus bersih, tidak berbau, tidak berwarna, serta bebas dari cemaran biologis, kimia, maupun fisik yang dapat membahayakan keamanan produk. Penggunaan air yang terkontaminasi justru dapat menjadi sumber pencemaran baru yang meningkatkan risiko kerusakan dan penurunan mutu ikan. Oleh karena itu, sistem penyediaan air di atas kapal perlu dirancang sedemikian rupa agar mampu menyediakan air yang aman dan memenuhi standar sanitasi selama operasi penangkapan berlangsung (WHO & FAO, 2023).

Selain meningkatkan kebersihan produk, pencucian ikan juga berfungsi untuk memperbaiki penampilan fisik hasil tangkapan. Ikan yang bersih dari darah dan kotoran umumnya memiliki penampakan yang lebih segar dan menarik sehingga dapat meningkatkan nilai jual ketika didaratkan. Namun demikian, proses pencucian harus

dilakukan secara hati-hati dan tidak berlebihan karena pencucian yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan jaringan permukaan ikan serta meningkatkan risiko kontaminasi apabila kualitas air tidak terjaga dengan baik (Ozogul, dkk. 2022).

Pada praktik perikanan modern, pencucian ikan sering dikombinasikan dengan proses pendinginan awal menggunakan air dingin atau campuran air dan es. Metode ini tidak hanya membantu membersihkan ikan, tetapi juga mempercepat penurunan suhu produk sehingga aktivitas mikroorganisme dan reaksi biokimia penyebab pembusukan dapat ditekan. Penerapan prosedur pencucian yang baik merupakan bagian penting dari *Good Handling Practices* (GHP) yang bertujuan menjaga mutu dan keamanan hasil perikanan sejak tahap penangkapan hingga distribusi (FAO, 2024).

Karakteristik Alat Pencuci Ikan yang Baik

- Terbuat dari bahan tahan korosi seperti *stainless steel* atau plastik *food grade*.
- Mudah dibersihkan dan disanitasi.
- Tidak memiliki sudut tajam yang dapat merusak ikan.
- Mampu menyediakan aliran air yang cukup untuk membersihkan kotoran.
- Mudah dioperasikan dan dipelihara.
- Tidak menyebabkan pencemaran terhadap hasil tangkapan.

Persyaratan Air untuk Pencucian Ikan

- Bersih dan layak digunakan untuk pengolahan pangan.
- Bebas dari cemaran mikrobiologis, kimia, dan fisik.

- Tidak berbau dan tidak berwarna.
- Tidak mengandung bahan beracun yang dapat membahayakan konsumen.
- Tersedia dalam jumlah yang cukup selama operasi penangkapan.

3.3.3 Peralatan Produksi dan Penyimpanan Es

Es merupakan media pendingin yang paling banyak digunakan dalam kegiatan penanganan ikan di atas kapal karena relatif mudah diperoleh, ekonomis, dan efektif dalam mempertahankan kesegaran hasil tangkapan. Penggunaan es bertujuan untuk menurunkan suhu ikan sesegera mungkin setelah penangkapan sehingga aktivitas mikroorganisme, reaksi enzimatis, dan proses oksidasi yang menyebabkan pembusukan dapat diperlambat. Menurut FAO (2024), penerapan rantai dingin (*cold chain*) yang dimulai sejak ikan ditangkap merupakan salah satu faktor utama dalam menjaga mutu dan memperpanjang umur simpan hasil perikanan.

Peralatan produksi dan penyimpanan es mencakup berbagai fasilitas yang digunakan untuk menghasilkan, menyimpan, dan mendistribusikan es selama operasi penangkapan berlangsung. Pada kapal perikanan modern, penggunaan mesin pembuat es (*ice maker*), ruang penyimpanan es, serta sistem distribusi es telah banyak diterapkan untuk memastikan ketersediaan es dalam jumlah yang cukup selama pelayaran. Ketersediaan es yang memadai sangat penting karena jumlah es yang tidak mencukupi dapat menyebabkan suhu ikan meningkat sehingga mempercepat penurunan mutu produk (FAO, 2023).

Dalam praktik penanganan hasil tangkapan, terdapat beberapa jenis es yang umum digunakan, yaitu es balok, es curai (*flake ice*), dan *slurry ice*. Masing-

masing jenis es memiliki karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan penanganan dan kapasitas kapal perikanan.

a. Es Balok (*Block Ice*)

Es balok merupakan jenis es yang paling banyak digunakan oleh nelayan tradisional maupun kapal perikanan skala kecil hingga menengah. Es ini diproduksi dalam bentuk balok berukuran besar dan umumnya dibuat menggunakan air tawar. Sebelum digunakan untuk mendinginkan ikan, es balok biasanya harus dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil agar dapat menutupi permukaan ikan secara lebih merata.

Keunggulan es balok antara lain memiliki daya tahan yang relatif lama terhadap pencairan dan mudah diperoleh di berbagai pelabuhan perikanan. Selain itu, biaya produksinya relatif rendah sehingga masih menjadi pilihan utama bagi banyak nelayan. Namun, penggunaan es balok memiliki beberapa kelemahan, terutama karena memerlukan proses penghancuran sebelum digunakan dan distribusi suhu dingin yang dihasilkan kurang merata dibandingkan jenis es lainnya. Pecahan es yang terlalu besar juga dapat menyebabkan tekanan berlebih pada tubuh ikan sehingga meningkatkan risiko kerusakan fisik (Rizo, dkk. 2021).

b. Es Curai (*Flake Ice*)

Es curai atau *flake ice* merupakan es berbentuk serpihan tipis yang dihasilkan oleh mesin pembuat es khusus. Bentuknya yang kecil dan tipis memungkinkan es ini menyelimuti seluruh permukaan ikan secara lebih merata sehingga proses pendinginan berlangsung lebih cepat dan efisien. Oleh karena itu, *flake ice* banyak digunakan

pada kapal perikanan modern dan industri pengolahan hasil perikanan.

Keunggulan utama *flake ice* adalah kemampuannya dalam memberikan kontak yang luas dengan permukaan ikan sehingga suhu produk dapat diturunkan dengan cepat. Selain itu, bentuknya yang lembut dapat mengurangi risiko kerusakan fisik akibat tekanan selama penyimpanan. Namun demikian, *flake ice* memiliki tingkat pencairan yang lebih cepat dibandingkan es balok sehingga memerlukan sistem penyimpanan yang baik untuk mempertahankan efektivitas pendinginan (Liu, dkk. 2022).

c. *Slurry Ice*

Slurry ice merupakan campuran antara kristal es berukuran sangat kecil dengan air laut atau air garam yang didinginkan hingga mendekati titik beku. Teknologi ini dianggap sebagai salah satu metode pendinginan paling efektif dalam penanganan hasil tangkapan karena mampu memberikan kontak pendinginan yang hampir sempurna pada seluruh bagian tubuh ikan.

Keunggulan utama *slurry ice* adalah kemampuannya menurunkan suhu ikan secara lebih cepat dibandingkan es balok maupun *flake ice*. Campuran es dan cairan dingin memungkinkan seluruh permukaan ikan terendam sehingga distribusi suhu menjadi lebih seragam. Selain itu, ukuran kristal es yang sangat kecil mampu mengurangi risiko kerusakan fisik selama proses penyimpanan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *slurry ice* dapat memperpanjang umur simpan ikan dan mempertahankan kualitas

sensoris lebih baik dibandingkan metode pendinginan konvensional (Aubourg, dkk. 2022)

Peralatan Produksi dan Penyimpanan Es di Atas Kapal

Selain jenis es yang digunakan, keberadaan peralatan produksi dan penyimpanan es juga menjadi faktor penting dalam menjaga efektivitas sistem pendinginan. Peralatan tersebut meliputi mesin pembuat es (*ice maker*), alat penghancur es (*ice crusher*), wadah penyimpanan es berinsulasi, serta sistem distribusi es menuju ruang penyimpanan ikan. Fasilitas tersebut harus dirancang dengan bahan yang tahan korosi, mudah dibersihkan, dan mampu mempertahankan suhu rendah untuk meminimalkan kehilangan es akibat pencairan. Pengelolaan es yang baik akan mendukung keberhasilan rantai dingin selama operasi penangkapan dan penyimpanan hasil tangkapan di atas kapal (Codex Alimentarius Commission, 2023).

3.3.4 Alat Pemindah Ikan

Alat pemindah ikan merupakan sarana yang digunakan untuk memindahkan hasil tangkapan dari satu lokasi ke lokasi lainnya selama proses penanganan di atas kapal. Peralatan ini berperan penting dalam menjaga mutu ikan karena proses pemindahan yang tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan fisik, seperti memar, luka, pecahnya dinding perut, terlepasnya sisik, dan kerusakan jaringan daging. Kerusakan fisik tersebut dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme serta menurunkan kualitas dan nilai jual hasil tangkapan. Oleh karena itu, penggunaan alat pemindah ikan yang sesuai menjadi bagian penting dalam penerapan *Good Handling Practices* (GHP) pada kegiatan perikanan tangkap (FAO, 2023).

Tujuan utama penggunaan alat pemindah ikan adalah untuk mempercepat proses penanganan, mengurangi kontak langsung antara ikan dan pekerja, serta meminimalkan risiko kontaminasi selama kegiatan penangkapan dan penyimpanan. Selain itu, alat pemindah ikan juga membantu meningkatkan efisiensi kerja awak kapal, terutama pada kapal dengan volume tangkapan yang besar. Penggunaan peralatan yang tepat dapat menjaga kondisi fisik ikan tetap utuh sehingga mutu hasil tangkapan dapat dipertahankan hingga proses pendaratan dan pemasaran (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Beberapa jenis alat pemindah ikan yang umum digunakan di atas kapal antara lain keranjang plastik, *conveyor*, sekop ikan, dan troli. Pemilihan alat disesuaikan dengan ukuran kapal, jenis ikan yang ditangkap, serta kapasitas produksi yang ditangani selama operasi penangkapan.

a. Keranjang Plastik

Keranjang plastik merupakan alat pemindah ikan yang paling banyak digunakan pada kapal perikanan skala kecil hingga menengah. Keranjang ini umumnya terbuat dari plastik *food grade* yang tahan terhadap korosi, ringan, mudah dibersihkan, dan memiliki daya tahan yang baik terhadap lingkungan laut. Selain digunakan untuk memindahkan ikan, keranjang plastik juga sering dimanfaatkan sebagai wadah penampungan sementara sebelum ikan dimasukkan ke dalam palka atau ruang pendingin.

Keunggulan utama keranjang plastik adalah mudah digunakan, biaya relatif murah, serta dapat mengurangi kerusakan akibat penanganan langsung. Namun demikian, kapasitasnya terbatas

sehingga kurang efisien untuk kapal dengan hasil tangkapan dalam jumlah besar (FAO, 2024).

b. Conveyor

Conveyor merupakan sistem pemindahan ikan secara mekanis yang banyak digunakan pada kapal perikanan modern dan kapal penangkap ikan berkapasitas besar. Sistem ini bekerja dengan menggunakan sabuk berjalan (*belt conveyor*) atau konveyor rol untuk memindahkan ikan dari dek penangkapan menuju area sortasi, pencucian, atau penyimpanan.

Penggunaan *conveyor* mampu meningkatkan efisiensi kerja karena proses pemindahan dapat dilakukan secara cepat dan berkelanjutan. Selain itu, kontak langsung antara pekerja dan ikan dapat diminimalkan sehingga risiko kontaminasi dan kerusakan fisik menjadi lebih rendah. Meskipun demikian, sistem ini memerlukan investasi dan biaya perawatan yang lebih tinggi dibandingkan alat pemindah konvensional (Liu, dkk. 2022).

c. Sekop Ikan

Sekop ikan digunakan untuk memindahkan ikan berukuran kecil atau ikan yang telah dicampur dengan es selama proses penyimpanan. Sekop yang digunakan dalam penanganan hasil tangkapan umumnya terbuat dari plastik *food grade* atau baja tahan karat (*stainless steel*) yang aman untuk kontak dengan bahan pangan.

Desain sekop harus memiliki permukaan yang halus dan tidak memiliki bagian tajam yang dapat menyebabkan luka pada tubuh ikan. Penggunaan sekop yang sesuai dapat mempercepat proses pemindahan ikan tanpa menimbulkan kerusakan

yang signifikan terhadap produk (European Commission, 2023).

d. Troli

Troli merupakan alat bantu yang digunakan untuk mengangkut ikan dalam jumlah yang lebih besar di area dek atau fasilitas pendaratan hasil tangkapan. Troli biasanya dilengkapi roda sehingga memudahkan mobilitas dan mengurangi beban kerja awak kapal. Pada kapal perikanan modern, troli sering digunakan untuk mengangkut ikan dari area sortasi menuju ruang penyimpanan dingin atau fasilitas pengolahan awal.

Penggunaan troli membantu mengurangi frekuensi pengangkatan manual yang dapat menyebabkan tekanan berlebih pada tubuh ikan. Dengan demikian, risiko kerusakan fisik selama proses penanganan dapat diminimalkan (Ozogul, dkk. 2022).

Fungsi Alat Pemindah Ikan

Secara umum, penggunaan alat pemindah ikan memiliki beberapa fungsi penting dalam sistem penanganan hasil tangkapan di atas kapal, yaitu:

- Mengurangi kontak langsung antara ikan dan tangan pekerja.
- Meminimalkan risiko kontaminasi mikroba dan pencemaran silang (*cross contamination*).
- Mengurangi kerusakan fisik akibat benturan, tekanan, dan gesekan.
- Mempercepat proses penanganan dan penyimpanan hasil tangkapan.
- Meningkatkan efisiensi kerja awak kapal.

- Mendukung penerapan sistem higiene dan sanitasi dalam penanganan hasil perikanan.

Penggunaan alat pemindah ikan yang sesuai standar menjadi salah satu faktor penting dalam menjaga mutu hasil tangkapan. Peralatan tersebut harus dibuat dari bahan yang aman untuk pangan, tahan korosi, mudah dibersihkan, serta dirancang agar tidak menimbulkan kerusakan pada ikan selama proses pemindahan berlangsung (Codex Alimentarius Commission, 2023).

3.4 Prasarana Penanganan Ikan di Atas Kapal

3.4.1 Dek Kerja (*Working Deck*)

Dek kerja (*working deck*) merupakan salah satu prasarana utama dalam kegiatan penanganan hasil tangkapan di atas kapal perikanan. Area ini menjadi pusat berbagai aktivitas penanganan ikan setelah proses penangkapan dilakukan, sehingga kondisi dan desain dek kerja sangat memengaruhi mutu serta keamanan hasil tangkapan. Dek kerja yang dirancang dengan baik dapat mendukung kelancaran operasional, meningkatkan efisiensi kerja awak kapal, serta mengurangi risiko kontaminasi dan kerusakan fisik pada ikan selama proses penanganan berlangsung (FAO, 2023).

Pada umumnya, dek kerja digunakan sebagai lokasi pelaksanaan berbagai kegiatan penanganan awal hasil tangkapan, meliputi:

- Sortasi atau pemisahan hasil tangkapan berdasarkan jenis, ukuran, dan kualitas.
- Pencucian ikan untuk menghilangkan darah, lendir, dan kotoran yang menempel.

- Penanganan awal sebelum ikan dipindahkan ke ruang pendingin atau palka penyimpanan.
- Penimbangan dan pencatatan hasil tangkapan.
- Pemindahan ikan menuju fasilitas penyimpanan atau pengolahan lebih lanjut.

Sebagai area yang sering bersentuhan langsung dengan hasil tangkapan, dek kerja harus dirancang sesuai dengan prinsip higiene dan sanitasi. Permukaan dek yang tidak memenuhi standar dapat menjadi sumber kontaminasi mikroorganisme maupun penyebab kerusakan produk akibat penanganan yang kurang tepat. Oleh karena itu, kondisi kebersihan dek kerja harus selalu dijaga selama operasi penangkapan berlangsung (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Salah satu persyaratan utama dek kerja adalah memiliki permukaan yang tidak licin (*anti-slip surface*). Kondisi dek yang basah akibat air laut, darah ikan, atau lelehan es dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja apabila permukaan dek terlalu licin. Selain untuk menjaga keselamatan awak kapal, permukaan yang aman juga membantu mencegah terjatuhnya ikan yang dapat menyebabkan kerusakan fisik dan penurunan mutu hasil tangkapan (European Commission, 2023).

Selain itu, dek kerja harus menggunakan material yang tahan terhadap korosi dan mudah dibersihkan. Bahan seperti fiberglass, aluminium khusus kelautan, atau baja tahan karat (*stainless steel*) banyak digunakan karena memiliki daya tahan yang baik terhadap lingkungan laut serta tidak mudah mengalami kerusakan akibat paparan air asin. Permukaan yang halus dan tidak berpori memudahkan proses pencucian dan sanitasi sehingga dapat mengurangi penumpukan kotoran maupun mikroorganisme penyebab kontaminasi (FAO, 2024).

Persyaratan penting lainnya adalah tersedianya sistem drainase atau saluran pembuangan yang baik. Sistem drainase berfungsi mengalirkan air pencucian, darah, lendir, dan lelehan es keluar dari area kerja sehingga tidak terjadi genangan yang dapat menjadi tempat berkembangnya mikroorganisme. Drainase yang dirancang dengan baik juga membantu menjaga kebersihan lingkungan kerja serta meningkatkan kenyamanan dan keselamatan awak kapal selama melakukan aktivitas penanganan ikan (Parlapani, dkk. 2023).

Pada kapal perikanan modern, dek kerja sering dilengkapi dengan fasilitas tambahan seperti meja sortasi berbahan *stainless steel*, sistem penyemprotan air bersih, penerangan yang memadai, serta area khusus untuk penyimpanan peralatan penanganan ikan. Fasilitas tersebut bertujuan untuk mendukung penerapan *Good Handling Practices* (GHP) dan menjaga kualitas hasil tangkapan sejak tahap awal penanganan. Dengan demikian, dek kerja tidak hanya berfungsi sebagai area operasional, tetapi juga menjadi bagian penting dalam sistem pengendalian mutu hasil perikanan di atas kapal (FAO, 2023; Codex Alimentarius Commission, 2023).

Persyaratan Dek Kerja yang Baik

Dek kerja yang digunakan dalam penanganan ikan harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

- Memiliki permukaan yang tidak licin untuk menjamin keselamatan kerja.
- Mudah dibersihkan dan disanitasi.
- Terbuat dari bahan yang tahan korosi dan aman untuk pangan.

- Memiliki sistem drainase yang baik untuk mencegah genangan air.
- Bebas dari retakan atau celah yang dapat menjadi tempat penumpukan kotoran.
- Memiliki ruang yang cukup untuk aktivitas penanganan ikan.
- Dilengkapi dengan pencahayaan yang memadai untuk mendukung kegiatan sortasi dan pemeriksaan mutu.

Peran Dek Kerja dalam Menjaga Mutu Ikan

Dek kerja yang dirancang dan dikelola dengan baik memiliki peran penting dalam mempertahankan mutu hasil tangkapan, antara lain:

- Mengurangi risiko kontaminasi mikroba dari lingkungan kapal.
- Mempermudah penerapan prosedur higiene dan sanitasi.
- Mengurangi kerusakan fisik selama proses penanganan.
- Mempercepat proses sortasi dan penyimpanan ikan.
- Mendukung penerapan rantai dingin (*cold chain*) sejak tahap awal penanganan.
- Meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja awak kapal.

3.4.2 Palka Ikan (*Fish Hold*)

Palka ikan (*fish hold*) merupakan ruang penyimpanan utama yang digunakan untuk menampung hasil tangkapan selama kapal melakukan operasi penangkapan maupun pelayaran menuju pelabuhan

pendaratan. Palka memiliki peranan yang sangat penting dalam menjaga mutu ikan karena sebagian besar proses penyimpanan berlangsung di dalam fasilitas ini. Setelah ikan ditangkap, disortasi, dicuci, dan didinginkan, hasil tangkapan akan ditempatkan di dalam palka untuk mempertahankan kesegaran hingga proses pembongkaran dilakukan. Oleh karena itu, desain dan kondisi palka menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan sistem penanganan ikan di atas kapal (FAO, 2023).

Fungsi utama palka ikan adalah menyediakan lingkungan penyimpanan yang mampu mempertahankan suhu rendah secara stabil sehingga laju pertumbuhan mikroorganisme, aktivitas enzim, dan reaksi kimia penyebab pembusukan dapat ditekan. Penurunan suhu ikan sesegera mungkin setelah penangkapan merupakan prinsip utama dalam sistem rantai dingin (*cold chain*) karena suhu yang rendah dapat memperlambat proses penurunan mutu dan memperpanjang umur simpan hasil tangkapan. Menurut FAO (2024), pengendalian suhu selama penyimpanan merupakan faktor paling penting dalam menjaga kualitas dan keamanan produk perikanan.

Selain menjaga suhu, palka juga berfungsi melindungi ikan dari paparan sinar matahari secara langsung, perubahan suhu lingkungan, serta berbagai sumber pencemaran yang dapat memengaruhi mutu produk. Penyimpanan ikan di area terbuka dapat menyebabkan peningkatan suhu yang cepat sehingga mempercepat proses pembusukan. Oleh karena itu, keberadaan palka yang tertutup dan terisolasi dengan baik menjadi kebutuhan utama pada kapal perikanan modern (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Fungsi lain dari palka adalah mengurangi risiko kontaminasi fisik, kimia, dan biologis selama pelayaran. Ruang penyimpanan yang dirancang sesuai standar dapat mencegah masuknya debu, air kotor, bahan bakar, pelumas, maupun kontaminan lain yang berpotensi menurunkan mutu dan keamanan hasil tangkapan. Dengan demikian, palka tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga sebagai fasilitas pengendalian mutu hasil perikanan selama berada di atas kapal (European Commission, 2023).

Persyaratan Palka Ikan

Agar mampu menjalankan fungsinya secara optimal, palka ikan harus memenuhi beberapa persyaratan teknis dan sanitasi.

1. Kedap Air (*Waterproof*)

Palka harus memiliki konstruksi yang kedap air untuk mencegah masuknya air laut, air hujan, maupun sumber air lain yang dapat mengganggu proses penyimpanan. Kebocoran pada palka dapat menyebabkan perubahan suhu, mempercepat pencairan es, serta meningkatkan risiko kontaminasi terhadap hasil tangkapan. Selain itu, kebocoran juga dapat menyebabkan kerusakan struktur kapal dan menurunkan efektivitas sistem pendinginan (FAO, 2023).

2. Memiliki Isolasi Termal yang Baik

Palka harus dilengkapi dengan bahan isolasi termal yang mampu menghambat perpindahan panas dari lingkungan luar ke ruang penyimpanan. Material isolasi yang umum digunakan antara lain *polyurethane foam*, *expanded polystyrene*, dan bahan insulasi khusus lainnya yang memiliki daya hambat panas tinggi. Isolasi yang baik memungkinkan suhu

di dalam palka tetap rendah meskipun kapal beroperasi pada daerah dengan suhu lingkungan yang tinggi. Kondisi ini sangat penting untuk mempertahankan efektivitas pendinginan dan mengurangi konsumsi es selama pelayaran (Liu, dkk. 2022).

3. Mudah Dibersihkan dan Disanitasi

Permukaan bagian dalam palka harus halus, tidak berpori, tahan korosi, dan mudah dibersihkan. Material seperti fiberglass dan baja tahan karat (*stainless steel*) banyak digunakan karena memenuhi persyaratan sanitasi dan memiliki daya tahan yang baik terhadap lingkungan laut. Desain palka juga harus meminimalkan adanya sudut atau celah yang dapat menjadi tempat penumpukan kotoran dan pertumbuhan mikroorganisme. Pembersihan dan sanitasi yang dilakukan secara rutin sangat penting untuk mencegah kontaminasi silang antara hasil tangkapan yang berbeda (Codex Alimentarius Commission, 2023).

4. Memiliki Sistem Drainase yang Baik

Palka perlu dilengkapi dengan sistem drainase yang memadai untuk mengalirkan air lelehan es, darah, dan cairan lain yang dihasilkan selama penyimpanan. Drainase yang baik dapat mencegah terjadinya genangan yang berpotensi menjadi media pertumbuhan mikroorganisme pembusuk. Selain itu, sistem drainase juga membantu menjaga kebersihan ruang penyimpanan dan mempertahankan mutu hasil tangkapan selama pelayaran (Parlapani, dkk. 2023).

Jenis Palka Penyimpanan Ikan

Secara umum, palka penyimpanan ikan pada kapal perikanan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- **Palka Berpendingin Es (*Ice Fish Hold*)** Menggunakan es sebagai media pendingin utama dan banyak ditemukan pada kapal perikanan skala kecil hingga menengah.
- **Palka RSW (*Refrigerated Sea Water*)** Menggunakan air laut yang didinginkan dengan sistem refrigerasi sehingga suhu ikan dapat dipertahankan secara lebih merata.
- **Palka CSW (*Chilled Sea Water*)** Memanfaatkan campuran air laut dan es untuk menjaga suhu ikan mendekati titik beku.
- **Palka Berpendingin Mekanis (*Refrigerated Fish Hold*)** Menggunakan sistem pendingin mekanis yang mampu mempertahankan suhu ruang penyimpanan secara otomatis.

Peran Palka dalam Menjaga Mutu Hasil Tangkapan

Palka yang dirancang dan dioperasikan sesuai standar memiliki beberapa manfaat, yaitu:

- Mempertahankan suhu rendah selama penyimpanan.
- Menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk.
- Memperlambat aktivitas enzim dan reaksi kimia penyebab penurunan mutu.
- Melindungi ikan dari sinar matahari dan pengaruh lingkungan luar.
- Mengurangi risiko kontaminasi selama pelayaran.

- Memperpanjang umur simpan dan meningkatkan nilai ekonomi hasil tangkapan.

3.4.3 Sistem Pendingin

Sistem pendingin merupakan salah satu komponen terpenting dalam prasarana penanganan ikan di atas kapal. Fungsi utama sistem ini adalah mempertahankan suhu ikan pada kondisi rendah sejak ikan ditangkap hingga didaratkan, sehingga aktivitas mikroorganisme pembusuk, reaksi enzimatis, dan proses kimia yang menyebabkan penurunan mutu dapat diperlambat. Pengendalian suhu merupakan prinsip utama dalam penerapan rantai dingin (*cold chain*) karena kualitas ikan sangat dipengaruhi oleh kecepatan penurunan suhu setelah penangkapan. Semakin cepat suhu ikan diturunkan mendekati titik beku, semakin lama mutu dan kesegarannya dapat dipertahankan (FAO, 2024).

Ikan yang tidak segera didinginkan akan mengalami peningkatan jumlah bakteri dan percepatan proses autolisis yang dapat menyebabkan perubahan tekstur, warna, aroma, dan cita rasa. Oleh karena itu, sistem pendingin menjadi fasilitas yang wajib tersedia pada kapal perikanan modern untuk menjaga kualitas hasil tangkapan selama proses penyimpanan dan transportasi. Selain mempertahankan mutu, sistem pendingin juga berperan dalam mengurangi kehilangan hasil (*post-harvest losses*) dan meningkatkan nilai ekonomi produk perikanan (Liu, dkk. 2022).

Berbagai jenis sistem pendingin telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan kapal perikanan dengan kapasitas dan karakteristik operasi yang berbeda. Sistem yang paling umum digunakan meliputi pendinginan menggunakan es, *Refrigerated Sea Water* (RSW), dan *Chilled Sea Water* (CSW).

a. Pendinginan dengan Es

Pendinginan menggunakan es merupakan metode yang paling sederhana dan paling banyak diterapkan pada kapal perikanan skala kecil hingga menengah. Sistem ini memanfaatkan es sebagai media pendingin untuk menyerap panas dari tubuh ikan sehingga suhu produk dapat diturunkan dan dipertahankan pada tingkat yang aman selama penyimpanan.

Jenis es yang umum digunakan meliputi es balok (*block ice*), es curai (*flake ice*), dan *slurry ice*. Es ditempatkan secara langsung di antara lapisan ikan sehingga terjadi kontak yang memungkinkan proses perpindahan panas berlangsung secara efektif. Metode ini relatif mudah diterapkan, biaya operasionalnya rendah, serta tidak memerlukan peralatan pendingin yang rumit. Oleh karena itu, pendinginan dengan es masih menjadi metode yang paling banyak digunakan oleh nelayan di berbagai negara berkembang (FAO, 2023).

Meskipun demikian, efektivitas pendinginan sangat dipengaruhi oleh jumlah dan kualitas es yang digunakan. Ketersediaan es yang tidak mencukupi dapat menyebabkan suhu ikan meningkat dan mempercepat proses pembusukan. Selain itu, pencairan es selama pelayaran memerlukan sistem drainase yang baik agar tidak terjadi genangan yang dapat memengaruhi kualitas produk (Rizo *et al*., 2021).

b. *Refrigerated Sea Water (*RSW)

Refrigerated Sea Water (RSW) merupakan sistem pendinginan yang menggunakan air laut yang didinginkan secara mekanis melalui unit refrigerasi. Dalam sistem ini, ikan disimpan di dalam tangki atau palka yang berisi air laut dingin sehingga seluruh permukaan tubuh ikan memperoleh kontak pendinginan yang seragam.

Sistem RSW banyak digunakan pada kapal penangkap ikan pelagis seperti tuna, tongkol, makarel, dan sarden karena mampu menurunkan suhu hasil tangkapan dengan cepat dan merata. Pendinginan yang seragam dapat mengurangi perbedaan suhu antarbagian ikan sehingga kualitas produk lebih terjaga dibandingkan metode pendinginan konvensional menggunakan es (FAO, 2023).

Keunggulan utama sistem RSW meliputi:

- Pendinginan berlangsung lebih cepat dan merata.
- Mengurangi kebutuhan penggunaan es.
- Mampu mempertahankan suhu penyimpanan secara stabil.
- Cocok untuk penyimpanan ikan dalam jumlah besar.
- Mengurangi kerusakan fisik akibat penumpukan es.

Namun demikian, sistem ini memerlukan investasi awal yang lebih tinggi karena membutuhkan instalasi refrigerasi dan peralatan pendukung lainnya (Liu, dkk. 2022).

c. *Chilled Sea Water* (CSW)

Chilled Sea Water (CSW) merupakan sistem pendinginan yang menggunakan campuran air laut dan es sebagai media pendingin. Campuran tersebut menghasilkan suhu penyimpanan yang umumnya berkisar antara -1°C hingga 2°C, sehingga mampu mempercepat proses penurunan suhu ikan setelah penangkapan.

Pada sistem CSW, ikan disimpan dalam media cair dingin yang memungkinkan seluruh permukaan tubuh ikan bersentuhan langsung dengan media pendingin. Kondisi tersebut menghasilkan distribusi suhu yang lebih merata dibandingkan penyimpanan menggunakan es biasa. Sistem CSW banyak digunakan pada kapal penangkap ikan pelagis dan kapal yang melakukan operasi penangkapan dalam waktu relatif singkat hingga menengah (Ozogul, dkk. 2022).

Keunggulan sistem CSW antara lain:

- Mempercepat proses pendinginan ikan.
- Menjaga suhu produk tetap stabil selama penyimpanan.
- Distribusi suhu lebih merata dibandingkan metode es konvensional.
- Mengurangi kerusakan fisik akibat tekanan es.
- Mempertahankan kualitas sensoris ikan lebih lama.

Meskipun demikian, kualitas air laut yang digunakan harus dijaga agar tidak menjadi sumber kontaminasi bagi hasil tangkapan. Selain itu, sistem ini memerlukan pengelolaan yang baik untuk mempertahankan suhu optimal selama operasi berlangsung (Parlapan, dkk. 2023).

Tabel 3. 1 Perbandingan Sistem Pendingin pada Kapal Perikanan

Sistem Pendingin	Media Pendingin	Kisaran Suhu	Keunggulan Utama
Pendinginan dengan Es	Es balok, es curai, atau slurry ice	0–4°C	Murah, sederhana, mudah diterapkan
RSW (*Refrigerated Sea Water*)	Air laut yang didinginkan secara mekanis	-1 hingga 2°C	Pendinginan merata dan cepat
CSW (*Chilled Sea Water*)	Campuran air laut dan es	-1 hingga 2°C	Distribusi suhu lebih seragam dan efisien

3.4.4 Sistem Drainase

Sistem drainase merupakan salah satu prasarana penting dalam penanganan ikan di atas kapal yang berfungsi untuk mengalirkan dan membuang berbagai jenis cairan yang dihasilkan selama proses penanganan hasil tangkapan. Keberadaan sistem drainase yang baik sangat berpengaruh terhadap kebersihan lingkungan kerja, efektivitas sanitasi, serta mutu hasil tangkapan yang disimpan di atas kapal. Dalam kegiatan perikanan tangkap, berbagai cairan seperti air lelehan es, darah ikan, lendir, dan limbah hasil pencucian dapat terakumulasi pada dek kerja maupun ruang penyimpanan apabila tidak segera dialirkan keluar. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran, mempercepat pertumbuhan mikroorganisme, dan meningkatkan risiko kontaminasi silang terhadap hasil tangkapan (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Sistem drainase yang efektif harus mampu mengalirkan cairan secara cepat dan kontinu sehingga

tidak terjadi genangan pada area penanganan maupun ruang penyimpanan ikan. Genangan air yang mengandung darah, lendir, dan sisa bahan organik dapat menjadi media yang ideal bagi pertumbuhan bakteri pembusuk dan mikroorganisme patogen. Oleh karena itu, pengelolaan drainase merupakan bagian penting dari penerapan higiene dan sanitasi dalam sistem penanganan hasil perikanan di atas kapal (Parlapani, dkk. 2023).

Secara umum, sistem drainase pada kapal perikanan berfungsi untuk membuang berbagai jenis limbah cair yang dihasilkan selama operasi penangkapan, antara lain:

- Air lelehan es yang terbentuk selama proses pendinginan dan penyimpanan ikan.
- Darah dan cairan tubuh ikan yang keluar selama proses sortasi dan penanganan.
- Air bekas pencucian ikan, dek kerja, peralatan, dan fasilitas penanganan lainnya.
- Lendir dan sisa bahan organik yang berasal dari hasil tangkapan.

Pembuangan cairan tersebut secara cepat sangat penting untuk menjaga kondisi lingkungan kerja tetap bersih dan mendukung keberhasilan sistem rantai dingin (*cold chain*) selama penyimpanan hasil tangkapan (FAO, 2023).

Persyaratan Sistem Drainase yang Baik

Agar dapat berfungsi secara optimal, sistem drainase pada kapal perikanan harus memenuhi beberapa persyaratan teknis dan sanitasi.

1. Memiliki Kemiringan yang Cukup

Dek kerja dan lantai ruang penyimpanan harus dirancang dengan kemiringan tertentu agar cairan dapat mengalir secara alami menuju saluran pembuangan tanpa menimbulkan genangan. Kemiringan yang memadai akan mempercepat proses pengeringan area kerja setelah pencucian maupun setelah kegiatan penanganan ikan selesai dilakukan (European Commission, 2023).

2. Mudah Dibersihkan

Saluran drainase harus memiliki desain yang memungkinkan proses pembersihan dilakukan secara rutin. Penumpukan sisa darah, lendir, dan bahan organik di dalam saluran dapat menjadi sumber bau tidak sedap serta tempat berkembangnya mikroorganisme. Oleh karena itu, sistem drainase harus mudah diakses untuk keperluan sanitasi dan pemeliharaan (Codex Alimentarius Commission, 2023).

3. Terbuat dari Material Tahan Korosi

Lingkungan laut memiliki tingkat korosivitas yang tinggi sehingga material saluran drainase harus tahan terhadap air laut dan bahan kimia pembersih. Bahan seperti baja tahan karat (*stainless steel*), fiberglass, atau plastik berkualitas tinggi sering digunakan karena memiliki ketahanan yang baik dan umur pakai yang panjang (FAO, 2024).

4. Tidak Menimbulkan Kontaminasi Balik

Sistem drainase harus dirancang sedemikian rupa sehingga limbah cair yang telah dibuang tidak dapat kembali mencemari area kerja maupun ruang penyimpanan ikan. Aliran pembuangan harus terpisah dari sistem penyediaan air bersih untuk

mencegah terjadinya kontaminasi silang (European Commission, 2023).

Manfaat Sistem Drainase dalam Penanganan Ikan

Keberadaan sistem drainase yang baik memberikan berbagai manfaat dalam kegiatan penanganan hasil tangkapan, antara lain:

Menjaga Kebersihan Lingkungan Kerja

Pembuangan limbah cair secara cepat membantu menjaga area kerja tetap bersih dan nyaman selama operasi penangkapan berlangsung. Lingkungan kerja yang bersih juga mendukung penerapan standar higiene dan sanitasi yang diperlukan dalam industri perikanan modern (FAO, 2023).

Mengurangi Pertumbuhan Mikroorganisme

Darah, lendir, dan sisa bahan organik yang tertinggal pada dek kerja dapat menjadi sumber nutrisi bagi bakteri pembusuk. Dengan adanya sistem drainase yang efektif, bahan-bahan tersebut dapat segera dibuang sehingga pertumbuhan mikroorganisme dapat ditekan dan risiko penurunan mutu hasil tangkapan menjadi lebih rendah (Parlapani, dkk. 2023).

Meningkatkan Keamanan dan Keselamatan Kerja

Genangan air pada dek kapal dapat menyebabkan permukaan menjadi licin dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Sistem drainase yang baik membantu menjaga area kerja tetap kering sehingga keselamatan awak kapal lebih terjamin selama proses penanganan hasil tangkapan berlangsung (FAO, 2024).

Mendukung Mutu dan Keamanan Produk

Pengendalian limbah cair yang efektif dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kontaminasi silang

terhadap ikan yang sedang ditangani atau disimpan. Dengan demikian, mutu dan keamanan hasil tangkapan dapat dipertahankan hingga proses pendaratan dan distribusi (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Komponen Utama Sistem Drainase

Beberapa komponen yang umumnya terdapat pada sistem drainase kapal perikanan meliputi:

- Saluran pembuangan (*drain channel*).
- Lubang drainase (*drain outlet*).
- Bak penampung sementara.
- Pipa pembuangan limbah cair.
- Saringan untuk menahan padatan dan sisa bahan organik.

Keberadaan komponen-komponen tersebut membantu memastikan bahwa limbah cair dapat dibuang secara efektif tanpa mengganggu proses penanganan dan penyimpanan hasil tangkapan.

3.4.5 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih merupakan salah satu prasarana penting dalam kegiatan penanganan ikan di atas kapal yang berfungsi untuk mendukung berbagai aktivitas yang berkaitan dengan higiene, sanitasi, dan pemeliharaan mutu hasil tangkapan. Ketersediaan air bersih yang memadai sangat diperlukan karena hampir seluruh tahapan penanganan ikan, mulai dari pencucian hasil tangkapan hingga pembersihan fasilitas kapal, memerlukan penggunaan air yang memenuhi standar keamanan pangan. Air yang digunakan dalam penanganan hasil perikanan harus memiliki kualitas yang baik agar tidak menjadi sumber kontaminasi yang

dapat menurunkan mutu maupun keamanan produk (Codex Alimentarius Commission, 2023).

Dalam industri perikanan, air sering disebut sebagai salah satu bahan baku tidak langsung (*indirect food ingredient*) karena berperan dalam berbagai proses yang berkaitan dengan produk. Oleh karena itu, kualitas air harus dikontrol dengan ketat untuk mencegah masuknya kontaminan biologis, kimia, maupun fisik ke dalam rantai produksi. Menurut FAO (2023), penggunaan air yang tidak memenuhi standar dapat meningkatkan risiko pencemaran mikrobiologis dan mempercepat kerusakan hasil tangkapan selama penyimpanan maupun distribusi.

Fungsi Air Bersih dalam Penanganan Ikan

Air bersih memiliki berbagai fungsi penting dalam sistem penanganan hasil tangkapan di atas kapal, antara lain:

1. Pencucian Ikan

Air digunakan untuk membersihkan permukaan tubuh ikan dari darah, lendir, pasir, lumpur, sisa organisme laut, dan berbagai kotoran lainnya yang menempel setelah proses penangkapan. Pencucian yang dilakukan menggunakan air bersih dapat membantu mengurangi jumlah mikroorganisme pada permukaan ikan sehingga mutu produk dapat dipertahankan lebih lama. Selain itu, ikan yang bersih memiliki penampilan yang lebih baik dan nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan ikan yang tidak dicuci dengan baik (Parlapani *et al*., 2023).

2. Pembersihan Peralatan

Berbagai peralatan yang digunakan dalam penanganan ikan, seperti wadah penyimpanan,

keranjang, meja sortasi, sekop ikan, dan alat pemindah lainnya harus dibersihkan secara rutin menggunakan air bersih. Pembersihan yang dilakukan secara teratur bertujuan untuk menghilangkan sisa bahan organik yang dapat menjadi media pertumbuhan mikroorganisme. Dengan demikian, risiko kontaminasi silang selama proses penanganan dapat diminimalkan (European Commission, 2023).

3. Sanitasi Kapal

Selain digunakan untuk membersihkan produk dan peralatan, air bersih juga berfungsi dalam kegiatan sanitasi dek kerja, ruang penyimpanan, saluran drainase, dan berbagai fasilitas lainnya di atas kapal. Sanitasi yang baik sangat penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang higienis dan mendukung penerapan *Good Handling Practices* (GHP) selama operasi penangkapan berlangsung (FAO, 2024).

Persyaratan Air Bersih untuk Penanganan Ikan

Air yang digunakan dalam kegiatan penanganan hasil tangkapan harus memenuhi berbagai persyaratan kualitas sesuai standar keamanan pangan dan kesehatan lingkungan.

1. Tidak Berbau

Air yang digunakan harus bebas dari bau yang tidak normal, baik yang berasal dari bahan organik yang membusuk, bahan kimia, maupun sumber pencemaran lainnya. Bau yang tidak normal dapat menjadi indikasi adanya kontaminasi yang berpotensi memengaruhi kualitas hasil tangkapan (WHO & FAO, 2023).

2. Tidak Berwarna

Air yang baik untuk penanganan ikan harus jernih dan tidak menunjukkan perubahan warna yang dapat mengindikasikan adanya pencemaran bahan organik, logam berat, atau senyawa kimia lainnya. Air yang keruh atau berwarna dapat menurunkan efektivitas proses pencucian dan berpotensi menjadi sumber kontaminasi produk (FAO, 2023).

3. Bebas dari Cemaran Mikroba Patogen

Persyaratan yang paling penting adalah bebas dari mikroorganisme patogen yang dapat membahayakan kesehatan manusia maupun menurunkan mutu produk. Air yang digunakan harus memenuhi standar mikrobiologis untuk industri pangan dan tidak mengandung bakteri patogen seperti *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Vibrio spp.*, maupun mikroorganisme berbahaya lainnya. Penggunaan air yang tercemar dapat meningkatkan risiko penyakit bawaan pangan (*foodborne disease*) serta mempercepat kerusakan hasil tangkapan (WHO & FAO, 2023).

4. Bebas dari Kontaminan Kimia dan Fisik

Selain aspek mikrobiologis, air juga harus bebas dari bahan kimia berbahaya seperti pestisida, minyak, deterjen, logam berat, dan senyawa toksik lainnya. Air tidak boleh mengandung partikel asing seperti pasir, lumpur, plastik, atau material lain yang dapat mencemari produk perikanan (European Commission, 2023).

Sistem Penyediaan Air Bersih di Atas Kapal

Pada kapal perikanan modern, sistem penyediaan air bersih umumnya terdiri atas tangki penyimpanan air,

pompa distribusi, jaringan perpipaan, keran, serta fasilitas pengolahan atau filtrasi air. Air dapat diperoleh dari daratan sebelum kapal berlayar atau melalui sistem pengolahan air laut (*desalination system*) pada kapal berukuran besar. Seluruh komponen sistem harus dirancang menggunakan material yang aman untuk pangan, tahan korosi, dan mudah dibersihkan agar kualitas air tetap terjaga selama pelayaran berlangsung (FAO, 2023).

Pemeriksaan kualitas air secara berkala juga diperlukan untuk memastikan bahwa air yang digunakan tetap memenuhi standar kesehatan dan keamanan pangan. Pemantauan dapat dilakukan melalui pengujian parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis sesuai dengan ketentuan yang berlaku dalam industri perikanan dan pengolahan pangan (WHO & FAO, 2023).

Manfaat Sistem Penyediaan Air Bersih

Penerapan sistem penyediaan air bersih yang baik memberikan berbagai manfaat dalam kegiatan penanganan ikan, yaitu:

- Menjaga mutu dan kesegaran hasil tangkapan.
- Mengurangi risiko kontaminasi mikrobiologis.
- Mendukung penerapan higiene dan sanitasi kapal.
- Meminimalkan risiko penyakit bawaan pangan (*foodborne diseases*).
- Mendukung penerapan *Good Handling Practices* (GHP).
- Meningkatkan keamanan dan daya saing produk perikanan

DAFTAR PUSTAKA

Aubourg, S. P., Barros-Velázquez, J., & Gallardo, J. M. 2022. *Advances in Seafood Quality Preservation and Shelf-Life Extension.* Foods, 11(9), 1298.

Codex Alimentarius Commission. 2023. *Code of Practice for Fish and Fishery Products (CAC/RCP 52-2003, Revised 2023).* Rome: FAO/WHO.

European Commission. 2023. *Hygiene Rules for Food of Animal Origin and Fishery Products.* Brussels: European Union.

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

Food and Agriculture Organization (FAO). 2023. *Quality and Safety of Fish and Fishery Products.* Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Rome: FAO.

Huss, H. H., Reilly, A., & Karim Ben Embarek, P. 2022. *Prevention and Control of Hazards in Seafood*. Food Control, 137, 108948.

Liu, D., Zeng, X., Sun, D. W., & Han, Z. 2022. *Recent Developments in Seafood Cold Chain Management and Quality Preservation Technologies*. Trends in Food Science & Technology, 124, 138–152.

Ozogul, Y., Kuley, E., Ozogul, F., & Ozyurt, G. 2022. Postharvest *Handling and Preservation of Seafood Products: Current Trends and Future Perspectives. Journal of Food Quality,* 2022, 1–15.

Parlapani, F. F., Boziaris, I. S., & Houhoula, D. P. 2023. *Microbiological Quality and Safety of Fishery Products During Storage and Distribution.* Foods, 12(5), 1041.

Rizo, A., Fuentes, A., Fernández-Segovia, I., & Barat, J. M. 2021. *Advances in Fish Preservation Technologies and Their Impact on Quality*. Foods, 10(11), 2743.

World Health Organization (WHO) & Food and Agriculture Organization (FAO). 2023. *Food Hygiene Basic Texts.* Rome: FAO/WHO.

BAB 4

SARANA DAN SISTEM PENANGANAN IKAN DI DARAT

Oleh Muh. Alsere Bardian Sahaba

Ikan merupakan komoditas pangan yang tergolong *highly perishable* atau mudah rusak. Kondisi ini disebabkan oleh kandungan protein kasar yang tinggi (16-24%), kadar air yang besar (70-80%), serta pH daging yang relatif netral sehingga menjadi media yang sangat kondusif bagi pertumbuhan bakteri pembusuk. Handoko & Yuniarti. (2023) menegaskan bahwa cara penanganan ikan yang baik sejak di atas kapal hingga di tempat pendaratan secara umum belum diterapkan secara sempurna di Indonesia, dan dampak negatifnya adalah percepatan kemunduran mutu serta kerugian ekonomi akibat penurunan harga jual ikan.

Setelah ikan mati, proses kemunduran mutu berlangsung melalui tiga fase utama: (1) fase pre-rigor, yaitu periode sebelum kekakuan tubuh ikan; (2) fase rigor mortis, yaitu kondisi kaku yang berlangsung beberapa jam; dan (3) fase post-rigor, yaitu pelunakan kembali akibat aktivitas enzim dan bakteri yang progresif. Metusalach dkk. (2014) membuktikan secara empiris bahwa cara penangkapan, fasilitas penanganan, dan prosedur penanganan ikan merupakan tiga faktor yang secara signifikan dan bersamaan memengaruhi kualitas akhir ikan yang dihasilkan. Semakin lama ikan berada dalam fase post-rigor tanpa pendinginan

yang memadai, semakin cepat nilai organoleptik dan kimiawi ikan menurun.

Kemunduran mutu ikan bersifat ireversibel - sekali mutu turun, tidak dapat dipulihkan. Oleh karena itu, seluruh sarana dan sistem penanganan di darat pada dasarnya dirancang untuk memperpanjang fase rigor mortis sekaligus menekan laju reaksi enzimatik dan pertumbuhan mikroba, terutama melalui pengendalian suhu. Pengetahuan tentang sarana dan sistem penanganan ikan di darat yang baik merupakan kompetensi dasar yang harus dikuasai oleh setiap pelaku usaha perikanan, teknisi laboratorium mutu, maupun pengambil kebijakan di sektor perikanan.

Bab ini membahas secara komprehensif sarana fisik, peralatan, dan sistem penanganan ikan di darat: mulai dari fasilitas pelabuhan pendaratan ikan, sistem sortasi dan grading, sistem pendinginan dan pembekuan, fasilitas pengolahan primer, sistem higienitas dan sanitasi, hingga sistem manajemen mutu yang berlaku.

4.1 Rantai Penanganan Ikan di Darat

Handoko & Yuniarti. (2023) menjelaskan bahwa keberhasilan penanganan ikan di darat bergantung pada penerapan cara penanganan yang baik secara konsisten di setiap mata rantai, karena satu tahap yang tidak terkendali dapat menurunkan mutu produk secara permanen. Rantai penanganan ikan di darat pada hakikatnya merupakan serangkaian proses yang saling berkaitan dan harus dijalankan secara terintegrasi.

4.1.1 Tahapan Rantai Penanganan

Tahapan rantai penanganan ikan di darat secara umum meliputi:

- Pembongkaran (bongkar muat) ikan dari palka kapal ke dermaga
- Pencucian awal dan penirisan di atas lantai dermaga
- Sortasi berdasarkan jenis, ukuran, dan tingkat kesegaran
- Penimbangan dan pencatatan untuk keperluan statistik dan administrasi
- Pemberian es atau pendinginan awal (pre-cooling) hingga suhu ≤ 4°C
- Pelelangan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI)
- Pengangkutan menuju cold storage, unit pengolahan, atau pasar
- Penyimpanan dalam sarana berpendingin atau beku
- Distribusi ke konsumen akhir, restoran, atau unit pengolahan lanjutan

Setiap tahapan di atas harus berlangsung dalam waktu sesingkat mungkin untuk mencegah kenaikan suhu ikan. Waktu total antara penangkapan ikan hingga penanganan di darat yang ideal adalah tidak lebih dari 12 jam pada suhu lingkungan tropis tanpa pendinginan, atau hingga 5-7 hari apabila disimpan dalam es dengan rasio yang tepat.

4.1.2 Prinsip Dasar Penanganan Ikan

Seluruh kegiatan penanganan ikan di darat harus berpedoman pada empat prinsip dasar yang dikenal sebagai Prinsip 3C1Q:

Prinsip 3C1Q dalam Penanganan Ikan (Handoko & Yuniarti., 2023; Tani dkk., 2020)
• CEPAT (*Quick*) - Setiap tahap dilaksanakan secepat mungkin untuk mencegah kenaikan suhu dan proliferasi bakteri. Waktu penanganan pada setiap tahap harus diminimalkan.
• CERMAT (*Careful*) - Perlakukan ikan dengan penuh kehati-hatian; hindari benturan, tekanan berlebih, dan lempar yang dapat merusak tekstur daging, memar, atau mempercepat kemunduran mutu.
• BERSIH (*Clean*) - Peralatan, wadah, lantai, dan tangan pekerja harus dalam kondisi higienis. Kontaminasi silang adalah ancaman utama keamanan pangan ikan segar.
• DINGIN (*Cold*) - Suhu ikan dijaga sedekat mungkin dengan 0°C sepanjang rantai penanganan tanpa terputus. Setiap kenaikan suhu 1°C dari 0°C mempersingkat masa simpan sekitar 20%.

4.1.3 Faktor-faktor yang Memengaruhi Laju Kemunduran Mutu

Laju kemunduran mutu ikan dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang saling berinteraksi. Pemahaman terhadap faktor-faktor ini penting untuk merancang sistem penanganan yang efektif.

Faktor	Penjelasan	Dampak pada Mutu
Suhu lingkungan	Suhu tinggi mempercepat pertumbuhan bakteri dan aktivitas enzim secara eksponensial	Sangat besar - faktor paling dominan
Cara penangkapan	Metode tangkap yang kasar (pukat dasar) menghasilkan lebih banyak luka dan memar	Besar - mempercepat post-rigor
Jenis ikan	Ikan berlemak tinggi lebih rentan oksidasi dibanding ikan berlemak rendah	Sedang - bervariasi per spesies
Higiene peralatan	Peralatan yang tidak bersih menjadi sumber kontaminasi bakteri patogen	Besar - risiko keamanan pangan
Lama perjalanan laut	Makin lama di laut, makin lanjut tahap kemunduran mutu sebelum didaratkan	Besar - kondisi awal menentukan
Ketersediaan es	Tanpa es yang cukup, rantai dingin tidak dapat dipertahankan	Sangat besar - mutlak diperlukan

Sumber: Metusalach dkk. (2014); Handoko & Yuniarti. (2023)

4.2 Sarana Pendaratan Ikan: Pelabuhan Perikanan

Lubis (2012) mendefinisikan pelabuhan perikanan sebagai tempat yang terdiri atas daratan dan perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan sistem bisnis perikanan, yang dilengkapi fasilitas keselamatan pelayaran dan pendaratan ikan. Pelabuhan perikanan tidak sekadar tempat sandar kapal, melainkan merupakan ekosistem bisnis perikanan yang terintegrasi, mulai dari pendaratan ikan, transaksi jual beli, pengolahan, hingga distribusi produk ke berbagai wilayah konsumen.

4.2.1 Klasifikasi Pelabuhan Perikanan di Indonesia

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Kelautan dan Perikanan, pelabuhan perikanan diklasifikasikan ke dalam empat kelas berdasarkan kriteria teknis dan operasional yang terukur. Krisnafi dkk. (2023) mengonfirmasi bahwa PPS Nizam Zachman Jakarta sebagai pelabuhan kelas A telah memenuhi seluruh kriteria PP No. 27/2021, dengan total panjang dermaga mencapai 2.272 m dan luas lahan 71 ha, jauh melampaui persyaratan minimum. Tabel 4.1 merangkum kriteria masing-masing kelas pelabuhan perikanan:

Tabel 4. 1 Kriteria Teknis dan Operasional Klasifikasi Pelabuhan Perikanan

Kriteria	**Kelas A** (PPS)	**Kelas B** (PPN)	**Kelas C** (PPP)	**Kelas D** (PPI)
KRITERIA TEKNIS				
Wilayah operasional	Perairan Indonesia, ZEE, laut lepas	Perairan Indonesia dan ZEE	Perairan pedalaman, kepulauan, teritorial, ZEE	Perairan pedalaman & kepulauan
Tambat labuh kapal	**≥ 60 GT**	**≥ 30 GT**	**≥ 10 GT**	**≥ 3 GT**
Panjang dermaga min.	**≥ 300 m**	**≥ 150 m**	**≥ 100 m**	**≥ 50 m**
Kedalaman kolam	**≥ −3 m**	**≥ −3 m**	**≥ −2 m**	**≥ −2 m**
Kapasitas tampung	≥ 100 unit / ≥ 6.000 GT	≥ 75 unit / ≥ 2.250 GT	≥ 30 unit / ≥ 300 GT	≥ 60 GT
Luas lahan minimum	**≥ 20 ha**	**≥ 10 ha**	**≥ 5 ha**	**≥ 1 ha**
KRITERIA OPERASIONAL				
Bongkar muat & pemasaran	≥ 50 ton/hari	≥ 30 ton/hari	≥ 10 ton/hari	< 10 ton/hari
Tujuan pemasaran	Ekspor & dalam negeri	Dalam negeri	Pasar lokal/regional	Pasar setempat

Kriteria	Kelas A (PPS)	Kelas B (PPN)	Kelas C (PPP)	Kelas D (PPI)
		(sebagian ekspor)		
Industri pengolahan	Ada (besar, terpadu)	Ada	Ada (kecil)	Tidak wajib

Sumber: PP No. 27 Tahun 2021; Krisnafi dkk. (2023)

4.2.2 Fasilitas Pokok Pelabuhan Perikanan

Menurut Lubis (2012), fasilitas pelabuhan perikanan terbagi atas tiga kelompok: (1) fasilitas pokok sebagai infrastruktur dasar yang mutlak tersedia; (2) fasilitas fungsional yang mendukung kegiatan operasional; dan (3) fasilitas penunjang yang meningkatkan kenyamanan dan pelayanan. Masing-masing kelompok fasilitas memiliki peran yang tidak dapat saling menggantikan.

a. Fasilitas Pokok

- Dermaga - Struktur permanen atau semi-permanen untuk tambat kapal, bongkar muat ikan, dan pengisian perbekalan. Lantai dermaga harus kuat menahan beban bongkar muat, tahan korosi air laut, dan dilengkapi bollard serta fender.
- Kolam pelabuhan - Perairan yang cukup dalam dan luas untuk manuver kapal dari berbagai ukuran. Kedalaman kolam menentukan jenis kapal yang dapat dilayani.
- Jalan lingkungan - Infrastruktur jalan di kawasan pelabuhan untuk kelancaran arus kendaraan pengangkut ikan dan logistik.

- Lahan pelabuhan - Area daratan untuk aktivitas bongkar muat, sortasi, dan operasional lainnya, dengan luas disesuaikan kelas pelabuhan (1-20 ha).

b. Fasilitas Fungsional

- Tempat Pelelangan Ikan (TPI) - Gedung atau area tertutup untuk kegiatan lelang ikan secara higienis.
- Pabrik es - Fasilitas produksi es yang menjamin pasokan media pendingin kontinu.
- Cold storage - Gudang penyimpanan ikan beku untuk menjaga stok sebelum distribusi atau ekspor.
- Unit pengolahan ikan - Fasilitas pengolahan primer dan lanjutan untuk meningkatkan nilai tambah produk.
- Instalasi air bersih dan listrik - Pasokan air bersih dan listrik stabil untuk operasional seluruh fasilitas.

Wulandari dkk. (2022) menemukan bahwa ketidaksesuaian SOP inspeksi bongkar ikan di PPS Cilacap seringkali disebabkan keterbatasan fasilitas fungsional, khususnya kapasitas ruang penyimpanan es yang tidak sebanding dengan volume bongkar harian. Temuan ini menegaskan bahwa ketersediaan fasilitas fungsional yang memadai merupakan prasyarat keberhasilan sistem penanganan ikan di pelabuhan.

4.2.3 Tempat Pelelangan Ikan (TPI)

Lubis (2012) menjelaskan bahwa TPI berfungsi sebagai tempat pertemuan antara penjual dan pembeli ikan melalui mekanisme lelang, sekaligus tempat pencatatan data statistik produksi perikanan yang akurat. Fungsi TPI yang optimal tidak hanya ditentukan oleh keberadaan gedungnya, melainkan oleh kondisi

higiene dan ketersediaan sarana pendinginan di dalamnya.

Persyaratan TPI yang higienis dan mendukung mutu ikan antara lain: lantai kedap air dengan kemiringan ke arah saluran pembuangan, pasokan air bersih bertekanan yang cukup untuk pencucian ikan dan lantai, pencahayaan minimal 220 lux, sistem drainase yang lancar, dan ketersediaan es atau ruang pendingin untuk menjaga suhu ikan selama proses lelang yang dapat berlangsung 2-4 jam.

4.3 Sistem Sortasi dan Grading Ikan

Sortasi dan grading merupakan dua kegiatan yang saling melengkapi dalam sistem penanganan ikan di darat. Sortasi adalah pemisahan ikan ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan kriteria tertentu, sedangkan grading adalah penetapan kelas atau tingkatan mutu pada setiap kelompok tersebut. Tani dkk. (2020) menyatakan bahwa sortasi merupakan tahap krusial yang menentukan efisiensi rantai pemasaran dan harus dilaksanakan secepat mungkin di tempat yang teduh atau berpendingin untuk mencegah kenaikan suhu ikan.

4.3.1 Dasar-dasar Sortasi

Sortasi ikan di darat dilakukan berdasarkan empat kriteria utama:

- **Jenis/spesies**: Pemisahan berdasarkan spesies adalah tahap pertama yang paling mendasar karena setiap jenis ikan memiliki nilai ekonomi, karakteristik kemunduran mutu, dan perlakuan pasca-panen yang berbeda-beda. Kesalahan identifikasi spesies dapat mengakibatkan kerugian ekonomi yang signifikan.

- **Ukuran dan berat**: Ikan dikelompokkan berdasarkan panjang total (cm) atau berat (gram/kg) menggunakan timbangan platform atau digital. Handoko & Yuniarti. (2023) menekankan bahwa sortasi ukuran yang cermat secara langsung meningkatkan nilai jual dan kepercayaan pembeli terhadap konsistensi produk.
- **Mutu/kesegaran**: Penilaian secara organoleptik mengacu SNI 2729:2013. Nilai minimal 7 dari skala 9 merupakan batas ikan segar layak konsumsi (BSN, 2013). Ikan bernilai < 5 hanya layak untuk pengolahan.
- **Kondisi fisik**: Ikan utuh dipisahkan dari yang cacat (*gaping*, memar, luka) karena laju kemunduran mutunya jauh lebih cepat dan dapat mengontaminasi ikan lain dalam wadah yang sama (Metusalach dkk., 2014).

4.3.2 Penilaian Mutu Organoleptik

Penilaian mutu organoleptik ikan segar di Indonesia mengacu pada SNI 2729:2013 menggunakan lembar penilaian (*score sheet*) dengan skala 1-9. Penilaian dilakukan oleh panelis terlatih yang mengevaluasi lima parameter utama secara bersamaan. Berdasarkan SNI 2729:2013 (BSN, 2013), nilai minimal organoleptik 7 ditetapkan sebagai batas ikan segar layak konsumsi, sedangkan nilai di bawah 5 mengindikasikan ikan sudah tidak layak sebagai ikan segar dan hanya dapat diarahkan ke unit pengolahan lebih lanjut.

Tabel 4. 2 Kriteria Penilaian Organoleptik Ikan Segar

Parameter	Nilai 8-9 (Sangat Segar)	Nilai 5-7 (Segar)	Nilai 1-4 (Tidak Segar)
Mata	Cerah, bola menonjol, kornea jernih	Agak cerah, sedikit cekung	Tenggelam, kornea keruh
Insang	Merah cerah, tanpa lendir	Agak kusam, lendir mulai ada	Coklat keabu-abuan, lendir tebal
Lendir	Jernih, transparan, mengkilat	Agak keruh	Keruh, tebal, berbau busuk
Bau	Segar, spesifik jenis	Netral hingga agak asam	Busuk, amoniakal
Tekstur	Elastis, padat, kompak	Agak lunak	Lunak, bekas jari tidak hilang

Sumber: BSN SNI 2729:2013

Selain penilaian organoleptik, pengujian mutu ikan segar juga dapat dilakukan melalui metode kimiawi seperti pengukuran kadar TVB-N (*Total Volatile Base Nitrogen*) dan TMA (*trimethylamine*) untuk memverifikasi hasil organoleptik. Berdasarkan SNI 2729:2013, batas maksimum TVB-N untuk ikan segar adalah 30 mg N/100 g daging. Pengujian mikrobiologi juga dilakukan untuk mengukur Angka Lempeng Total (ALT), dengan batas maksimum 5×10^5 koloni/g.

4.3.3 Sistem Grading untuk Keperluan Ekspor

Untuk produk yang ditujukan ke pasar ekspor, sistem grading yang diterapkan umumnya lebih ketat dibanding standar domestik. Pasar Eropa dan Amerika Serikat mensyaratkan produk ikan segar dengan nilai organoleptik minimal 8 (grade A), sementara pasar Asia Timur seperti Jepang menerapkan sistem grading sendiri yang sangat menekankan kenampakan fisik dan kesegaran. Febrianik dkk. (2017) menyatakan bahwa penerapan sistem ketertelusuran pada produk ikan beku tidak terlepas dari konsistensi proses grading untuk menjamin keseragaman mutu ekspor.

4.4 Sistem Pendinginan Ikan di Darat

Pendinginan adalah metode paling efektif dan ekonomis untuk menghambat kemunduran mutu ikan dengan cara menekan aktivitas enzim autolitik dan pertumbuhan bakteri pembusuk. Prinsip dasarnya adalah menurunkan suhu tubuh ikan mendekati 0°C sesegera mungkin setelah didaratkan. Nugroho dkk. (2016) membuktikan bahwa penggunaan media pendingin yang tepat secara signifikan meningkatkan performa penyimpanan ikan hasil tangkapan dan memperpanjang masa simpan ikan segar, baik di atas kapal maupun di darat.

4.4.1 Penyimpanan dengan Es (Icing)

Tani dkk. (2020) melaporkan bahwa hampir seluruh kapal purse seine yang beroperasi di Indonesia masih mengandalkan es balok yang dihancurkan sebagai media utama pengawetan ikan, meskipun efektivitasnya lebih rendah dibandingkan es serpih atau es slurry. Penggunaan es tetap menjadi pilihan utama karena

ketersediaan yang luas, harga terjangkau, dan kemudahan penggunaannya di lapangan.

Jenis-Jenis Es untuk Pendinginan Ikan (Nugroho dkk., 2016; Tani dkk., 2020)

ES BALOK (*Block Ice*), Blok padat 12,5-25 kg yang harus dihancurkan sebelum digunakan. Paling murah dan tersedia di hampir seluruh pelabuhan, tetapi luas kontak dengan tubuh ikan terbatas sehingga proses pendinginan lebih lambat.

ES SERPIH (*Flake Ice*), Serpihan tipis bersuhu -6 hingga -1°C dengan luas permukaan kontak yang sangat besar. Mendinginkan ikan lebih cepat dan merata. Lebih direkomendasikan untuk unit pengolahan dan dermaga pendaratan (Nugroho dkk., 2016).

ES CURAH (*Crushed Ice*), Es balok yang dihancurkan menjadi potongan kecil tidak beraturan. Lebih mudah mengisi celah antar ikan dalam wadah dibanding es balok, tetapi lebih cepat mencair dibanding es serpih.

ES SLURRY (*Ice Slurry*), Campuran air laut dan kristal es bersuhu -1 s.d. 0°C berbentuk bubur. Kontak 360° dengan seluruh permukaan tubuh ikan menghasilkan pendinginan tercepat dan paling merata. Ideal untuk ikan pelagis kecil seperti layang, kembung, dan tongkol.

Metode penerapan es yang dianjurkan adalah sistem berlapis (*layering*): lapisan es dasar - lapisan ikan - lapisan es penutup. Lapisan es penutup dibuat lebih tebal (1,5–2× lapisan dasar) untuk mengompensasi panas yang masuk dari lingkungan atas. Rasio es:ikan yang dianjurkan adalah 1:1 (berat) untuk penyimpanan

1-2 hari dan 2:1 untuk hingga 4 hari, disesuaikan dengan suhu lingkungan dan jenis ikan.

Wadah yang digunakan untuk penyimpanan ikan ber-es harus memenuhi beberapa persyaratan: (1) terbuat dari bahan food grade, (2) berinsulasi untuk memperlambat pencairan es, (3) memiliki saluran pembuangan air lelehan es, (4) mudah dibersihkan dan didisinfeksi, serta (5) cukup kuat untuk menahan bobot ikan dan es. Wadah berbahan polyethylene berinsulasi (fiber glass reinforced plastic/FRP) dengan kapasitas 50-200 kg merupakan pilihan paling umum di pelabuhan perikanan Indonesia.

4.4.2 Pabrik Es di Pelabuhan Perikanan

Lubis (2012) menegaskan bahwa pabrik es merupakan fasilitas fungsional yang tidak dapat dipisahkan dari pelabuhan perikanan karena ketersediaan es secara kontinu adalah syarat mutlak keberhasilan penanganan ikan di darat. Kapasitas produksi es yang direkomendasikan minimal 0,5-1 kg es per kilogram ikan yang didaratkan per hari.

Jenis mesin es yang digunakan di pelabuhan perikanan Indonesia meliputi mesin es balok kapasitas 1-10 ton/siklus, mesin es serpih kapasitas 500 kg-20 ton/hari, dan sistem distribusi es terpadu yang mencakup konveyor, penghancur es, silo penyimpanan berinsulasi, dan jalur pipa distribusi ke dermaga dan kapal. Kualitas air yang digunakan untuk pembuatan es harus memenuhi standar air minum sesuai Permenkes No. 492 Tahun 2010.

4.5 Sarana Penyimpanan Berpendingin

Faizah dkk. (2023) menemukan bahwa pada sistem cold chain storage yang terstandar, seluruh proses dari penerimaan bahan baku hingga penyimpanan produk akhir harus dijaga pada suhu di bawah 5°C untuk memastikan mutu produk ikan memenuhi standar organoleptik, mikrobiologi, dan kimiawi sesuai persyaratan ekspor. Sarana penyimpanan berpendingin merupakan investasi terbesar namun paling menentukan dalam sistem penanganan ikan komersial.

4.5.1 Ruang Pendingin (*Chilled Room*)

Ruang pendingin atau *chilled room* adalah fasilitas penyimpanan ikan segar jangka pendek (1-5 hari) pada suhu 0-2°C. Fasilitas ini umumnya terdapat di pelabuhan perikanan, pasar ikan grosir, dan unit pengolahan ikan yang menerima bahan baku segar setiap hari. Faizah dkk. (2023) melaporkan bahwa pada studi kasus pembekuan fillet kakap putih, suhu ruang sortasi dijaga pada 2,7°C dan suhu ruang filleting pada 2,9°C, sehingga seluruh rantai penanganan berlangsung dalam kondisi suhu yang terkendali.

Sistem refrigerasi pada ruang pendingin terdiri atas empat komponen utama yang bekerja dalam satu siklus tertutup: (1) kompresor untuk meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran gas; (2) kondenser untuk membuang panas dari refrigeran ke lingkungan; (3) alat ekspansi (katup ekspansi atau pipa kapiler) untuk menurunkan tekanan refrigeran cair; dan (4) evaporator yang menyerap panas dari ruangan sehingga suhu di dalam ruangan turun. Refrigeran yang digunakan di Indonesia umumnya adalah R-22 atau alternatif ramah lingkungan seperti R-404A dan R-407C.

4.5.2 *Cold Storage* (Ruang Beku)

Cold storage merupakan fasilitas penyimpanan ikan beku pada suhu -18°C atau lebih rendah untuk jangka waktu panjang (3-12 bulan). Fasilitas ini mutlak diperlukan oleh industri perikanan yang berorientasi ekspor karena memungkinkan pengaturan waktu pengiriman sesuai permintaan pasar tanpa mengorbankan mutu produk.

Tabel 4. 3 Spesifikasi Teknis *Cold Storage* untuk Produk Perikanan

Parameter Teknis	Spesifikasi Standar	Referensi
Suhu penyimpanan	-18°C hingga -25°C	SNI 4110:2014; BSN
Fluktuasi suhu maksimum	± 2°C	Codex Alimentarius
Kelembaban relatif	90–95%	PP No. 57/2015
Tebal insulasi dinding	10-15 cm (PU foam)	Standar teknis industri
Tebal insulasi lantai	10-12 cm (PU foam)	Standar teknis industri
Masa simpan pelagis kecil	3-6 bulan pada -18°C	SNI 4110:2014
Masa simpan ikan besar	6-12 bulan pada -18°C	SNI 4110:2014

Parameter Teknis	Spesifikasi Standar	Referensi
Kapasitas pendinginan	Sesuai laju bongkar muat	Perancangan teknis

Sumber: BSN SNI 4110:2014; Faizah dkk. (2023); Codex Alimentarius

Panel insulasi dinding, langit-langit, dan lantai cold storage umumnya terbuat dari busa poliuretan (*polyurethane foam*/PUF) setebal 10-15 cm yang diapit oleh dua lapis panel baja anti-karat atau aluminium. Pintu cold storage harus dilengkapi gasket karet kedap udara, tirai PVC, dan mekanisme buka dari dalam sebagai prosedur keselamatan. Sistem pemantauan suhu real-time dengan alarm batas suhu merupakan komponen wajib untuk memastikan integritas rantai dingin.

4.6 Sarana Pembekuan Ikan

Pembekuan merupakan metode pengawetan paling efektif untuk mempertahankan mutu ikan dalam jangka panjang. Pada suhu -18°C ke bawah, hampir seluruh aktivitas mikroba terhenti dan aktivitas enzim menjadi sangat lambat. Kualitas produk beku sangat ditentukan oleh kecepatan proses pembekuan. Febrianik dkk. (2017) menyatakan bahwa pemilihan metode pembekuan yang tepat merupakan komponen kunci dalam sistem ketertelusuran produk ikan beku untuk menjamin keseragaman mutu ekspor. Pembekuan cepat (suhu ≤ -35°C) menghasilkan kristal es berukuran sangat kecil yang tersebar merata di dalam dan luar sel, sehingga kerusakan membran sel minimal dan drip loss saat thawing dapat ditekan.

4.6.1 Jenis Peralatan Pembekuan

- ***Air Blast Freezer***, Pembekuan menggunakan udara bersuhu -35 hingga -40°C yang dihembuskan oleh kipas dengan kecepatan 3-5 m/detik. Paling fleksibel untuk berbagai ukuran, bentuk, dan jenis ikan. Waktu pembekuan ikan utuh ukuran sedang 2-4 jam; fillet tipis 1-2 jam.
- ***Contact Plate Freezer***, Ikan atau produk dijepit di antara pelat aluminium berpendingin yang bersentuhan langsung dengan permukaan produk. Efisiensi transfer panas sangat tinggi. Waktu pembekuan fillet 1,5-3 jam. Paling cocok untuk produk berbentuk pipih dan seragam.
- ***Immersion Freezer***, Ikan dicelupkan ke dalam larutan pendingin bersuhu sangat rendah seperti larutan garam jenuh (-21°C), propilen glikol, atau larutan kalsium klorida. Pendinginan sangat cepat, cocok untuk ikan berukuran kecil atau proses glazing permukaan.
- ***Cryogenic Freezer/* IQF**, Menggunakan nitrogen cair (-196°C) atau CO_2 (-78,5°C) untuk pembekuan ultra-cepat individual (*Individual Quick Freezing*). Setiap satuan produk (fillet, udang, cumi) membeku terpisah dalam hitungan menit. Menghasilkan produk premium dengan tekstur mendekati ikan segar. Biaya operasional tinggi, cocok untuk produk bernilai ekspor tinggi.

Faizah dkk. (2023) membuktikan bahwa dengan menjaga suhu pembekuan pada -35°C menggunakan blast freezer dan suhu penyimpanan cold storage pada -21°C, mutu produk fillet kakap putih dapat memenuhi seluruh persyaratan ekspor, termasuk parameter organoleptik (nilai ≥ 7), mikrobiologi (ALT < 5×10^5 koloni/g), dan kimiawi (TVB-N < 30 mg N/100 g).

4.6.2 *Proses Glazing* (Pelapisan Es Tipis)

Glazing adalah proses pencelupan atau penyemprotan produk ikan beku dengan air dingin (0-2°C) untuk membentuk lapisan es tipis (*glaze*) di seluruh permukaan produk. Lapisan glaze berfungsi melindungi produk dari dehidrasi (*freezer burn*), oksidasi lemak, dan kontaminasi selama penyimpanan di cold storage. Kadar glaze yang diizinkan berdasarkan regulasi ekspor umumnya 5-10% dari bobot produk. Proses glazing dilakukan segera setelah pembekuan, sebelum produk dikemas dan disimpan.

4.7 Fasilitas Pengolahan Primer Ikan di Darat

Pengolahan primer adalah serangkaian proses persiapan fisik ikan sebelum dibekukan, dipasarkan, atau diolah lebih lanjut. Pengolahan primer meningkatkan nilai tambah produk sekaligus memperpanjang masa simpan ikan. Ernaningsih dkk. (2023) menyatakan bahwa teknologi pemanfaatan hasil perikanan yang diterapkan secara tepat di fasilitas pengolahan primer dapat meningkatkan pendapatan masyarakat nelayan dan nilai tambah produk perikanan di tingkat lokal.

4.7.1 Proses-proses Pengolahan Primer

- **Penyiangan (*gutting*)** - Pengangkatan insang dan isi perut (termasuk hati, gonad, dan usus) dari rongga perut ikan. Penyiangan memperlambat kemunduran mutu secara signifikan karena isi perut adalah sumber utama bakteri pembusuk (*Coliforms, Pseudomonas, Clostridium*) dan enzim proteolitik kuat.
- **Pemenggalan kepala (*heading*)** - Dilakukan terutama untuk produk ekspor guna menghemat volume pengiriman dan menghilangkan bagian

yang paling cepat membusuk. Dilakukan bersamaan dengan penyiangan.

- **Pemfiletan (*filleting*)** - Pemotongan daging ikan dari tulang punggung menggunakan pisau fillet tajang atau mesin fillet otomatis. Rendemen fillet berkisar 30-50% dari bobot utuh tergantung spesies. Faizah dkk. (2023) melaporkan rendemen fillet kakap putih rata-rata 42%.
- **Penghilangan kulit (*skinning*)** - Proses manual atau mekanis untuk mengangkat kulit dari fillet, terutama untuk produk yang mensyaratkan fillet tanpa kulit di pasar ekspor.
- **Pengirisan (*slicing*)** - Pemotongan fillet menjadi irisan dengan ketebalan seragam menggunakan mesin slicer, menghasilkan produk siap masak yang bernilai jual lebih tinggi.
- **Pencucian dan penirisan** - Tahap akhir sebelum pembekuan. Air pencuci harus bersih bersuhu < 5°C untuk menghilangkan lendir, darah, fragmen tulang, dan kontaminan permukaan.

4.7.2 Peralatan Pengolahan Primer

Peralatan yang digunakan pada unit pengolahan primer harus memenuhi persyaratan food grade, mudah dibersihkan, tahan korosi, dan tidak mentransfer bau atau rasa pada produk. Stainless steel seri 304 atau 316 merupakan material paling umum digunakan untuk meja pengolahan, pisau, dan mesin pengolah.

Tabel 4. 4 Peralatan Unit Pengolahan Ikan

Peralatan	Fungsi Utama	Material Standar
Meja pengolahan	Alas kerja penyiangan, heading, filleting	Stainless steel 304

Peralatan	Fungsi Utama	Material Standar
Pisau fillet	Pemotongan daging dari tulang secara manual	Stainless steel 420 atau keramik
Mesin fillet otomatis	Filleting mekanis kapasitas tinggi (500-2.000 ekor/jam)	Stainless steel 304
Mesin skinning	Penghilangan kulit fillet secara mekanis	Stainless steel 304
Mesin slicer	Pemotongan fillet menjadi irisan seragam	Stainless steel 316
Bak pencucian	Pencucian ikan dan fillet dengan air dingin	Polyethylene food grade
Timbangan digital	Penimbangan produk per batch	Stainless steel, IP67

Sumber: Diadaptasi dari standar peralatan unit pengolahan ikan (Permen KP, 2019)

4.8 Higienitas dan Sanitasi Fasilitas Penanganan Ikan

Higienitas dan sanitasi merupakan prasyarat fundamental yang tidak dapat dikompromikan dalam sistem penanganan ikan di darat. Handoko & Yuniarti. (2023) menyatakan bahwa upaya perbaikan penanganan ikan yang paling efektif dan efisien adalah pelatihan kepada pelaku

usaha perikanan tentang teknik penanganan ikan yang baik, khususnya aspek sanitasi dan higiene personal. Tanpa program sanitasi yang terstruktur, investasi pada sarana fisik terbaik sekalipun tidak akan mampu menghasilkan produk yang aman dan bermutu.

4.8.1 Persyaratan Fisik Fasilitas

Desain dan konstruksi fasilitas penanganan ikan harus memenuhi persyaratan fisik berikut yang mengacu pada Permen KP No. 52A/2013 dan pedoman GMP:

- Lantai: tidak berpori, kedap air, anti-licin (kekasaran permukaan R12 atau lebih), kemiringan 2-3% ke arah saluran pembuangan, mudah dibersihkan, dan tahan bahan kimia sanitizer.
- Dinding: dilapisi keramik putih atau cat epoksi food grade setinggi minimal 1,5 m (atau sampai langit-langit pada area basah), dilengkapi sudut lengkung (coved base) antara lantai-dinding untuk mencegah akumulasi kotoran.
- Langit-langit: halus, berwarna terang, tidak mengelupas, tahan kondensasi, dan tidak memungkinkan akumulasi debu. Ketinggian minimal 3 m di area kerja.
- Pencahayaan: minimal 220 lux di area kerja umum, 500 lux di area sortasi dan pemeriksaan mutu, menggunakan armatur lampu dengan penutup anti-pecah dan anti-serangga.
- Ventilasi: sistem ventilasi yang memadai untuk mencegah kondensasi, membuang bau, dan menjaga sirkulasi udara segar. Di area pembekuan, ventilasi didesain untuk meminimalkan infiltrasi udara lembab.
- Fasilitas cuci tangan: wastafel berbahan stainless steel dengan keran non-manual (dioperasikan siku

atau kaki), sabun antimikroba cair dalam dispenser otomatis, dan pengering tangan kertas sekali pakai.
- Saluran pembuangan: ukuran memadai (diameter minimal 100 mm), dilengkapi penutup jaring untuk mencegah masuknya hewan pengerat, dan dapat diakses untuk pembersihan.

4.8.2 Higiene Personal Pekerja

Pekerja yang terlibat langsung dalam penanganan ikan adalah sumber kontaminasi potensial terbesar. Standar higiene personal yang ketat harus diterapkan dan dipantau oleh supervisor:

- Pakaian kerja: apron atau celemek berwarna terang, lengan panjang, diganti setiap hari dan setelah terkontaminasi.
- Penutup kepala: hairnet atau topi yang menutupi seluruh rambut untuk mencegah rambut jatuh ke produk.
- Sarung tangan: karet atau plastik food grade yang diganti setiap 30-60 menit atau setelah menyentuh area non-produk.
- Alas kaki: boots karet anti-licin yang dicuci dan didesinfeksi sebelum memasuki area produksi.
- Prosedur cuci tangan: menggunakan sabun antimikroba dengan teknik 6 langkah WHO selama minimal 20 detik, wajib dilakukan saat memasuki area kerja, setelah menggunakan toilet, setelah menyentuh bagian tubuh, dan setelah istirahat.
- Larangan di area produksi: tidak merokok, makan, minum, meludah, atau mengenakan perhiasan dan jam tangan.
- Pelaporan kesehatan: wajib melaporkan kondisi sakit (terutama diare, infeksi saluran pernapasan atas, dan luka terbuka) kepada supervisor.

4.8.3 Prosedur Sanitasi Peralatan

Program sanitasi peralatan mengacu pada SSOP sebagai bagian integral GMP. Berdasarkan Permen KP No. 52A/PERMEN-KP/2013, setiap unit penanganan dan pengolahan hasil perikanan wajib mendokumentasikan dan melaksanakan SSOP sebagai syarat memperoleh Sertifikat Kelayakan Pengolahan (SKP).

- Pembilasan awal, Membuang sisa kotoran, lendir, dan darah dengan air bersih bertekanan ≥ 3 bar.
- Pembersihan, Penggosokan dengan detergen food grade alkalin (pH 10-12) menggunakan sikat berbulu nilon.
- Pembilasan, Membuang sisa detergen dengan air bersih dingin hingga bersih sempurna.
- Sanitasi, Penerapan larutan sanitizer: klorin aktif 100-200 ppm atau asam perasetik 50-200 ppm selama minimal 2 menit.
- Pembilasan akhir, Membuang sisa sanitizer dengan air bersih (jika diperlukan sesuai jenis sanitizer).
- Verifikasi, Pemeriksaan kebersihan visual dan uji swab mikrobiologi permukaan secara berkala (minimal bulanan).

4.9 Sistem Manajemen Mutu dalam Penanganan Ikan

Sistem manajemen mutu yang terstruktur merupakan landasan daya saing fasilitas penanganan ikan di era globalisasi pasar pangan. Hasibuan dkk. (2020) membuktikan bahwa penerapan sistem HACCP secara terpadu dengan sanitasi dan higiene pada unit pengolahan loin tuna beku berhasil menghasilkan produk yang memenuhi seluruh persyaratan mutu pasar ekspor internasional, termasuk pasar Amerika Serikat dan Uni

Eropa. Sistem manajemen mutu yang wajib diterapkan mencakup GMP, SSOP, dan HACCP.

4.9.1 *Good Manufacturing Practice* (GMP)

GMP merupakan pedoman praktik manufaktur yang baik yang mengatur persyaratan minimum higiene dan sanitasi dalam proses penanganan dan pengolahan ikan. GMP mencakup 8 aspek utama: (1) bangunan dan fasilitas, (2) peralatan dan perlengkapan, (3) pengendalian proses produksi, (4) higiene dan sanitasi fasilitas, (5) higiene personal, (6) pengendalian hama, (7) manajemen air dan es, serta (8) penelusuran dan penarikan produk (recall).

4.9.2 *Hazard Analysis Critical Control Points* (HACCP)

HACCP adalah sistem analisis bahaya dan pengendalian titik kritis yang bersifat preventif untuk menjamin keamanan pangan. Berdasarkan PP No. 57 Tahun 2015 tentang Sistem Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan, penerapan HACCP merupakan kewajiban bagi unit pengolahan ikan yang berorientasi ekspor dan menjadi syarat penerbitan Sertifikat Penerapan PMMT/HACCP oleh KKP.

Tujuh prinsip HACCP yang diterapkan dalam penanganan ikan di darat:

- Analisis bahaya, Mengidentifikasi semua bahaya potensial: biologis (bakteri patogen: *Listeria, Salmonella, Vibrio, Clostridium botulinum*), kimia (histamin, logam berat: merkuri, timbal; residu antibiotik), dan fisik (tulang, plastik, logam, kaca).
- Identifikasi CCP, Tahap kritis yang jika dikendalikan dapat mencegah bahaya; contoh: pendinginan awal (CCP-1) dan pembekuan (CCP-2).

- Penetapan batas kritis, Nilai terukur yang memisahkan kondisi aman dari tidak aman; contoh: suhu penyimpanan ikan segar ≤ 4°C; kadar histamin ≤ 100 mg/kg.
- Sistem pemantauan CCP, Prosedur dan frekuensi pengukuran parameter kritis menggunakan termometer terkalibrasi, dengan pencatatan setiap 2-4 jam.
- Tindakan korektif, Prosedur jika batas kritis terlampaui: isolasi produk, perbaikan sistem refrigerasi, evaluasi oleh quality control.
- Prosedur verifikasi, Audit internal mingguan, kalibrasi alat ukur bulanan, pengujian laboratorium triwulanan untuk memastikan sistem HACCP efektif.
- Dokumentasi dan pencatatan, Form pemantauan suhu, log sanitasi, catatan penerimaan bahan baku, label ketertelusuran, dan laporan audit tersimpan minimal 2 tahun.

Regulasi dan Standar Utama Penanganan Ikan di Darat
• UU No. 45 Tahun 2009 tentang Perikanan, Landasan hukum pengelolaan dan jaminan mutu perikanan nasional.
• PP No. 27 Tahun 2021, Penyelenggaraan Bidang Kelautan dan Perikanan; memuat klasifikasi pelabuhan perikanan.
• PP No. 57 Tahun 2015, Sistem Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan; mewajibkan HACCP untuk unit ekspor.
• Permen KP No. 52A/PERMEN-KP/2013, Persyaratan jaminan mutu dan keamanan hasil perikanan; dasar penerbitan SKP.

Regulasi dan Standar Utama Penanganan Ikan di Darat
• SNI 2729:2013 (BSN), Standar mutu ikan segar: organoleptik, mikrobiologi (ALT ≤ 5×10^5 kol/g), dan kimiawi (TVB-N ≤ 30 mg/100 g).
• SNI 4110:2014 (BSN), Persyaratan mutu ikan beku termasuk suhu penyimpanan -18°C dan masa simpan.
• Codex Stan 36 (FAO/WHO), Standar internasional ikan segar sebagai acuan ekspor ke semua negara anggota WTO.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2729:2013 - Ikan Segar: Syarat Mutu dan Keamanan Pangan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2014). SNI 4110:2014 - Ikan Beku: Persyaratan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Ernaningsih, E., Ihsan, I. dan Tajuddin, M. (2023). Teknologi pemanfaatan hasil perikanan untuk peningkatan pendapatan masyarakat di Desa Tamangapa Kec. Ma'rang Kab. Pangkep. Jurnal Pengabdian Masyarakat Kauniah, 2(1): 47–55.

Faizah, F., Kurniawati, A. D. ., Khairunnisa, A., & Agustini, N. P. S. (2023). Penerapan Cold Chain Storage pada Pembekuan Filet Kakap Putih (*Lates calcarifer*). *Journal of Technology and Food Processing (JTFP)*, *3*(02), 42–47. https://doi.org/10.46772/jtfp.v3i02.1280

Febrianik, D., Dharmayanti, N. and Siregar, A.N. (2017). Application Traceability System in Fish Processing Lemadang Frozen Portion in PT. Graha Insan Sejahtera, North Jakarta. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), pp. 179–187. doi:10.17844/jphpi.v20i1.16505.

Handoko, Y. P., & Yuniarti, T. (2023). Penanganan Ikan Hasil Tangkapan di Atas Kapal dan di Pendaratan: Penerapan, Dampak, dan Upaya Perbaikannya. Jurnal Kelautan Dan Perikanan Terapan (JKPT), 1, 123. https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12155

Hasibuan, N. E., Azka, A., & Rohaini, A. E. (2020). Penerapan Hazard Analysis Critical Control Point (Haccp) Tuna (*Thunnus* sp.) Loin Beku di Pt. Tridaya Eramina Bahari. Aurelia Journal, 2(1), 53. https://doi.org/10.15578/aj.v2i1.9491

Krisnafi, Y., Sari, R. P., Ikhsan, S. A., Mardiah, R. S., Hutapea, R. Y. F., & Haris, R. B. K. (2023). Kesesuaian Kriteria Teknis dan Operasional PPS Nizam Zachman Jakarta terhadap Peraturan tentang Kepelabuhanan Perikanan. ALBACORE Jurnal Penelitian Perikanan Laut, 7(2), 323-331. https://doi.org/10.29244/core.7.2.323-331

Lubis, E. (2012). Pelabuhan Perikanan. IPB Press. Bogor.

Metusalach, M., Kasmiati, K., & Jaya, I. (2016). Pengaruh Cara Penangkapan, Fasilitas Penangan dan Cara Penanganan Ikan Terhadap Kualitas Ikan yang Dihasilkan. Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, 1(1). https://doi.org/10.20956/jipsp.v1i1.59

Nugroho, T. A., Kiryanto, K., & Adietya, B. A. (2016). Kajian Eksperimen Penggunaan Media Pendingin Ikan Berupa Es Basah dan Ice Pack sebagai Upaya Peningkatan Performance Tempat Penyimpanan Ikan Hasil Tangkapan Nelayan. Jurnal Teknik Perkapalan, 4(4).

Pemerintah Republik Indonesia. (2015). Peraturan Pemerintah Nomor 57 Tahun 2015 tentang Sistem Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan. Lembaran Negara RI. Sekretariat Negara. Jakarta.

Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Kelautan dan Perikanan.

Lembaran Negara RI No. 37. Sekretariat Negara. Jakarta.

Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan. (2019). Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 17/PERMEN-KP/2019 Tahun 2019 tentang Persyaratan Dan Tata Cara Penerbitan Sertifikat Kelayakan Pengolahan. KKP. Jakarta.

Tani, V., Rasdam, R., & Siahaan, I. C. M. (2020). Teknik Penanganan Ikan Hasil Tangkapan di Atas Kapal Purse Seine pada Km. Asia Jaya Ar 03 Juwana Pati Jawa Tengah. Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan Dan Budidaya Perairan, 15(1), 63–73. https://doi.org/10.31851/jipbp.v15i1.4512

Wulandari, I., Sulaiman, M. dan Burhnai, S. (2022). Analisis penerapan standar operasional prosedur (SOP) inspeksi bongkar ikan di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Cilacap. Prosiding Semnas Politani Pangkep, 3(19): 238–247.

BAB 5

TEKNIK PENANGANAN IKAN HASIL TANGKAPAN

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.

5.1 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.

5.2 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

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:

1. 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.
2. 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).

3. 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).

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).

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.

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 6

PENERAPAN HACCP DAN SISTEM JAMINAN MUTU

Oleh Femiliani Novitasari

Pangan merupakan kebutuhan dasar manusia yang tidak hanya harus memenuhi kecukupan gizi, tetapi juga harus aman dari segala bentuk kontaminasi yang dapat membahayakan kesehatan konsumen. Penyakit yang ditularkan melalui makanan (*foodborne diseases*) hingga saat ini masih menjadi salah satu permasalahan kesehatan masyarakat paling serius di tingkat global. Scallan *et al*. (2011) dalam kajian epidemiologi komprehensif di Amerika Serikat memperkirakan bahwa setiap tahun terjadi sekitar 47,8 juta kasus penyakit bawaan makanan, mengakibatkan 127.839 perawatan rumah sakit dan 3.037 kematian hanya di satu negara. Havelaar *et al*. (2015) yang memperluas kajian serupa ke skala global melalui studi *Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group* menyimpulkan bahwa beban penyakit bawaan makanan setara dengan 33 juta *disability-adjusted life years* (DALYs) per tahun, angka yang menempatkannya sejajar dengan penyakit infeksi besar seperti HIV/AIDS dan malaria dalam hal dampak kesehatan masyarakat. Kerugian yang ditimbulkan tidak berhenti pada aspek klinis. Scharff (2012) dalam analisis ekonomi yang dipublikasikan di *Journal of Food Protection* memperkirakan total biaya penyakit bawaan makanan di Amerika Serikat mencapai USD 77,7 miliar per tahun apabila memperhitungkan biaya medis langsung, kehilangan

produktivitas, penurunan kualitas hidup (*quality-adjusted life years*/QALYs), dan kematian dini. Di tingkat perusahaan, Thomsen *et al*. (2019) dalam studi yang diterbitkan di *Food Control* mendokumentasikan bahwa biaya rata-rata satu insiden penarikan produk (*product recall*) pangan di Amerika Serikat mencapai USD 10 juta, belum termasuk kerusakan reputasi jangka panjang yang dampaknya dapat bertahan bertahun-tahun pasca insiden.

Globalisasi rantai pasokan pangan secara dramatis meningkatkan kompleksitas tantangan ini. Reardon *et al*. (2019) dalam *Annual Review of Resource Economics* menguraikan bahwa transformasi rantai nilai pangan global telah menciptakan jaringan produksi dan distribusi yang sangat kompleks, di mana bahan baku sebuah produk pangan dapat berasal dari puluhan negara berbeda sebelum sampai ke tangan konsumen. Dalam kondisi demikian, satu titik kegagalan dalam rantai pasokan berpotensi memicu krisis keamanan pangan berskala internasional sebagaimana dikaji secara mendalam oleh Pires *et al*. (2012) dalam analisis sumber-sumber foodborne diseases yang dipublikasikan di *Emerging Infectious Diseases*.

Selama beberapa dekade, industri pangan mengandalkan inspeksi visual dan pengujian sampel produk akhir sebagai strategi utama pengendalian mutu. Pendekatan ini mengandung kelemahan mendasar yang bersifat statistik: ia hanya mampu mendeteksi permasalahan setelah produk selesai diproduksi. Mortimore dan Wallace (2013) dalam buku acuan klasik *HACCP: A Practical Approach* menegaskan bahwa pengujian produk akhir secara statistik tidak memungkinkan jaminan keamanan yang absolut karena proporsi sampel yang dapat diuji secara praktis jauh terlalu kecil dibandingkan total volume produksi. Pendapat ini diperkuat oleh Luning *et al*. (2011) yang dalam kajiannya di *Trends in Food Science & Technology* menunjukkan bahwa pendekatan reaktif menghasilkan tingkat deteksi bahaya

yang secara inheren rendah dan tidak dapat diandalkan sebagai mekanisme perlindungan konsumen yang efektif.

Kelemahan inilah yang mendorong lahirnya pendekatan baru yang bersifat **preventif dan berbasis risiko**: *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP). Sperber (2005) dalam ulasan historis yang diterbitkan di *Food Control*mendokumentasikan bahwa sistem HACCP pertama kali dikembangkan pada akhir 1950-an oleh Pillsbury Company bekerja sama dengan NASA untuk memastikan keamanan pangan bagi astronot, di mana tidak ada toleransi terhadap risiko penyakit akibat makanan dalam kondisi misi luar angkasa. Konsep ini kemudian dipublikasikan secara ilmiah oleh Bauman (1974) di *Food Technology* dan mulai diadopsi secara luas oleh industri pangan komersial sejak dekade 1980-an. Efektivitas HACCP sebagai sistem pencegahan telah dibuktikan secara empiris oleh sejumlah studi ilmiah. Cates *et al*. (2001) dalam penelitian yang diterbitkan di *Journal of Food Protection* menemukan bahwa penerapan HACCP pada industri pengolahan daging unggas di Amerika Serikat berkorelasi dengan penurunan prevalensi *Salmonella* sebesar 50–60% dalam tiga tahun pertama implementasi. Ehiri *et al*. (2001) dalam *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*menyimpulkan dari tinjauan sistematisnya bahwa HACCP secara konsisten menghasilkan perbaikan yang signifikan dalam kondisi higiene dan pengurangan kontaminasi mikrobiologi dibandingkan sistem pengendalian mutu konvensional.

Sistem HACCP lahir dari kebutuhan ekstrem program luar angkasa Amerika Serikat. Pada akhir 1950-an, Pillsbury Company bekerja sama dengan NASA dan Laboratorium Natick Angkatan Darat AS menghadapi tantangan yang belum pernah ada presedennya: bagaimana memastikan keamanan pangan bagi astronot dalam kondisi misi luar angkasa, di mana tidak ada toleransi sama sekali terhadap risiko penyakit akibat makanan. Pendekatan konvensional berupa inspeksi

dan pengujian produk akhir dianggap tidak memadai karena bersifat reaktif. Tim ini kemudian mengembangkan pendekatan baru yang berfokus pada **pencegahan bahaya sejak dalam proses produksi** — inilah embrio dari sistem HACCP (Sperber, 2005). Konsep ini pertama kali dipresentasikan secara publik oleh Dr. Howard Bauman dari Pillsbury pada *National Conference on Food Protection* di Denver, Amerika Serikat tahun 1971, dan dipublikasikan secara ilmiah oleh Bauman (1974) dalam jurnal *Food Technology*. Respons regulasi tidak lama kemudian: FDA Amerika Serikat mewajibkan penerapan prinsip HACCP pada industri pengalengan pangan berasam rendah sejak 1973 sebagai respons atas wabah botulisme yang terjadi pada periode tersebut (Hulebak & Schlosser, 2002).

Pengakuan internasional terhadap HACCP menguat secara signifikan ketika *Codex Alimentarius Commission* (CAC) badan standar pangan bersama FAO/WHO menerbitkan pedoman HACCP dalam *General Principles of Food Hygiene*(CXC 1-1969) pada tahun 1993 dan menjadikannya rekomendasi resmi bagi seluruh negara anggota. Amerika Serikat kemudian mewajibkan HACCP secara penuh untuk industri seafood (1997) dan jus buah (2001), diikuti oleh Uni Eropa melalui Regulation EC 852/2004 yang mewajibkan HACCP bagi seluruh operator pangan. Perkembangan ini mendorong adopsi HACCP secara masif di seluruh dunia, termasuk Indonesia yang mulai memasukkan persyaratan HACCP dalam regulasi keamanan pangan nasionalnya. Tonggak berikutnya adalah diterbitkannya **ISO 22000:2005** — standar internasional pertama yang mengintegrasikan prinsip HACCP Codex dalam kerangka sistem manajemen yang terstruktur. Revisi menjadi **ISO 22000:2018** semakin memperkuat integrasi ini dengan mengadopsi *High Level Structure* (HLS) yang memudahkan penerapan bersama standar ISO lainnya. Sementara itu, **FSSC 22000** yang diakui penuh oleh *Global*

Food Safety Initiative (GFSI) menjadi standar *de facto* industri pangan kelas dunia. Versi terbaru FSSC 22000 v6 (2023) memperluas persyaratan dengan memasukkan *food fraud*, *food defense*, pemantauan lingkungan, dan kultur keamanan pangan sebagai elemen wajib (Manning & Soon, 2016).

Di Indonesia, adopsi HACCP terus berkembang melalui serangkaian regulasi nasional — dari Kepmenkes No. 942 Tahun 2003, Peraturan BPOM No. 8 dan No. 13 Tahun 2020 tentang CPPOB dan kewajiban HACCP bagi industri pangan berisiko tinggi, hingga terbitnya **SNI 7828:2022** yang memberikan panduan teknis penerapan HACCP selaras dengan standar Codex Alimentarius.

6.1 Program Prasyarat (Prerequisite Programs/ PRP)

HACCP tidak dapat berdiri sendiri. Kvenberg *et al*. (2000) dalam Food Control menekankan bahwa tanpa Program Prasyarat (PRP) yang memadai, implementasi HACCP tidak akan menghasilkan sistem keamanan pangan yang sesungguhnya efektif. Wallace *et al*. (2014) mengonfirmasi bahwa kegagalan implementasi HACCP di berbagai industri pangan umumnya dapat ditelusuri pada lemahnya fondasi PRP, bukan pada kelemahan sistem HACCP itu sendiri.

6.1.1 *Good Manufacturing Practices* (GMP)

GMP adalah standar minimum yang dipersyaratkan untuk memastikan produk pangan diproduksi secara konsisten dan terkendali sesuai standar mutu. Di Indonesia, GMP dituangkan dalam Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik (CPPOB) yang diatur melalui Peraturan BPOM No. 8 Tahun 2020.

- Desain dan konstruksi fasilitas: Bangunan harus memenuhi persyaratan konstruksi higiene dinding yang mudah dibersihkan, lantai tidak retak, langit-langit bebas dari kondensasi, pintu dan jendela yang dapat ditutup rapat untuk mencegah masuknya ham
- Tata letak (*layout*) dan aliran proses: Harus dirancang untuk mencegah kontaminasi silang antara area bahan baku mentah dan produk jadi — konsep 'kotor ke bersih' yang berlaku satu arah
- Persyaratan peralatan: Peralatan yang berkontak langsung dengan produk harus terbuat dari bahan food-grade, tahan korosi, mudah dibersihkan, dan tidak toksik (misalnya stainless steel AISI 316).
- Pengendalian lingkungan: Kualitas udara (filtrasi, tekanan positif pada area bersih), pencahayaan minimal 540 lux pada area kerja, dan pengendalian suhu sesuai jenis produk (Marriot *et al*, 2018).

6.1.2 *Sanitation Standard Operating Procedures* (SSOP)

SSOP adalah prosedur tertulis yang menjelaskan secara rinci bagaimana dan kapan operasi sanitasi dilaksanakan. USDA-FSIS menetapkan delapan aspek kunci SSOP yang harus diperhatikan (USDA-FSIS, 1996):

1. Keamanan air yang digunakan dalam proses produksi dan pembuatan es uji coliform dan klorin residu secara berkala.
2. Kondisi dan kebersihan permukaan yang berkontak dengan produk jadwal pembersihan dan sanitasi peralatan.
3. Pencegahan kontaminasi silang pemisahan fisik area, alur karyawan, dan kode warna peralatan.
4. Higiene dan kesehatan karyawan pemeriksaan kesehatan, larangan bekerja saat sakit, protokol cuci tangan.

5. Perlindungan dari adulterasi penguncian dan pelabelan bahan kimia non-pangan.
6. Pelabelan, penyimpanan, dan penggunaan bahan kimia yang benar — MSDS dan prosedur penanganan.
7. Pengendalian kondisi kesehatan karyawan yang dapat menyebabkan kontaminasi pangan.
8. Pemberantasan dan pengendalian hama (rodentisida, insektisida) program IPM terintegrasi.

6.2 Tujuh Prinsip Haacp

Codex Alimentarius Commission (2020) menetapkan tujuh prinsip HACCP yang menjadi fondasi sistem ini. Ketujuh prinsip bersifat sekuensial dan saling terkait — setiap prinsip dibangun di atas hasil prinsip sebelumnya.

6.2.1 Prinsip 1: Analisis Bahaya (Hazard Analysis)

Analisis bahaya adalah langkah pertama dan paling fundamental dalam HACCP. Tim HACCP mengidentifikasi semua bahaya potensial yang dapat terjadi pada setiap tahap proses produksi, mengevaluasi kemungkinan (*likelihood*) terjadinya, dan menilai tingkat keparahan (*severity*) dampaknya terhadap kesehatan konsumen. Hanya bahaya yang dinilai signifikan berdasarkan kombinasi likelihood dan severity yang akan dimasukkan ke dalam sistem pengendalian HACCP.

Tabel 6. 1 Analisis Bahaya

Tahap Proses	Bahaya Potensial	L	S	Signifikan?	Dasar Keputusan
Penerimaan daging sapi	Salmonella, E. coli O157:H7	T	T	Ya	Prevalensi tinggi; dapat menyebabkan kematian
Penerimaan daging sapi	Residu antibiotik	S	S	Ya	Regulasi menetapkan batas maksimum residu (BMR)
Penerimaan daging sapi	Serpihan logam (pisau)	R	T	Ya	Dapat dikendalikan di tahap selanjutnya (metal detector)
Penggilingan	Kontaminasi silang E. coli	T	T	Ya	Suhu adonan meningkat, risiko pertumbuhan bakteri
Pemasakan	Patogen tidak mati	T	T	Ya	CCP — suhu inti harus tercapai

Sumber : Codex Alimentarius Commision 2020.

6.2.2 Prinsip 2: Penentuan Titik Kendali Kritis (CCP)

Critical Control Point (CCP) adalah suatu tahap dalam proses produksi di mana pengendalian dapat diterapkan dan bahaya keamanan pangan dapat dicegah, dieliminasi, atau dikurangi hingga level yang dapat diterima. Penentuan CCP dilakukan menggunakan *Decision Tree* (pohon keputusan) Codex yang terdiri dari

empat pertanyaan berurutan (Codex Alimentarius Commission, 2020) :

P1: Apakah ada tindakan pencegahan untuk bahaya ini? Jika tidak — modifikasi proses/produk.

P2: Apakah tahap ini dirancang khusus untuk menghilangkan/mengurangi bahaya ke level yang dapat diterima?

P3: Apakah kontaminasi dapat terjadi melebihi batas atau meningkat ke level tidak dapat diterima?

P4: Apakah tahap selanjutnya akan menghilangkan atau mengurangi bahaya ke level yang dapat diterima?

Tabel 6. 2 Contoh CCP di Berbagai Sektor Industri Pangan

Industri daging olahan: Proses thermal (pemasakan) ≥70°C selama ≥2 menit → CCP untuk Salmonella dan Listeria.
Industri susu: Pasteurisasi (72°C/15 detik atau 63°C/30 menit) → CCP untuk seluruh patogen non-spora.
Industri minuman UHT: Sterilisasi (≥135°C/≥2 detik) → CCP untuk C. botulinum dan spora termofilik.
Industri tepung/snack: Metal detector pada jalur filling → CCP untuk kontaminan logam.
Industri seafood: Pembekuan cepat (≤-18°C dalam 4 jam) → CCP untuk pertumbuhan patogen psikrofilik.
Industri jus buah: pH ≤4,6 dan pasteurisasi → CCP untuk E. coli O157:H7 dan Cryptosporidium.

Sumber: Wallace, 2014

6.2.3 Prinsip 3: Penetapan Batas Kritis (*Critical Limits*)

Batas kritis adalah nilai minimum dan/atau maksimum yang harus dipenuhi oleh parameter biologis, kimia, atau fisik pada CCP untuk memastikan bahaya dapat dikendalikan. Batas kritis harus terukur, dapat divalidasi secara ilmiah, dan didasarkan pada regulasi, literatur ilmiah, atau data hasil studi validasi internal (Mortimore & Wallace, 2013).

Tabel 6. 3 Contoh Penetapan Batas Kritis

CCP	Parameter	Batas Kritis	Dasar Ilmiah/Regulasi
Pasteurisasi susu	Suhu & Waktu	Min. 72°C / Min. 15 detik	Codex CAC/RCP 57-2004; SNI 01-3951
UHT susu cair	Suhu & Waktu	Min. 135°C / Min. 2 detik	ISO 9001; regulasi EU 853/2004
Pembekuan ikan	Suhu inti produk	Maks. -18°C	Codex CAC/RCP 52-2003
pH produk asam	Keasaman (pH)	Maks. 4,6	Mencegah C. botulinum (non-proteolitik)
Kadar air kering	Water activity (Aw)	Maks. 0,85	Mencegah pertumbuhan jamur patogen

CCP	Parameter	Batas Kritis	Dasar Ilmiah/Regulasi
Metal detector (Fe)	Diameter benda logam	Maks. Ø 1,5 mm	BRC Global Standard; ISO 22000
Sanitasi klorin	Konsentrasi & pH	100–200 ppm; pH 6,5–7,5	Codex CAC/RCP 1-1969

6.2.4 Prinsip 4: Sistem Pemantauan (*Monitoring*)

Pemantauan adalah serangkaian pengamatan atau pengukuran terencana terhadap parameter CCP untuk menilai apakah CCP terkendali. Sistem monitoring yang efektif harus menjawab empat pertanyaan kunci: APA yang dipantau, BAGAIMANA cara memantaunya, SEBERAPA SERING pemantauan dilakukan, dan SIAPA yang bertanggung jawab.

Tabel 6. 4 Sistem Pemantauan (*Monitoring*)

Elemen Monitoring	CCP Pasteurisasi — Contoh Penerapan
Apa yang dipantau	Suhu (°C) dan waktu tinggal (detik) di heat exchanger pasteurizer
Metode/Alat	Termometer digital terkalibrasi; rekorder suhu otomatis; flow meter
Frekuensi	Kontinu (rekorder otomatis) + verifikasi manual setiap 30 menit oleh operator

Elemen Monitoring	CCP Pasteurisasi — Contoh Penerapan
Penanggung jawab	Operator produksi shift + QC Inspector (verifikasi)
Dokumen	Formulir monitoring CCP-P01; log rekorder suhu; laporan shift harian

Sumber : Mortimore, 2013

6.2.5 Prinsip 5: Tindakan Koreksi (C*orrective Actions*)

Tindakan koreksi adalah prosedur yang harus segera dilaksanakan ketika hasil monitoring menunjukkan bahwa CCP tidak terkendali (penyimpangan dari batas kritis). Tindakan koreksi harus mencakup dua elemen wajib: (1) penanganan produk yang terdampak selama periode penyimpangan, dan (2) identifikasi serta perbaikan akar penyebab (root cause) penyimpangan. Contoh Prosedur Tindakan Koreksi Penyimpangan Pasteurisasi.

Situasi: Suhu pasteurisasi turun di bawah batas kritis 72°C.

Langkah 1 — Isolasi produk: Operator segera mengaktifkan flow diversion valve; susu yang belum terpasteurisasi dialihkan kembali ke balance tank.

Langkah 2 — Identifikasi produk terdampak: QC menentukan volume dan waktu penyimpangan; semua produk dalam periode tersebut ditahan (on-hold).

Langkah 3 —Evaluasi produk: QA memutuskan tindakan — diproses ulang, diuji, atau dimusnahkan.

Langkah 4 — Perbaikan akar masalah: Teknisi memeriksa dan memperbaiki sistem pemanas; kalibrasi ulang sensor suhu.

Langkah 5 — Verifikasi: Pasteurisasi dijalankan ulang setelah konfirmasi sistem normal; QC memverifikasi suhu tercapai.

Langkah 6 — Dokumentasi: Seluruh kejadian dicatat dalam Formulir Tindakan Koreksi CA-P01 beserta tanda tangan QA Manager.

6.2.6 Prinsip 6: Prosedur Verifikasi

Verifikasi adalah penerapan metode, prosedur, pengujian, dan evaluasi selain pemantauan untuk menentukan apakah sistem HACCP berjalan efektif. Verifikasi harus dilakukan oleh pihak yang independen dari operator monitoring untuk memastikan objektivitasnya.

Tabel 6. 5 Prosedur Verifikasi

Aktivitas Verifikasi	Metode	Pelaksana	Frekuensi
Kalibrasi alat ukur CCP	Kalibrasi termometer, pH meter, timbangan terhadap standar bersertifikat	QC/Metrologi	6 bulan – 1 tahun (sesuai jadwal)
Review rekaman monitoring	Pemeriksaan kelengkapan dan	QA Manager	Harian/Mingguan

Aktivitas Verifikasi	Metode	Pelaksana	Frekuensi
	konsistensi formulir CCP		
Pengujian produk akhir	Uji mikrobiologi (TPC, Salmonella, Listeria) dan kimia	Lab internal/eksternal	Per batch atau mingguan
Audit internal HACCP	Audit menyeluruh terhadap implementasi HACCP plan	Tim audit internal	Minimum 2× per tahun
Uji tantang (challenge test)	Inokulasi produk dengan patogen target untuk validasi batas kritis	QA + R&D	Saat validasi/perubahan proses
Tinjauan manajemen	Evaluasi kinerja sistem keamanan pangan oleh top manajemen	Tim HACCP + Manajemen	Minimum 1× per tahun

6.2.7 Prinsip 7: Dokumentasi dan Rekaman

Dokumentasi yang efektif adalah bukti bahwa sistem HACCP berjalan sebagaimana mestinya. Tanpa dokumentasi yang memadai, tidak ada bukti kepatuhan yang dapat ditunjukkan kepada regulator, auditor, atau pelanggan. Dokumen HACCP minimal mencakup empat level hierarki:

Level 1 — Kebijakan: Kebijakan keamanan pangan, komitmen manajemen, manual keamanan pangan.

Level 2 — Prosedur: HACCP plan, SOP monitoring, SOP tindakan koreksi, SOP verifikasi, SOP recall.

Level 3 — Instruksi Kerja: Panduan operasional spesifik untuk operator lapangan.

Level 4 — Rekaman/Formulir: Log monitoring CCP, formulir koreksi, laporan audit, sertifikat kalibrasi, laporan pengujian, rekaman pelatihan.

6.3 Lima Langkah Implementasi HACCP

6.3.1 Langkah 1 — Pembentukan Tim HACCP

Tim HACCP harus bersifat **multidisiplin**, mencakup individu dengan pengetahuan dan keahlian spesifik tentang produk dan proses yang sedang dikaji. Anggota tim minimal mencakup: manajer produksi, QA/QC, R&D, engineering/maintenance, dan pembelian. Ketua tim harus memiliki kompetensi dan sertifikasi HACCP yang diakui. Satu orang tidak boleh merangkap seluruh fungsi karena sistem HACCP membutuhkan perspektif lintas disiplin untuk mengidentifikasi bahaya secara komprehensif (Mortimore & Wallace, 2013). **Contoh:** PT. Sumber Pangan Nusantara membentuk Tim HACCP beranggotakan 8 orang diketuai *Food Safety*

*Manager*bersertifikat FSSC 22000 Lead Auditor, dengan anggota dari divisi produksi, QC laboratorium, teknik mesin, gudang, dan pembelian bahan baku.

6.3.2 Langkah 2 — Deskripsi Produk

Tim HACCP menyusun deskripsi produk secara lengkap dan tertulis, mencakup seluruh informasi yang relevan untuk analisis bahaya.

Tabel 6. 6 Contoh Deskripsi Produk

Parameter	Keterangan
Nama dan jenis produk	Nama dagang dan kategori produk
Komposisi	Seluruh bahan baku, bahan tambahan, dan bahan penolong
Karakteristik fisikokimia	pH, water activity (Aw), kadar garam, kadar air
Metode pengolahan	Proses termal, fermentasi, pengeringan, dll.
Jenis kemasan	Material, kondisi vakum/MAP, ukuran
Kondisi penyimpanan	Suhu, kelembaban, persyaratan khusus
Masa simpan (*shelf life*)	Dalam kondisi penyimpanan yang ditetapkan
Metode distribusi	Rantai dingin, suhu ambient, moda transportasi

Parameter	Keterangan
Persyaratan pelabelan	Alergen, klaim gizi, petunjuk penyimpanan

6.3.3 Langkah 3 — Identifikasi Penggunaan yang Dimaksudkan

Tim HACCP mengidentifikasi kelompok konsumen target dan cara produk akan dikonsumsi. Langkah ini kritis karena menentukan tingkat risiko yang dapat diterima. Produk yang ditujukan untuk **populasi rentan** — bayi, lansia, ibu hamil, dan individu *immunocompromised* — memerlukan standar keamanan yang jauh lebih ketat dibandingkan produk untuk konsumen umum. Selain itu, perlu dipertimbangkan apakah produk akan dikonsumsi langsung (*ready-to-eat*) atau akan dimasak terlebih dahulu, karena hal ini memengaruhi tingkat bahaya yang signifikan (Codex Alimentarius Commission, 2020). **Contoh:** Susu formula bayi → konsumen adalah bayi 0–12 bulan (populasi sangat rentan) → standar keamanan paling ketat, zero tolerance untuk *Cronobacter sakazakii* dan *Salmonella*.

6.3.4 Langkah 4 — Penyusunan Diagram Alir Proses

Tim menyusun diagram alir (*flow diagram*) yang menggambarkan seluruh tahap proses secara visual dan berurutan — mulai dari penerimaan bahan baku hingga pengiriman produk jadi. Diagram harus mencakup:

- Seluruh tahap proses beserta parameter operasional (suhu, waktu, tekanan)

- Titik masuk seluruh bahan baku, bahan penolong, dan kemasan
- *Recycle loop* dan jalur pengolahan ulang
- Titik pembuangan limbah dan produk reject
- Interaksi antar tahap yang berpotensi menimbulkan kontaminasi silang

6.3.5 Langkah 5 — Verifikasi Diagram Alir di Lapangan

Diagram alir yang telah disusun **wajib diverifikasi** kesesuaiannya dengan kondisi nyata di lantai produksi oleh seluruh anggota tim HACCP. Verifikasi dilakukan pada semua shift operasional (pagi, siang, malam), semua hari kerja, dan jika memungkinkan pada semua musim atau kondisi produksi yang berbeda. Setiap ketidaksesuaian antara diagram dan kondisi aktual harus segera diperbaiki sebelum melanjutkan ke tahap analisis bahaya. Langkah ini sering diabaikan namun sangat menentukan validitas seluruh sistem HACCP (Mortimore & Wallace, 2013).

6.4 Sistem Jaminan Mutu Pangan

Sistem jaminan mutu pangan adalah kerangka integratif yang mencakup seluruh aktivitas terencana dan sistematis untuk memberikan keyakinan bahwa produk pangan memenuhi persyaratan mutu dan keamanan yang ditetapkan. HACCP merupakan komponen inti dari sistem jaminan mutu ini, didukung oleh standar manajemen internasional yang lebih komprehensif.

6.4.1 ISO 22000:2018 — Sistem Manajemen Keamanan Pangan

ISO 22000:2018 adalah standar internasional yang menetapkan persyaratan sistem manajemen keamanan pangan (SMKP) untuk setiap organisasi dalam rantai pangan. Standar ini mengadopsi High Level Structure (HLS) yang memudahkan integrasi dengan standar ISO lainnya. Jacxsens *et al*. (2011) dalam Food Control membuktikan bahwa pendekatan sistem manajemen terintegrasi menghasilkan kinerja keamanan pangan yang secara signifikan lebih baik dibandingkan penerapan HACCP secara parsial.

Tabel 6. 7 Persyaratan ISO 22000;2018

Klausul ISO 22000:2018	Persyaratan Utama
Kl. 4 — Konteks Organisasi	Memahami kebutuhan pihak berkepentingan, rantai pangan, ruang lingkup SMKP.
Kl. 5 — Kepemimpinan	Komitmen top manajemen, kebijakan keamanan pangan, peran & tanggung jawab.
Kl. 6 — Perencanaan	Manajemen risiko & peluang, sasaran keamanan pangan, perencanaan perubahan.
Kl. 7 — Dukungan	SDM, infrastruktur, lingkungan kerja, kompetensi, komunikasi, dokumentasi.

Klausul ISO 22000:2018	Persyaratan Utama
Kl. 8 — Operasional	PRP, analisis bahaya, sistem kontrol bahaya (HACCP/OPRP), ketertelusuran, recall.
Kl. 9 — Evaluasi Kinerja	Pemantauan, pengukuran, analisis, audit internal, tinjauan manajemen.
Kl. 10 — Peningkatan	Ketidaksesuaian, tindakan koreksi, peningkatan berkelanjutan, pembaruan SMKP.

6.4.2 FSSC 22000 — *Food Safety System Certification*

FSSC 22000 adalah skema sertifikasi keamanan pangan yang diakui penuh oleh Global Food Safety Initiative (GFSI) — pengakuan tertinggi dalam industri pangan global. Skema ini dibangun di atas ISO 22000:2018 dengan penambahan persyaratan teknis sektor spesifik dan persyaratan tambahan FSSC (FSSC, 2023).

- ISO 22000:2018 — fondasi sistem manajemen keamanan pangan.
- ISO/TS 22002-1 (untuk manufaktur pangan) — persyaratan PRP spesifik sektor.
- Persyaratan Tambahan FSSC 22000 v6 — manajemen alergen, food fraud, food defense, pemantauan lingkungan, sustainability, dan kultur keamanan pangan.

6.5 Integrasi HACCP dengan Sistem Jaminan Mutu

6.5.1 HACCP sebagai Inti Sistem Manajemen Keamanan Pangan

HACCP bukan entitas yang berdiri sendiri — ia adalah komponen inti yang tertanam dalam sistem manajemen keamanan pangan yang lebih luas. Dalam ISO 22000:2018, HACCP Codex menjadi dasar dari 'Sistem Kontrol Bahaya' yang diatur dalam Klausul 8. Dalam FSSC 22000, seluruh elemen HACCP Codex diadopsi dan diperkuat dengan persyaratan tambahan yang lebih spesifik.

Manfaat Integrasi Sistem Manajemen Keamanan Pangan

- Efisiensi operasional: Mengurangi duplikasi dokumen, audit, dan penggunaan sumber daya manusia.
- Konsistensi implementasi: Satu sistem terpadu memastikan pendekatan yang konsisten di seluruh departemen.
- Peningkatan komunikasi: Satu bahasa dan pendekatan lintas fungsi produksi, QA, R&D, dan manajemen.
- Kemudahan integrasi ISO: HLS memudahkan integrasi ISO 22000 dengan ISO 9001, ISO 14001, dan ISO 45001.

- Akses pasar global: Sertifikasi GFSI membuka pintu ke retailer internasional (Carrefour, Walmart, Tesco, ALDI).

- Peningkatan kepercayaan pelanggan: Audit pihak ketiga memberikan bukti objektif komitmen keamanan pangan.

6.5.2 Sinergi HACCP dengan ISO 22000 dan FSSC 22000

Penerapan HACCP yang baik sesungguhnya adalah persiapan yang paling solid menuju sertifikasi ISO 22000 dan FSSC 22000. Perusahaan yang telah memiliki sistem HACCP yang mature umumnya memerlukan waktu 6–12 bulan tambahan untuk mencapai kesiapan sertifikasi ISO 22000, dibandingkan 18–24 bulan bagi perusahaan yang memulai dari nol (Mortimore & Wallace, 2013). Perbedaan utama antara HACCP Codex dan ISO 22000 terletak pada elemen sistem manajemen: ISO 22000 menambahkan persyaratan kepemimpinan, komunikasi, kompetensi SDM, penetapan sasaran yang terukur, dan proses peningkatan berkelanjutan yang tidak diatur secara eksplisit dalam HACCP Codex.

6.6 Ketertelusuran (*Traceability*) dan Penarikan Produk (*Recall*)

6.6.1 Sistem Ketertelusuran (*Traceability*)

Ketertelusuran adalah kemampuan untuk menelusuri riwayat, penerapan, atau lokasi produk pangan di seluruh rantai pasokan. ISO 22000:2018 Klausul 8.3 mewajibkan sistem ketertelusuran yang mampu mengidentifikasi material (bahan baku, kemasan, bahan penolong), mengidentifikasi rute

produk dalam sistem — termasuk setelah pengiriman, dan menentukan keterkaitan antara lot produksi dengan rekaman monitoring CCP. Sistem ketertelusuran modern semakin memanfaatkan teknologi digital. Penggunaan QR code, RFID (Radio Frequency Identification), dan teknologi blockchain telah memungkinkan ketertelusuran real-time yang menghubungkan konsumen langsung dengan informasi rantai pasokan. Dalam konteks industri pangan Indonesia, sistem ketertelusuran minimal harus mampu melacak batch produk satu langkah ke belakang (bahan baku) dan satu langkah ke depan (distribusi/pelanggan) dalam waktu tidak lebih dari empat jam (Aung *et al*., 2013).

6.6.2 Prosedur Penarikan Produk (*Product Recall*)

Prosedur recall harus ditetapkan, didokumentasikan, dan diuji secara berkala melalui mock recall (simulasi penarikan) minimum satu kali per tahun untuk membuktikan efektivitasnya. Setiap perusahaan harus memiliki Tim Recall yang ditunjuk beserta protokol komunikasi yang jelas — kepada pelanggan, regulator (BPOM), dan publik (U.S. Food and Drug Administration (FDA)., 2018).

Tabel 6. 8 Klarifikasi *Recall*

Klasifikasi Recall	Kondisi Pemicu	Urgensi Tindakan
Kelas I (Recall Darurat)	Bahaya serius terhadap kesehatan — kontaminasi Listeria, alergen tidak terlabel, kontaminan kimia berbahaya.	Tindakan dalam 24 jam; notifikasi BPOM dan publik segera.

Klasifikasi Recall	Kondisi Pemicu	Urgensi Tindakan
Kelas II (Recall Reguler)	Bahaya yang lebih rendah namun ada — mislabeling, kadar bahan tambahan sedikit melebihi batas.	Tindakan dalam 2–5 hari kerja; koordinasi dengan BPOM.
Market Withdrawal	Produk tidak memenuhi standar mutu tetapi tidak menimbulkan risiko kesehatan — kerusakan kemasan, kesalahan label non-kritis.	Dilakukan secara internal tanpa kewajiban notifikasi publik.

6.7 Penerapan HACCP di Indonesia

6.7.1 Regulasi Nasional yang Berlaku

Indonesia memiliki kerangka regulasi keamanan pangan yang cukup komprehensif. BPOM sebagai otoritas regulasi utama pangan olahan menetapkan berbagai persyaratan yang harus dipenuhi oleh industri pangan, termasuk kewajiban penerapan HACCP bagi kategori industri tertentu (Kementerian Kesehatan RI. 2003).

Tabel 6. 9 Standar dan ruang lingkup HACCP

Regulasi / Standar	**Ruang Lingkup & Relevansi dengan HACCP**
UU No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan	Kerangka hukum dasar yang mewajibkan jaminan keamanan, mutu, dan kehalalan pangan di Indonesia.
PP No. 86 Tahun 2019 tentang Keamanan Pangan	Mengamanatkan jaminan keamanan pangan dari hulu ke hilir; mewajibkan sistem manajemen keamanan pangan.
Peraturan BPOM No. 8 Tahun 2020 (CPPOB)	GMP wajib untuk seluruh industri pangan olahan terdaftar di BPOM — fondasi PRP sistem HACCP.
Peraturan BPOM No. 13 Tahun 2020	Mewajibkan penerapan HACCP bagi industri pangan olahan kategori risiko tinggi.
SNI 7828:2022	Standar Nasional Indonesia tentang HACCP — panduan teknis yang selaras dengan Codex Alimentarius.
Permentan No. 53 Tahun 2022	Keamanan pangan segar asal tumbuhan (PSAT) — relevan untuk industri hulu/pertanian.

6.7.2 Tantangan dan Solusi Implementasi

Setiasih *et al*. (2012) mendokumentasikan bahwa tingkat penerapan HACCP pada industri pangan skala menengah di Indonesia masih rendah, dengan hambatan utama berupa keterbatasan pengetahuan teknis, biaya yang dianggap tinggi, dan kurangnya komitmen manajemen. Andarwulan *et al*. (2014) dalam Food Control mengonfirmasi bahwa mayoritas UMKM pangan belum menerapkan sistem jaminan keamanan pangan yang terstruktur.

Tabel 6. 10 Tantangan dan Solusi Strategis

Tantangan	Solusi Strategis
Kurangnya komitmen manajemen puncak	Sosialisasi manfaat bisnis HACCP: akses pasar, pengurangan biaya recall, peningkatan reputasi. Libatkan manajemen dalam tinjauan HACCP.
Keterbatasan SDM dan pengetahuan teknis	Pelatihan intensif melalui program Bimtek BPOM, pelatihan HACCP tersertifikasi, atau rekrutmen Food Safety Officer.
Biaya implementasi yang dianggap tinggi	Mulai bertahap: prioritaskan PRP dan CCP paling kritis. Manfaatkan program fasilitasi pemerintah (BPOM, Kemenperin).

Tantangan	Solusi Strategis
Resistensi karyawan terhadap perubahan	Program change management: sosialisasi 'mengapa' bukan hanya 'apa'; libatkan karyawan dalam penyusunan SOP.
Dokumentasi yang memberatkan operasional	Digitalkan formulir rekaman menggunakan tablet/aplikasi sederhana. Sederhanakan tanpa mengorbankan esensi informasi.
Perubahan proses/produk tidak terkelola	Tetapkan prosedur change management yang mengharuskan review HACCP sebelum setiap perubahan diimplementasikan.

6.8 Studi Kasus Penerapan HACCP

Berikut adalah contoh penerapan HACCP yang disederhanakan pada proses produksi nugget ayam beku salah satu produk pangan olahan yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia. Studi kasus ini mencakup seluruh elemen utama HACCP plan (Motarjemi, Y., & Lelieveld, H., 2014).

Deskripsi Produk

Parameter	Keterangan
Nama produk	Nugget Ayam Beku Premium
Komposisi	Daging ayam giling (55%), tepung roti (20%), bumbu, telur, tepung tapioka, air es
Karakteristik	pH 6,2–6,5; Aw 0,95–0,97; kadar air 55–60%
Penyimpanan	Beku ≤-18°C; masa simpan 12 bulan
Kemasan	Karton berlapis PE food grade, inner bag LDPE
Konsumen target	Masyarakat umum, termasuk anak-anak (perlu standar ketat)
Cara konsumsi	Digoreng/dipanggang terlebih dahulu sebelum dikonsumsi

Identifikasi CCP dan HACCP Plan Nugget Ayam

No.	Tahap Proses / Bahaya / Batas Kritis / Monitoring
CCP-1	PENERIMAAN DAGING AYAM | Bahaya: Salmonella, Campylobacter, residu antibiotik | Batas kritis: Suhu ≤7°C, bebas antibiotik (uji ELISA negatif), pH 5,8–6,4 | Monitor: Pemeriksaan setiap kedatangan oleh QC; termometer digital; strip uji antibiotik.

No.	Tahap Proses / Bahaya / Batas Kritis / Monitoring
CCP-2	PENGGILINGAN & PENCAMPURAN | Bahaya: Kontaminasi silang Salmonella; serpihan logam dari mesin | Batas kritis: Suhu adonan ≤12°C; lolos metal detector Fe Ø≤2mm | Monitor: Termometer setiap 15 menit; metal detector inline kontinu.
CCP-3	PEMASAKAN (STEAM COOKING) | Bahaya: Patogen tidak mati jika suhu/waktu tidak tercapai | Batas kritis: Suhu inti ≥75°C selama ≥15 detik | Monitor: Termometer probe setiap batch produksi oleh operator; datalogger suhu oven.
CCP-4	PEMBEKUAN CEPAT (IQF) | Bahaya: Pertumbuhan psikrofilik jika pembekuan terlalu lambat | Batas kritis: Suhu inti ≤-18°C dalam waktu ≤4 jam | Monitor: Datalogger suhu kontinu; pengecekan manual setiap 1 jam.
CCP-5	METAL DETECTOR FINAL | Bahaya: Kontaminan logam dari seluruh proses | Batas kritis: Fe Ø≤1,5mm; SUS Ø≤2,0mm; Non-Fe Ø≤2,0mm | Monitor: Uji sensitivitas dengan test piece setiap 30 menit; semua produk melewati detektor.

DAFTAR PUSTAKA

Andarwulan, N., Gitapratiwi, D., Laillou, A., Fitriani, S., Hariyadi, P., & Moench-Pfanner, R. (2014). Quality of the regulatory framework and practices related to fortified food products sold in Indonesia. *Food Control*, *37*, 431–437.

Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. Food Control, 39, 172–184. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007

Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. (2020). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 8 Tahun 2020 tentang Cara Produksi Pangan Olahan yang Baik (CPPOB)*. Jakarta: BPOM RI.

Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. (2020). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2020 tentang Penerapan Program Manajemen Risiko Keamanan Pangan di Industri Pangan*. Jakarta: BPOM RI.

Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. (2021). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 24 Tahun 2021 tentang Pengawasan Pangan Olahan. Jakarta: BPOM RI.

Badan Standardisasi Nasional. (2022). *SNI 7828:2022 – Sistem Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta Pedoman Penerapannya*. Jakarta: BSN.

Bauman, H. E. (1974). The HACCP concept and microbiological hazard categories. *Food Technology*, *28*(9), 30–34.

Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. Food Control, 33(1), 32–48. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004

Cates, S. C., Anderson, D. W., Karns, S. A., & Brown, D. M. (2001). HACCP implementation in small and very small plants: An analysis of baseline data. *Journal of Food Protection*, *64*(9), 1443–1447.

Codex Alimentarius Commission. (2020). *General Principles of Food Hygiene* (CXC 1-1969, Rev. 2020). Rome: FAO/WHO.

Ehiri, J. E., Morris, G. P., & McEwen, J. (2001). Implementation of HACCP in food businesses: The way ahead. *Food Control*, *6*(6), 341–345.

Food Safety System Certification (FSSC 22000). (2023). FSSC 22000 food safety system certification scheme version 6.0. Foundation FSSC 22000.

Havelaar, A. H., Kirk, M. D., Torgerson, P. R., Gibb, H. J., Hald, T., Lake, R. J., … Angulo, F. J. (2015). World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. *PLOS Medicine*, *12*(12), e1001923.

Hulebak, K. L., & Schlosser, W. (2002). Hazard analysis and critical control point (HACCP) history and conceptual overview. *Risk Analysis*, *22*(3), 547–552.

International Organization for Standardization. (2009). ISO/TS 22002-1:2009 – Prerequisite programmes on food safety – Part 1: Food manufacturing. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 22000:2018 – Food Safety Management Systems: Requirements for Any Organization in the Food Chain*. Geneva: ISO.

Jacxsens, L., Uyttendaele, M., Devlieghere, F., Rovira, J., Gomez, S. O., & Luning, P. A. (2011). Food safety performance indicators to benchmark food safety output of food safety management systems. *International Journal of Food Microbiology*, *148*(2), 99–106.

Kementerian Kesehatan RI. (2003). *Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 942/Menkes/SK/VII/2003 tentang Pedoman Persyaratan Higiene Sanitasi Makanan Jajanan*. Jakarta: Kemenkes RI.

Kementerian Pertanian RI. (2022). *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 53 Tahun 2022 tentang Keamanan dan Mutu Pangan Segar Asal Tumbuhan*. Jakarta: Kementan RI.

Kvenberg, J., Stolfa, P., Stringfellow, D., & Garrett, E. S. (2000). HACCP development and regulatory assessment in the United States of America. *Food Control*, *11*(5), 387–401.

Luning, P. A., Bango, L., Kussaga, J., Rovira, J., & Marcelis, W. J. (2011). Comprehensive analysis and differentiated assessment of food safety management systems: A diagnostic instrument. *Trends in Food Science & Technology*, *19*(10), 522–534.

Manning, L., & Soon, J. M. (2016). Food safety, food fraud, and food defense: A fast evolving literature. *Journal of Food Science*, *81*(4), R823–R834.

Marriott, N. G., Schilling, M. W., & Gravani, R. B. (2018). Principles of food sanitation (6th ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67166-5

Mortimore, S., & Wallace, C. (2013). *HACCP: A Practical Approach* (3rd ed.). New York: Springer.

Motarjemi, Y., & Lelieveld, H. (Eds.). (2014). Food safety management: A practical guide for the food industry. Academic Press.

Pemerintah Republik Indonesia. (2012). *Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pemerintah Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Pemerintah Nomor 86 Tahun 2019 tentang Keamanan Pangan*. Jakarta: Sekretariat Negara.

Pires, S. M., Vigre, H., Makela, P., & Hald, T. (2012). Using outbreak data for source attribution of human salmonellosis and campylobacteriosis in Europe. *Foodborne Pathogens and Disease*, *9*(6), 482–489.

Reardon, T., Tschirley, D., Liverpool-Tasie, L. S. O., Awokuse, T., Fanzo, J., Minot, N., … Hichaambwa, M. (2019). The processed food revolution in African food systems and the double burden of malnutrition. *Global Food Security*, *23*, 38–44.

Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M. A., Roy, S. L., … Griffin, P. M. (2011). Foodborne illness acquired in the United States — major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, *17*(1), 7–15.

Scharff, R. L. (2012). Economic burden from health losses due to foodborne illness in the United States. *Journal of Food Protection*, *75*(1), 123–131.

Setiasih, I. S., Ardiansyah, & Cahyadi, W. (2012). Analisis penerapan sistem HACCP pada industri pangan skala menengah di Jawa Barat. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, *23*(2), 145–152.

Sperber, W. H. (2005). HACCP does not work from farm to table. *Food Control*, *16*(6), 511–514.

Thomsen, M. R., Ahern, K. R., & Semadeni, M. (2019). Spillover effects of product recalls on rivals: The moderating role of safety and non-safety recalls. *Food Control*, *97*, 74–82.

U.S. Food and Drug Administration. (2018). Guidance for industry: Product recalls, including removals and corrections. FDA.

United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Service. (1996). Pathogen reduction: Hazard analysis and critical control point (HACCP) systems; final rule. Federal Register, 61(144), 38806–38989.

Wallace, C. A., Sperber, W. H., & Mortimore, S. E. (2014). *Food Safety for the 21st Century: Managing HACCP and Food Safety Throughout the Global Supply Chain*. Chichester: Wiley-Blackwell.

BAB 7

TEKNIK PENGENDALIAN DAN PERTAHANAN MUTU IKAN

Oleh Faiza A. Dali

Dalam era globalisasi dan perkembangan industri perikanan yang pesat, pengendalian mutu produk hasil tangkapan ikan menjadi aspek krusial yang tidak dapat diabaikan. Produk perikanan memiliki sifat fisik, biologis, dan mikrobiologis yang khas, seperti kecepatan kerusakan pasca tangkap dan sensitivitas terhadap kondisi rantai dingin, yang menuntut pendekatan jaminan mutu yang khusus dan terintegrasi. Tantangan utama dalam menjaga mutu produk ini meliputi kerentanan rantai pasok terhadap gangguan logistik, fluktuasi permintaan pasar, serta fragmentasi pemasok kecil yang sering kali tidak mampu memenuhi standar mutu internasional secara konsisten. Selain itu, sifat produk perikanan yang mudah rusak dan variabilitas biologisnya memperbesar risiko kontaminasi mikrobiologis, kimia, maupun fisik yang dapat membahayakan kesehatan konsumen dan merugikan pelaku industri.

Relevansi pengendalian mutu ini semakin meningkat seiring dengan munculnya kebutuhan lintas-sektor seperti manufaktur, e-commerce, perbankan, sektor kesehatan, dan pendidikan. Penggunaan teknologi digital dan sistem manajemen mutu berbasis risiko menjadi solusi strategis untuk mengurangi kerugian ekonomi, meningkatkan keselamatan pangan, serta memperluas akses pasar baik

domestik maupun internasional. Integrasi teknologi seperti traceability digital berbasis *Radio Frequency Identification* (RFID), blockchain, dan platform e-commerce memungkinkan transparansi dan akuntabilitas dalam rantai pasok produk perikanan.

Namun demikian, masih terdapat gap penelitian terkait implementasi teknologi pengendalian mutu secara luas di lapangan, terutama di usaha kecil dan menengah (UKM), serta tantangan dalam interoperabilitas data lintas sektor. Literatur menunjukkan perlunya standar nasional yang adaptif terhadap regulasi internasional serta pengembangan sistem digital yang hemat biaya dan mudah diadopsi oleh pelaku industri kecil.

Bab ini bertujuan untuk menguraikan rangkaian teknologi pengendalian mutu yang dapat diadopsi secara praktis oleh pelaku industri perikanan . Fokus utama adalah pada integrasi standar mutu, praktik pengolahan dan pengawetan yang aman. Pendekatan ini dirancang agar dapat langsung dipraktikkan oleh profesional dan praktisi industri.

Sebagai bagian dari buku ini yang membahas Penanganan dan Penyimpanan Ikan Hasil Tangkapan, bab ini akan memperdalam analisis tentang teknologi mutakhir dalam pengendalian mutu produk perikanan serta menghubungkan aspek operasional dengan kebijakan lintas sektor. Dengan demikian, diharapkan bab ini dapat menjadi panduan praktis sekaligus referensi ilmiah untuk meningkatkan kualitas produk perikanan secara berkelanjutan.

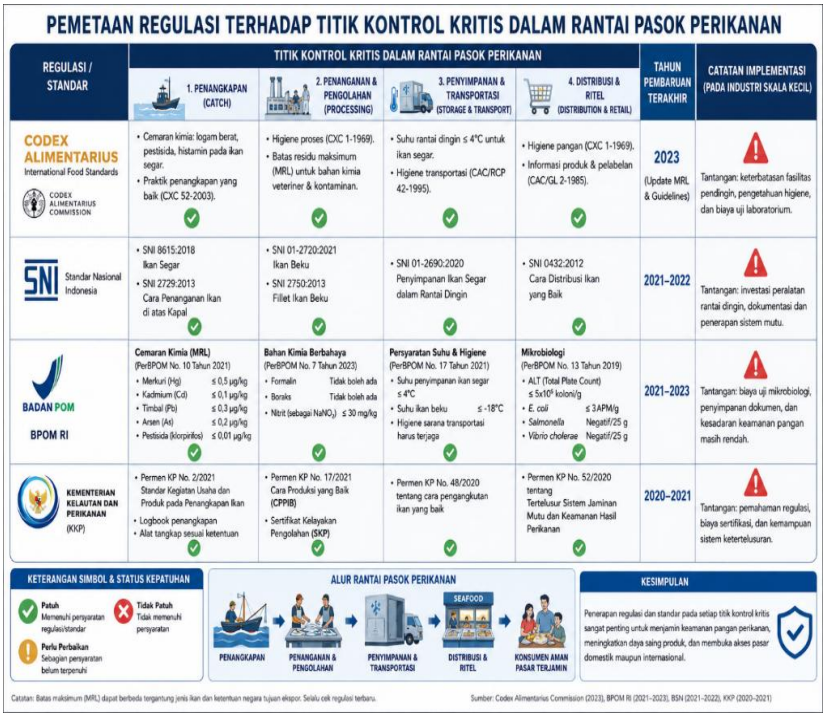
7.1 Faktor Penyebab Kerusakan Mutu Ikan

Mutu ikan mengalami penurunan secara bertahap akibat berbagai faktor biologis, kimiawi, dan fisik yang terjadi sejak ikan ditangkap hingga dikonsumsi. Kerusakan mikrobiologis merupakan penyebab utama pembusukan ikan yang ditandai oleh pertumbuhan mikroorganisme pembusuk maupun patogen seperti *Pseudomonas* spp., *Vibrio* spp., *Salmonella* spp., dan *Listeria monocytogenes*, yang dapat menurunkan mutu sekaligus membahayakan keamanan pangan. Selain itu, kerusakan enzimatis terjadi melalui proses autolisis dan proteolisis oleh enzim endogen yang menyebabkan pelunakan jaringan, perubahan tekstur, serta penurunan kesegaran ikan. Kerusakan kimiawi umumnya berkaitan dengan oksidasi lipid yang memicu ketengikan, pembentukan senyawa volatil seperti trimetilamina (TMA), serta peningkatan nilai *Total Volatile Base Nitrogen* (TVB-N) yang sering digunakan sebagai indikator kemunduran mutu. Pada ikan marlin (*Makaira nigricans*), nilai kedua parameter tersebut masih berada di bawah batas maksimum SNI (20–30 mg/100 g), sehingga menunjukkan mutu ikan yang masih baik dan layak dikonsumsi (Hanan *et al*., 2025). Di samping itu, kerusakan fisik dapat terjadi akibat penanganan yang kurang tepat selama penangkapan, transportasi, dan penyimpanan, yang menyebabkan memar, kerusakan jaringan, dehidrasi permukaan, maupun freezer burn pada produk beku. Oleh karena itu, pemahaman terhadap berbagai mekanisme kerusakan mutu tersebut menjadi dasar penting dalam penerapan teknik pengendalian dan pertahanan mutu ikan secara efektif sepanjang rantai pasok hasil perikanan.

7.1.1 Standar dan Regulasi Pangan Terkait Perikanan

Pengendalian mutu dan keamanan produk perikanan diatur oleh standar internasional seperti Codex Alimentarius serta regulasi nasional seperti SNI dan peraturan BPOM/karantina. Standar Codex

menetapkan persyaratan utama terkait batas maksimum residu kimia, mikrobiologis, serta prosedur pengolahan yang aman untuk memastikan mutu dan keamanan produk perikanan tangkapan. Relevansi standar ini bagi industri perikanan sangat besar karena menjadi acuan utama dalam memenuhi persyaratan pasar global, termasuk ekspor. Di tingkat nasional, regulasi seperti SNI dan peraturan BPOM menyesuaikan standar internasional dengan konteks lokal, namun tantangan implementasi di industri kecil masih cukup tinggi akibat keterbatasan sumber daya dan infrastruktur. Kesesuaian regulasi lokal sangat penting karena mempengaruhi akses pasar domestik maupun ekspor, serta memastikan bahwa produk memenuhi standar keamanan pangan yang berlaku. Gambar berikut memetakan regulasi terhadap titik kontrol kritis dalam rantai pasok perikanan, mulai dari penangkapan, pengolahan, hingga distribusi, guna memastikan mutu dan keamanan produk secara menyeluruh.



Gambar 7. 1 Pemetaan Regulasi Terhadap Titik Kontrol Kritis dalam Rantai Pasok Perikanan

7.1.2 Pendekatan Manajemen Mutu: HACCP, SSOP, dan Sistem Manajemen Mutu

Pendekatan manajemen mutu dalam pengendalian produk perikanan merupakan fondasi utama untuk memastikan keamanan, kualitas organoleptik, dan nilai ekonomi dari hasil tangkapan maupun produk olahan. Prinsip-prinsip *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), *Sanitation Standard Operating Procedures* (SSOP), serta sistem manajemen mutu berbasis ISO 22000 menjadi kerangka kerja yang saling melengkapi dalam mengidentifikasi, mencegah, dan mengendalikan risiko kontaminasi mikrobiologis, kimia, dan fisik selama proses pengolahan dan distribusi.

Prinsip HACCP yang paling relevan untuk produk perikanan tangkapan adalah identifikasi titik kritis pengendalian (CCP) yang berhubungan langsung dengan risiko kontaminasi mikrobiologis dan fisik. Contohnya termasuk suhu penyimpanan pasca tangkap dan proses pengolahan yang harus dikontrol secara ketat untuk mencegah pertumbuhan patogen seperti Salmonella dan Listeria. Penerapan HACCP membantu produsen menetapkan batas kritis, prosedur pemantauan, serta tindakan korektif yang diperlukan saat terjadi penyimpangan.

Peran SSOP sangat penting dalam pengendalian kontaminasi selama proses sanitasi fasilitas dan peralatan. Prosedur ini mencakup kebersihan fasilitas, penanganan bahan baku, serta kebersihan personal pekerja, sehingga mengurangi risiko kontaminasi silang dan penyebaran patogen. Implementasi SSOP yang konsisten memastikan bahwa lingkungan produksi tetap higienis dan sesuai standar keamanan pangan.

Sistem manajemen mutu terintegrasi seperti ISO 22000 menambahkan lapisan pengendalian melalui dokumentasi sistematis, pelatihan personel, audit internal, serta evaluasi risiko secara berkelanjutan. Keuntungan utama dari penerapan sistem ini adalah peningkatan kepercayaan pasar, akses ke pasar internasional, serta kemampuan untuk memenuhi regulasi nasional maupun internasional.

Namun demikian, hambatan utama dalam penerapan sistem manajemen mutu ini di berbagai skala usaha termasuk keterbatasan sumber daya manusia terampil dan infrastruktur pendukung. Oleh karena itu, pendekatan bertingkat yang disesuaikan dengan kapasitas usaha kecil hingga besar sangat dianjurkan. Pengembangan standar operasional yang sederhana

namun efektif dapat meningkatkan adopsi teknologi ini secara luas.

Diagram hierarki berikut menggambarkan hubungan antara SSOP, HACCP, dan Sistem Manajemen Mutu (ISO 22000) beserta contoh titik tindakan kritis:

plaintext

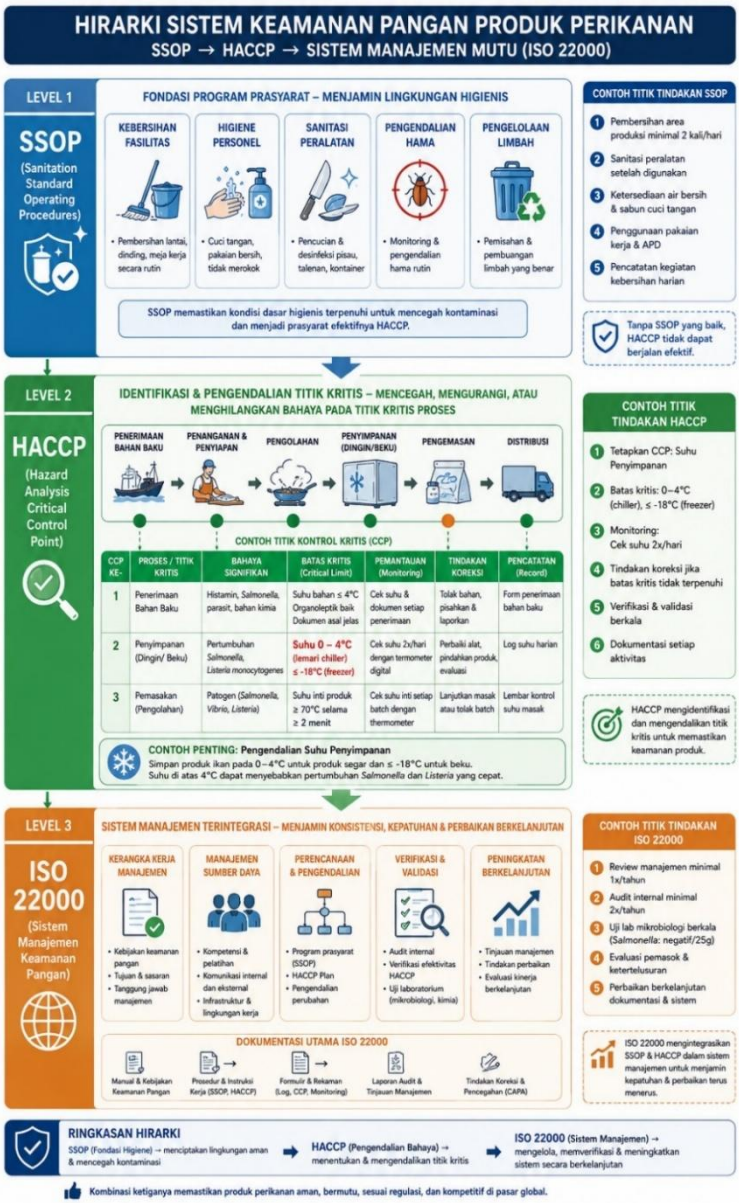
SSOP -> HACCP -> Sistem Manajemen Mutu (ISO 22000)

| | |

| | |

Prosedur sanitasi Identifikasi CCP Dokumentasi & Audit

Dengan integrasi prinsip-prinsip ini secara efektif, industri perikanan dapat meningkatkan mutu produk secara berkelanjutan sekaligus memenuhi tuntutan regulasi dan pasar global.



Gambar 7. 2 Diagram hirarki: SSOP -> HACCP -> Sistem Manajemen Mutu (ISO 22000) dengan Contoh Titik Tindakan

7.1.3 Teknologi Pengawetan, Proses & *Traceability*

Pengendalian mutu dan keamanan produk perikanan saat ini didukung oleh berbagai teknologi pengawetan yang inovatif dan sistem traceability digital yang semakin berkembang. Teknologi seperti pendinginan cepat, pembekuan IQF, atmosfer termodifikasi, serta pengolahan anti-mikroba telah terbukti efektif dalam memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas organoleptik produk perikanan (Khin Sandar Kyaw 2022). Pendekatan ini meningkatkan keamanan mikrobiologis dan memenuhi standar internasional seperti HACCP dan ISO/SSOP yang menjadi acuan utama dalam industri perikanan global (Hsinjung Chen 2020). Selain itu, sistem traceability berbasis barcode, RFID, dan blockchain memungkinkan transparansi data dari penangkapan hingga distribusi, sehingga memudahkan pemantauan mutu dan kepatuhan regulasi (Wanli Zhang 2015). Perkembangan teknologi digital ini mendukung integrasi lintas sektor seperti e-commerce dan perbankan, yang membutuhkan data mutu yang akurat dan terpercaya untuk pengambilan keputusan finansial maupun verifikasi produk (Taibo Chen 2020). Namun demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait interoperabilitas sistem digital dan adopsi teknologi di usaha kecil menengah (UKM), terutama di daerah dengan infrastruktur terbatas. Oleh karena itu, pengembangan model data minimal dan standar interoperabilitas menjadi prioritas agar sistem traceability dapat diimplementasikan secara luas dan efektif. Secara umum, teknologi pengawetan dan traceability ini merupakan bagian integral dari strategi manajemen risiko dan jaminan mutu yang harus diadopsi oleh pelaku industri perikanan untuk

memastikan keamanan, mutu organoleptik, serta nilai ekonomi produk tetap terjaga sepanjang rantai pasok.



Gambar 7. 3 Chart yang Mengelompokkan Teknologi Pengawetan Menurut Tujuan (Umur Simpan, Keamanan, Kualitas Organoleptik) dan Tingkat Adopsi Industri

7.2 Sistem Pengendalian Mutu dan Standar Operasional

Dalam pengelolaan produk perikanan, sistem pengendalian mutu yang efektif harus mengintegrasikan prosedur kebersihan, kontrol proses, dokumentasi, dan budaya mutu secara menyeluruh. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap tahapan produksi dan distribusi memenuhi

standar keamanan dan kualitas yang ditetapkan, serta mampu mengurangi risiko kontaminasi mikrobiologis maupun fisik. Implementasi sistem ini harus disesuaikan dengan kapasitas operasional masing-masing usaha, mulai dari skala kecil hingga besar, sehingga pendekatan bertingkat sangat dianjurkan untuk memudahkan adopsi dan keberlanjutan.

Sebelum penerapan *Sanitation Standard Operating Procedures* (SSOP) dan *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), industri perikanan terlebih dahulu menerapkan *Good Manufacturing Practices* (GMP) sebagai program prasyarat dasar dalam sistem jaminan mutu. GMP mencakup pengendalian terhadap desain dan tata letak fasilitas produksi, ketersediaan air bersih yang memenuhi standar mutu, higiene dan kesehatan pekerja, pengendalian hama, pemeliharaan peralatan, pengelolaan limbah, serta prosedur penanganan bahan baku dan produk secara higienis. Dalam industri perikanan, penerapan GMP sangat penting karena produk ikan memiliki karakteristik mudah rusak dan rentan terhadap kontaminasi mikrobiologis, kimiawi, maupun fisik. Oleh karena itu, fasilitas produksi harus dirancang untuk mencegah kontaminasi silang antara bahan baku dan produk jadi, sementara pekerja harus menerapkan praktik higiene yang konsisten melalui penggunaan alat pelindung diri, pencucian tangan, dan sanitasi area kerja. Implementasi GMP yang baik akan menciptakan lingkungan produksi yang aman dan terkendali sehingga menjadi fondasi bagi keberhasilan penerapan SSOP, HACCP, dan sistem manajemen mutu yang lebih kompleks dalam menjaga keamanan serta mutu produk perikanan.

Desain sistem meliputi pembuatan SSOP yang mencakup sanitasi fasilitas, kebersihan personal, penanganan bahan baku, dan prosedur penerimaan ikan hasil tangkapan. Contohnya adalah verifikasi sumber ikan, pemeriksaan visual mutu, dan pencatatan suhu awal saat penerimaan.

Selanjutnya, implementasi HACCP yang praktis dilakukan dengan mengidentifikasi hazard utama, menentukan CCP, serta menetapkan batas kritis dan tindakan korektif yang dapat dioperasionalkan secara harian.

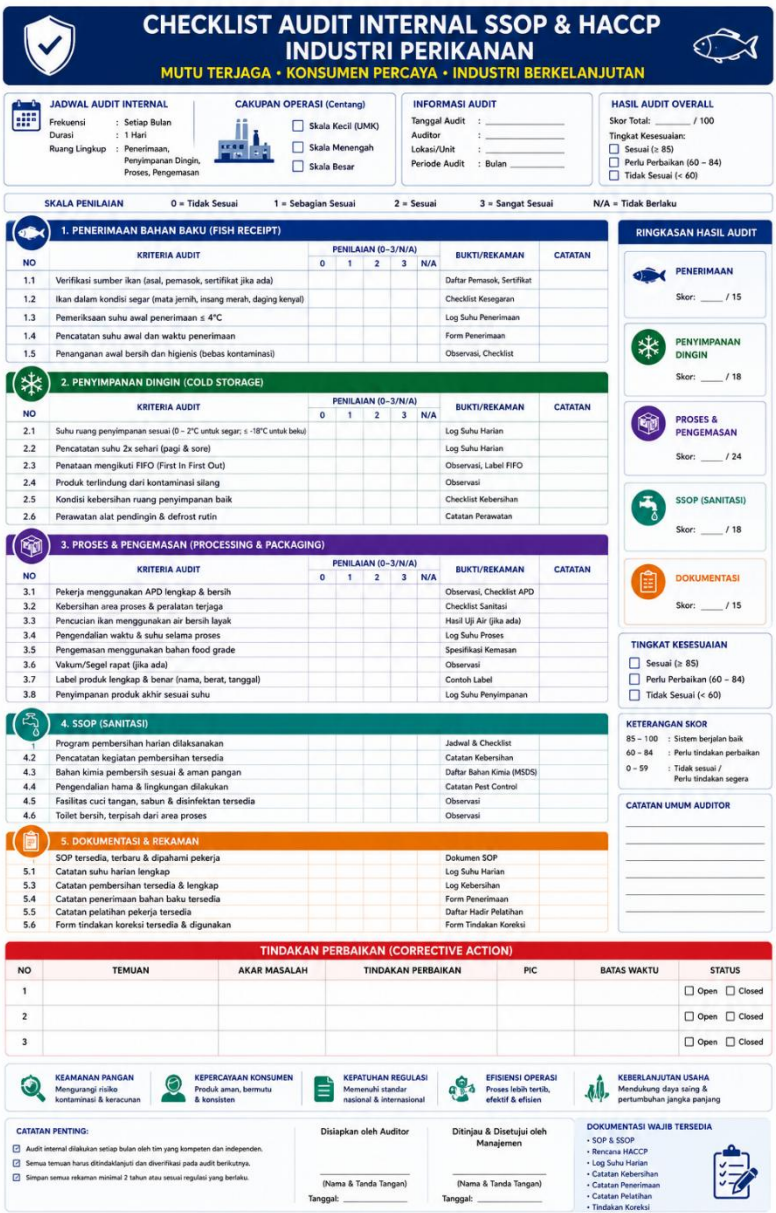
Dokumentasi yang lengkap seperti *Standard Operating Procedure* (SOP), log suhu harian, catatan pembersihan, dan formulir tindakan korektif harus dijalankan secara rutin. Pelatihan personel berbasis kompetensi menjadi kunci untuk memastikan pemahaman dan pelaksanaan prosedur secara konsisten. Audit internal secara berkala diperlukan untuk menilai efektivitas sistem mutu dan melakukan perbaikan berkelanjutan.

Contoh ilustratif adalah penerapan SOP harian dalam proses penerimaan bahan baku ikan segar di pelabuhan perikanan, di mana verifikasi sumber dan suhu awal menjadi langkah penting untuk menjaga mutu produk sejak awal. Selain itu, audit internal dilakukan setiap bulan untuk memastikan kepatuhan terhadap SOP dan HACCP serta mengidentifikasi peluang peningkatan.

Dengan demikian, sistem pengendalian mutu yang terstruktur dan adaptif ini mampu meningkatkan kepercayaan konsumen, memperluas akses pasar, serta mendukung keberlanjutan industri perikanan nasional.



Gambar 7. 4 Flowchart SOP Harian untuk Penerimaan Bahan Baku, Penyimpanan Dingin, dan Proses Pengemasan



CHECKLIST AUDIT INTERNAL SSOP & HACCP INDUSTRI PERIKANAN

MUTU TERJAGA • KONSUMEN PERCAYA • INDUSTRI BERKELANJUTAN

JADWAL AUDIT INTERNAL
Frekuensi : Setiap Bulan
Durasi : 1 Hari
Ruang Lingkup : Penerimaan, Penyimpanan Dingin, Proses, Pengemasan

CAKUPAN OPERASI (Centang)
☐ Skala Kecil (UMK)
☐ Skala Menengah
☐ Skala Besar

INFORMASI AUDIT
Tanggal Audit : _____
Auditor : _____
Lokasi/Unit : _____
Periode Audit : Bulan _____

HASIL AUDIT OVERALL
Skor Total: _____ / 100
Tingkat Kesesuaian:
☐ Sesuai (≥ 85)
☐ Perlu Perbaikan (60 – 84)
☐ Tidak Sesuai (< 60)

SKALA PENILAIAN 0 = Tidak Sesuai 1 = Sebagian Sesuai 2 = Sesuai 3 = Sangat Sesuai N/A = Tidak Berlaku

1. PENERIMAAN BAHAN BAKU (FISH RECEIPT)

NO	KRITERIA AUDIT	PENILAIAN (0–3/N/A)					BUKTI/REKAMAN	CATATAN
		0	1	2	3	N/A		
1.1	Verifikasi sumber ikan (asal, pemasok, sertifikat jika ada)						Daftar Pemasok, Sertifikat	
1.2	Ikan dalam kondisi segar (mata jernih, insang merah, daging kenyal)						Checklist Kesegaran	
1.3	Pemeriksaan suhu awal penerimaan ≤ 4°C						Log Suhu Penerimaan	
1.4	Pencatatan suhu awal dan waktu penerimaan						Form Penerimaan	
1.5	Penanganan awal bersih dan higienis (bebas kontaminasi)						Observasi, Checklist	

2. PENYIMPANAN DINGIN (COLD STORAGE)

NO	KRITERIA AUDIT	PENILAIAN (0–3/N/A)					BUKTI/REKAMAN	CATATAN
		0	1	2	3	N/A		
2.1	Suhu ruang penyimpanan sesuai (0 – 2°C untuk segar; ≤ -18°C untuk beku)						Log Suhu Harian	
2.2	Pencatatan suhu 2x sehari (pagi & sore)						Log Suhu Harian	
2.3	Penataan mengikuti FIFO (First In First Out)						Observasi, Label FIFO	
2.4	Produk terlindung dari kontaminasi silang						Observasi	
2.5	Kondisi kebersihan ruang penyimpanan baik						Checklist Kebersihan	
2.6	Perawatan alat pendingin & defrost rutin						Catatan Perawatan	

3. PROSES & PENGEMASAN (PROCESSING & PACKAGING)

NO	KRITERIA AUDIT	PENILAIAN (0–3/N/A)					BUKTI/REKAMAN	CATATAN
		0	1	2	3	N/A		
3.1	Pekerja menggunakan APD lengkap & bersih						Observasi, Checklist APD	
3.2	Kebersihan area proses & peralatan terjaga						Checklist Sanitasi	
3.3	Pencucian ikan menggunakan air bersih layak						Hasil Uji Air (jika ada)	
3.4	Pengendalian waktu & suhu selama proses						Log Suhu Proses	
3.5	Pengemasan menggunakan bahan food grade						Spesifikasi Kemasan	
3.6	Vakum/Segel rapat (jika ada)						Observasi	
3.7	Label produk lengkap & benar (nama, berat, tanggal)						Contoh Label	
3.8	Penyimpanan produk akhir sesuai suhu						Log Suhu Penyimpanan	

4. SSOP (SANITASI)

1	Program pembersihan harian dilaksanakan						Jadwal & Checklist	
4.2	Pencatatan kegiatan pembersihan tersedia						Catatan Kebersihan	
4.3	Bahan kimia pembersih sesuai & aman pangan						Daftar Bahan Kimia (MSDS)	
4.4	Pengendalian hama & lingkungan dilakukan						Catatan Pest Control	
4.5	Fasilitas cuci tangan, sabun & disinfektan tersedia						Observasi	
4.6	Toilet bersih, terpisah dari area proses						Observasi	

5. DOKUMENTASI & REKAMAN

	SOP tersedia, terbaru & dipahami pekerja						Dokumen SOP	
5.1	Catatan suhu harian lengkap						Log Suhu Harian	
5.3	Catatan pembersihan tersedia & lengkap						Log Kebersihan	
5.4	Catatan penerimaan bahan baku tersedia						Form Penerimaan	
5.5	Catatan pelatihan pekerja tersedia						Daftar Hadir Pelatihan	
5.6	Form tindakan koreksi tersedia & digunakan						Form Tindakan Koreksi	

RINGKASAN HASIL AUDIT

PENERIMAAN — Skor: ____ / 15
PENYIMPANAN DINGIN — Skor: ____ / 18
PROSES & PENGEMASAN — Skor: ____ / 24
SSOP (SANITASI) — Skor: ____ / 18
DOKUMENTASI — Skor: ____ / 15

TINGKAT KESESUAIAN
☐ Sesuai (≥ 85)
☐ Perlu Perbaikan (60 – 84)
☐ Tidak Sesuai (< 60)

KETERANGAN SKOR
85 – 100 : Sistem berjalan baik
60 – 84 : Perlu tindakan perbaikan
0 – 59 : Tidak sesuai / Perlu tindakan segera

CATATAN UMUM AUDITOR
_____
_____
_____
_____
_____
_____

TINDAKAN PERBAIKAN (CORRECTIVE ACTION)

NO	TEMUAN	AKAR MASALAH	TINDAKAN PERBAIKAN	PIC	BATAS WAKTU	STATUS
1						☐ Open ☐ Closed
2						☐ Open ☐ Closed
3						☐ Open ☐ Closed

KEAMANAN PANGAN — Mengurangi risiko kontaminasi & keracunan
KEPERCAYAAN KONSUMEN — Produk aman, bermutu & konsisten
KEPATUHAN REGULASI — Memenuhi standar nasional & internasional
EFISIENSI OPERASI — Proses lebih tertib, efektif & efisien
KEBERLANJUTAN USAHA — Mendukung daya saing & pertumbuhan jangka panjang

CATATAN PENTING:
☑ Audit internal dilakukan setiap bulan oleh tim yang kompeten dan independen.
☑ Semua temuan harus ditindaklanjuti dan diverifikasi pada audit berikutnya.
☑ Simpan semua rekaman minimal 2 tahun atau sesuai regulasi yang berlaku.

Disiapkan oleh Auditor
_____
(Nama & Tanda Tangan)
Tanggal: _____

Ditinjau & Disetujui oleh Manajemen
_____
(Nama & Tanda Tangan)
Tanggal: _____

DOKUMENTASI WAJIB TERSEDIA
• SOP & SSOP
• Rencana HACCP
• Log Suhu Harian
• Catatan Kebersihan
• Catatan Penerimaan
• Catatan Pelatihan
• Tindakan Koreksi

Gambar 7. 5 Template Checklist Audit Internal untuk SSOP dan HACCP

7.2.1 Desain SSOP dan SOP Produksi untuk Produk Perikanan

Dalam pengembangan sistem pengendalian mutu produk perikanan, elemen-elemen dasar dari SSOP menjadi fondasi utama yang harus dirancang secara komprehensif dan praktis. Elemen-elemen ini meliputi sanitasi fasilitas, kebersihan personal, penanganan bahan baku, serta prosedur penerimaan ikan hasil tangkapan. Sanitasi fasilitas harus mencakup pembersihan rutin terhadap area produksi, peralatan, dan permukaan kerja untuk mencegah kontaminasi mikrobiologis dan fisik. Kebersihan personal meliputi prosedur higiene bagi pekerja, seperti pencucian tangan, penggunaan alat pelindung diri, dan pelatihan tentang praktik higienis. Penanganan bahan baku harus mengikuti standar yang ketat, termasuk verifikasi sumber ikan, pemeriksaan visual mutu, serta pencatatan suhu awal saat penerimaan untuk memastikan kondisi ikan tetap segar dan aman dikonsumsi.

Prosedur penerimaan ikan hasil tangkapan merupakan titik kritis dalam sistem mutu, dimana verifikasi sumber dilakukan melalui dokumentasi yang valid dan pemeriksaan visual dilakukan untuk menilai kondisi fisik ikan. Catatan suhu awal harus dicatat secara akurat sebagai bagian dari traceability dan pengendalian mutu. Integrasi SSOP ke dalam SOP produksi harian sangat penting agar seluruh proses operasional berjalan sesuai standar yang telah ditetapkan dan memastikan konsistensi kualitas produk.

Selain itu, elemen-elemen ini harus didukung oleh pelatihan rutin bagi personel operasional agar mereka memahami pentingnya praktik higienis dan prosedur yang benar. Audit internal secara berkala juga diperlukan untuk memastikan implementasi SSOP

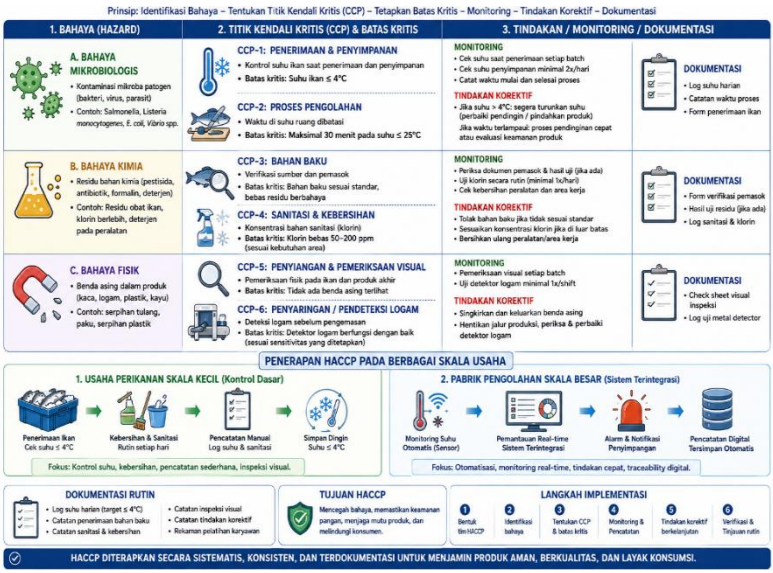
berjalan efektif dan sesuai dengan standar yang berlaku. Dengan desain SSOP yang baik dan terintegrasi ke dalam SOP produksi harian, industri perikanan dapat meningkatkan keamanan produk, mengurangi risiko kontaminasi, serta memperkuat kepercayaan konsumen terhadap mutu hasil tangkapan.



Gambar 7. 6 Diagram Alur Penerimaan Bahan dan Tindakan SSOP Pada Tiap Titik Operasi

7.2.2 Implementasi HACCP yang Praktis dan Bertingkat

Implementasi *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) dalam industri perikanan harus dilakukan secara bertahap dan praktis agar dapat dioperasionalkan oleh berbagai skala usaha, mulai dari usaha kecil hingga pabrik besar. Langkah pertama adalah melakukan identifikasi hazard utama yang berpotensi mempengaruhi mutu dan keamanan produk perikanan, seperti kontaminasi mikrobiologis, kimia, dan fisik. Contoh titik kontrol kritis (CCP) yang khas pada pengolahan ikan meliputi suhu penyimpanan, proses pengolahan, dan sanitasi alat serta fasilitas. Setelah hazard teridentifikasi, langkah berikutnya adalah menentukan CCP yang paling relevan untuk mengendalikan hazard tersebut. Penentuan batas kritis harus didasarkan pada parameter kualitatif yang dapat dioperasionalkan, misalnya suhu tertentu yang harus dipertahankan selama penyimpanan atau proses pengolahan. Tindakan korektif harus disusun secara sederhana dan mudah diterapkan, seperti penyesuaian suhu atau pembuangan produk yang terkontaminasi. Dokumentasi merupakan bagian penting dari implementasi HACCP; pencatatan suhu harian, inspeksi visual, dan catatan tindakan korektif harus dilakukan secara rutin dan terdokumentasi dengan baik. Model bertingkat disarankan untuk menyesuaikan tingkat penerapan HACCP sesuai kapasitas usaha: usaha kecil cukup menerapkan inti dari HACCP seperti pengendalian suhu dan sanitasi dasar, sedangkan pabrik besar dapat mengadopsi implementasi lanjutan termasuk analisis risiko lengkap dan pengawasan otomatis. Pendekatan ini memastikan bahwa sistem pengendalian mutu tetap efektif dan berkelanjutan, serta mampu meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk perikanan.



Gambar 7. 7 Contoh Tabel HACCP Sederhana (Tanpa Angka) Yang Menunjukkan Hazard, CCP, Tindakan

7.2.3 Sistem Dokumentasi, Pelatihan, dan Audit Internal

Dalam menjaga konsistensi dan keberlanjutan mutu produk perikanan, sistem dokumentasi yang praktis dan terstruktur menjadi fondasi utama. Jenis dokumen inti yang harus disusun meliputi *Standard Operating Procedures* (SOP), log harian suhu, catatan pembersihan, serta formulir tindakan korektif. SOP berfungsi sebagai panduan tertulis yang memastikan setiap proses operasional dilakukan sesuai standar yang telah ditetapkan, mulai dari penerimaan bahan baku hingga pengemasan akhir. Log suhu harian sangat penting untuk memantau kondisi penyimpanan dan pengolahan ikan, sehingga traceability dan pengendalian mikrobiologis dapat dilakukan secara efektif. Catatan pembersihan dan sanitasi peralatan serta fasilitas harus didokumentasikan secara rutin untuk mencegah kontaminasi silang dan memastikan kebersihan

lingkungan produksi. Selain itu, formulir tindakan korektif digunakan untuk mencatat langkah-langkah perbaikan apabila terjadi ketidaksesuaian mutu selama proses produksi.

Program pelatihan berbasis kompetensi merupakan elemen kunci dalam memastikan pelaksanaan prosedur mutu berjalan efektif. Pelatihan harus dirancang sesuai dengan kebutuhan spesifik personel operasional, termasuk operator, pengawas, dan manajemen mutu. Materi pelatihan meliputi praktik higienis, penggunaan alat ukur suhu, prosedur sanitasi, serta penanganan bahan baku dan produk akhir. Pelatihan berkelanjutan ini bertujuan meningkatkan kompetensi dan kesadaran mutu seluruh tim kerja.

Rutinitas audit internal secara berkala menjadi mekanisme penting untuk menilai efektivitas sistem pengendalian mutu yang telah diterapkan. Siklus audit dilakukan minimal setiap bulan dan meliputi pemeriksaan dokumentasi, observasi lapangan, serta wawancara dengan personel terkait. Hasil audit digunakan sebagai dasar untuk melakukan tindakan perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*). Audit internal juga membantu mengidentifikasi potensi risiko mutu sebelum berdampak lebih luas terhadap produk dan proses produksi.

Sebagai contoh praktis, template roadmap pelatihan selama 6 bulan dapat digunakan untuk merencanakan kegiatan pelatihan bertahap sesuai kebutuhan operasional. Sedangkan contoh checklist audit internal membantu auditor dalam menilai kepatuhan terhadap SOP dan standar mutu secara sistematis. Dengan integrasi sistem dokumentasi yang lengkap, program pelatihan berbasis kompetensi, serta rutinitas audit internal yang disiplin, industri perikanan dapat

memastikan bahwa kinerja mutu tetap terjaga dan terus meningkat.



Gambar 7. 8 Template Roadmap Pelatihan 6 Bulan (Sekilas) dan Contoh Checklist Audit Internal

7.3 Teknologi Pengolahan dan Pengawetan untuk Menjamin Mutu

Teknologi pengawetan produk perikanan merupakan aspek krusial dalam menjaga mutu dan keamanan pangan, serta memperpanjang umur simpan hasil tangkapan. Pemilihan teknologi pengawetan harus mempertimbangkan tujuan mutu, seperti umur simpan versus organoleptik, serta kapasitas infrastruktur yang tersedia di industri. Teknologi seperti pendinginan cepat, pembekuan IQF (Individual Quick Freezing), pengemasan atmosfer termodifikasi (MAP), dan penanganan aseptik telah terbukti efektif dalam meminimalkan penurunan mutu selama penyimpanan dan distribusi.

Pendinginan cepat dan manajemen rantai dingin sangat penting untuk memperlambat aktivitas enzimatik dan mikrobiologis yang menyebabkan kerusakan produk. Praktik monitoring suhu secara kontinu di titik-titik kritis memastikan kondisi optimal tetap terjaga dari pelabuhan hingga ke tangan konsumen. Teknik pembekuan cepat seperti IQF memungkinkan pembekuan individual yang menjaga tekstur dan rasa ikan, sementara teknologi MAP memperpanjang umur simpan produk olahan ringan dengan mengendalikan atmosfer di dalam kemasan.

Selain itu, proses pengolahan higienis dan praktik sanitasi yang ketat di fasilitas produksi sangat menentukan umur simpan dan keamanan produk. Pengendalian kontaminan silang, sanitasi alat dan bahan secara rutin, serta penerapan prosedur HACCP yang tepat menjadi fondasi utama dalam sistem pengendalian mutu.

Integrasi teknologi pengawetan ini harus dilakukan dalam kerangka sistem manajemen mutu yang komprehensif, termasuk dokumentasi prosedur, pelatihan personel, dan audit internal secara berkala. Sebagai contoh praktis, sebuah pabrik pengolahan ikan dapat menerapkan sistem pendinginan cepat dengan monitoring suhu otomatis serta mengemas produk menggunakan MAP untuk memastikan kualitas tetap terjaga selama distribusi.

Teknologi ini dapat meningkatkan keamanan dan mutu produk dan membuka akses pasar yang lebih luas melalui sertifikasi mutu dan kepercayaan konsumen. Dengan demikian, inovasi dalam teknologi pengawetan merupakan kunci utama dalam meningkatkan daya saing industri hasil perikanan di tingkat nasional maupun internasional.



Gambar 7. 9 Alur Proses Pengolahan dengan Titik Titik Intervensi Teknologi (Pendinginan Cepat, IQF, MAP).

7.3.1 Pendinginan Cepat dan Manajemen Rantai Dingin

Pengendalian mutu produk perikanan secara efektif sangat bergantung pada teknologi pendinginan cepat dan manajemen rantai dingin yang ketat. Prinsip utama dari pendinginan cepat adalah memperlambat aktivitas enzimatik dan pertumbuhan mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan produk, sehingga memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas organoleptik ikan hasil tangkapan (Khin Sandar Kyaw 2022). Sistem pendinginan ini harus dioperasikan secara tepat sejak penerimaan bahan baku di pelabuhan atau pabrik, dengan penanganan awal yang mengutamakan suhu rendah melalui pre-cooling dan icing untuk mengamankan mutu produk sebelum proses pengolahan lebih lanjut.

Monitoring suhu secara kontinu selama rantai dingin merupakan aspek krusial. Penggunaan sensor suhu otomatis yang terintegrasi dengan sistem pencatatan digital memungkinkan pengawasan real-time dan pencatatan data yang akurat untuk keperluan audit mutu lintas sektor. Diagram rantai dingin yang menunjukkan titik pengambilan sampel suhu dan rekomendasi tindakan korektif dapat membantu praktisi industri dalam memastikan suhu tetap berada dalam batas kritis yang ditetapkan, biasanya di bawah 4°C untuk produk segar (Ramdan Satra 2024). Jika suhu melebihi batas tersebut, tindakan korektif seperti pemindahan ke unit pendingin cadangan atau pembuangan produk harus segera dilakukan.

Praktik terbaik meliputi pelatihan personel dalam pengoperasian sistem pendinginan, prosedur sanitasi alat, serta pengelolaan data suhu secara sistematis. Implementasi teknologi ini meningkatkan efisiensi pengendalian mutu, mendukung keberlanjutan operasional dan kepercayaan konsumen terhadap keamanan produk perikanan (Khin Sandar Kyaw 2022). Dengan demikian, manajemen rantai dingin yang efektif menjadi fondasi utama dalam strategi jaminan mutu produk perikanan modern.



Gambar 7. 10 Infografis Perbandingan Teknologi Pengawetan Berdasarkan Manfaat Operasional (Deskriptif)

7.3.2 Teknik Pembekuan dan Pengemasan (IQF, *Blast Freezing,* MAP)

Teknologi pembekuan cepat seperti *Individually Quick Freezing* (IQF) dan pembekuan blast merupakan inovasi penting dalam pengolahan produk perikanan yang bertujuan untuk mempertahankan kualitas tekstur, rasa, dan keamanan produk. IQF memungkinkan pembekuan ikan secara individual, sehingga setiap potongan beku tidak saling menempel dan memudahkan proses pencairan serta pengolahan selanjutnya. Keunggulan utama dari IQF adalah kemampuannya menjaga integritas tekstur dan rasa ikan secara optimal, berbeda dengan pembekuan konvensional yang cenderung menyebabkan kerusakan jaringan akibat pembekuan lambat. Sebaliknya, teknologi blast freezing menggunakan suhu ekstrem untuk mempercepat proses pembekuan secara massal, sehingga mengurangi waktu kontak produk dengan suhu rendah dan meminimalkan kerusakan organoleptik.

Batasan dari kedua teknologi ini meliputi kebutuhan infrastruktur yang canggih dan biaya operasional yang relatif tinggi, sehingga penggunaannya lebih cocok untuk industri skala besar atau yang memiliki akses terhadap fasilitas modern. Selain itu, perawatan peralatan harus dilakukan secara rutin dan pelatihan teknis diperlukan agar proses pembekuan berjalan sesuai standar mutu.

Pengemasan atmosfer termodifikasi (*Modified Atmosphere Packaging*/ MAP) merupakan teknologi pengemasan yang mengontrol komposisi gas di dalam kemasan untuk memperpanjang umur simpan produk olahan ringan dan siap konsumsi. Dengan mengurangi oksigen dan meningkatkan kadar karbon dioksida serta nitrogen, MAP mampu memperlambat pertumbuhan

mikroorganisme dan aktivitas enzimatis yang menyebabkan penurunan mutu. Penggunaan MAP sangat efektif untuk produk ringan seperti ikan fillet olahan, sashimi, atau produk siap konsumsi lainnya.

Dalam praktiknya, pemilihan teknologi harus disesuaikan dengan tujuan mutu produk serta kapasitas infrastruktur industri. Teknologi pembekuan cepat seperti IQF dan blast freezing sangat efektif dalam menjaga kualitas organoleptik selama distribusi jarak jauh, sementara MAP lebih cocok untuk produk yang akan dikonsumsi dalam waktu dekat namun membutuhkan umur simpan lebih lama dari produk segar.

Selain manfaat utama tersebut, aspek praktis seperti perawatan peralatan dan kebutuhan pelatihan teknis menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi teknologi ini. Pengelolaan suhu secara otomatis dan monitoring kontinu melalui sensor suhu digital dapat meningkatkan efisiensi proses serta memastikan bahwa standar mutu tetap terjaga selama penyimpanan dan distribusi.

Secara keseluruhan, teknologi pembekuan cepat dan pengemasan atmosfer termodifikasi merupakan bagian integral dari sistem pengendalian mutu modern di industri hasil perikanan. Implementasi yang tepat akan membantu menjaga keamanan pangan, memperpanjang umur simpan, serta meningkatkan daya saing produk di pasar domestik maupun internasional.



Gambar 7. 11 Diagram Proses Pembekuan yang Menunjukkan Alur Produk dari Penerimaan Hingga Pengemasan Akhir

7.3.3 Intervensi Kebersihan Proses dan Pengendalian Kontaminan

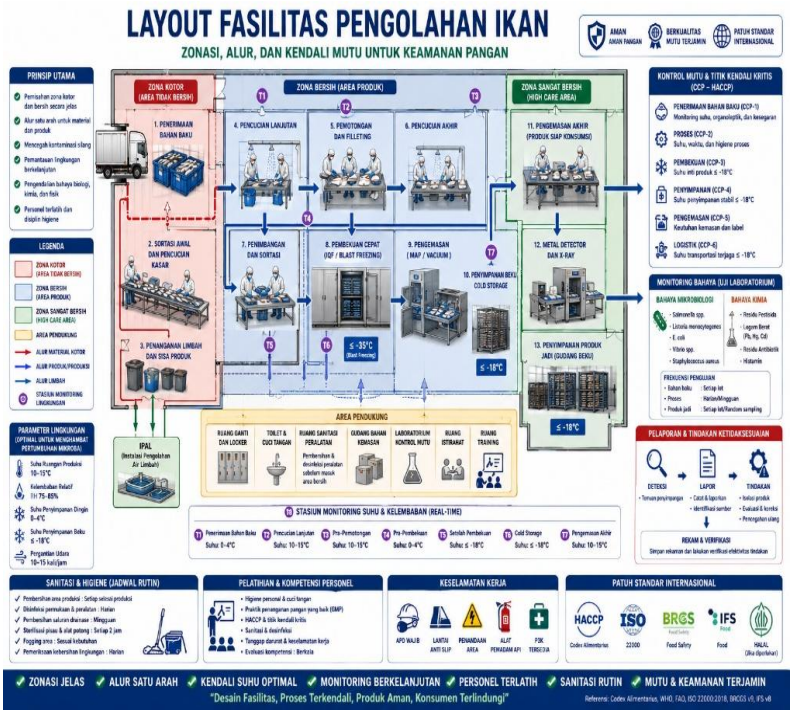
Pengendalian kontaminan selama proses pengolahan dan pengemasan produk perikanan merupakan aspek krusial dalam menjamin mutu dan keamanan pangan. Teknik dan praktik higienis yang diterapkan harus mampu mengurangi risiko kontaminasi silang, pengendalian patogen, serta eliminasi residu kimia berbahaya. Salah satu pendekatan utama adalah desain fasilitas yang memperhatikan alur kerja yang meminimalkan kontak langsung antara bahan mentah dan produk akhir, serta memisahkan zona bersih

dan kotor secara jelas. Layout fasilitas ideal biasanya menampilkan jalur material dan produk yang terorganisasi secara sistematis, sehingga risiko kontaminasi dapat diminimalisasi. Selain itu, prosedur sanitasi alat dan bahan harus kompatibel dengan karakteristik produk perikanan, menggunakan bahan pembersih yang tidak meninggalkan residu berbahaya dan mampu membunuh mikroorganisme patogen. Penerapan jadwal sanitasi rutin serta pelatihan personel dalam praktik higienis menjadi bagian penting dari sistem pengendalian mutu ini.

Pengawasan terhadap kontaminan utama seperti bakteri patogen (misalnya *Salmonella, Listeria*), residu kimia (residu pestisida, logam berat), serta bahan asing lain harus dilakukan secara ketat. Pemantauan histamin secara rutin menggunakan metode tervalidasi seperti *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA) dan *High Performance Liquid Chromatography - Diode Array Detector* (HPLC-DAD) diperlukan untuk menjamin keamanan produk perikanan (Morello *et al*., 2024). Mekanisme pelaporan nonteknis juga perlu disiapkan agar setiap kejadian kontaminasi dapat segera dilaporkan dan ditangani sesuai regulasi yang berlaku. Sistem monitoring suhu dan kelembapan di seluruh proses produksi serta pengemasan juga berperan dalam mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak mutu produk.

Implementasi praktik higienis ini harus didukung oleh pelatihan berkelanjutan bagi tenaga kerja serta audit internal secara rutin untuk memastikan standar kebersihan terpenuhi. Dengan demikian, risiko kontaminasi silang, patogen, maupun residu kimia dapat diminimalkan secara efektif, sehingga produk perikanan yang dihasilkan memenuhi standar mutu dan keamanan

pangan yang ditetapkan oleh regulator maupun pasar internasional.



Gambar 7. 12 *Layout* Fasilitas Ideal (Skematik) yang Menampilkan Zona Bersih dan Kotor Serta Jalur Material/ Produk

DAFTAR PUSTAKA

Chen, H., Liou, B.-K., Hsu, K.-C., Chen, C.-S., & Chuang, P.-T. (2020). Implementation of food safety management systems that meets ISO 22000:2018 and HACCP: A case study of capsule biotechnology products of chaga mushroom. Journal of Food Science, 85(12), 4380–4389. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15553

Chen, T., Ding, K., Hao, S., Li, G., & Qu, J. (2020). Batch-based traceability for pork: A mobile solution with 2D barcode technology. Food Control, 109, 106770. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2019.106770

Hanan, S. S. A., Maryana, M., & Jaziri, A. A. (2025). Quality characteristics of blue marlin (*Makaira nigricans*) based on volatile compound analysis. Journal of Fisheries and Marine Research, 9(3), 106–114. https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2025.009.03.10

Kyaw, K. S., Adegoke, S., Ajani, C., Nwabor, O., & Onyeaka, H. (2022). Toward in-process technology-aided automation for enhanced microbial food safety and quality assurance in milk and beverages processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 64(10), 3174–3193. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2118660

Morello, S., Lupi, S., Barcucci, E., Fragassi, S., Torres, E., Dosio, D., Marchese, C., Llufrio, T. B., Gili, M., & Bianchi, D. M. (2024). Histamine in fishery: A five-year survey in Northern Italy. Toxins, 16(11), 456. https://doi.org/10.3390/toxins16110456.

Satra, R., Hadi, M., Sujito, S., Febryan, F., Fattah, M. H., & Busaeri, S. R. (2024). IoAT: Internet of Aquaculture Things for monitoring water temperature in tiger shrimp ponds with DS18B20 sensors and WeMos D1 R2. Journal of Robotics and Control (JRC), 5(1), 90–98. https://doi.org/10.18196/jrc.v5i1.18470

Zhang, W., Yang, X., & Song, Q. (2015). Construction of traceability system for maintenance of quality and safety of beef. International Journal of Smart Sensing and Intelligent Systems, 8(1), 336–356. https://doi.org/10.21307/IJSSIS-2017-783

BAB 8

DIGITALISASI DAN SMART FISHERIES DALAM PENANGANAN IKAN

Oleh Agus Kurniawan B

Perikanan merupakan sektor strategis yang berkontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan global dan perekonomian nasional, khususnya di negara-negara kepulauan seperti Indonesia. Dengan garis pantai sepanjang lebih dari 99.000 kilometer dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) seluas 5,8 juta kilometer persegi, Indonesia memiliki potensi sumber daya perikanan yang luar biasa, namun sekaligus menghadapi tantangan pengelolaan yang kompleks (FAO, 2022; KKP, 2023).

Dalam dekade terakhir, sektor perikanan global telah mengalami tekanan yang semakin besar. Data FAO (2022) menunjukkan bahwa lebih dari 35% stok ikan laut dunia telah dieksploitasi melebihi batas keberlanjutan biologisnya. Di Indonesia, permasalahan ini diperparah oleh praktik Illegal, Unreported, and Unregulated (IUU) fishing, keterbatasan sistem pengawasan, dan lemahnya rantai traceability produk perikanan dari hulu ke hilir. Kondisi ini tidak hanya mengancam keberlanjutan ekosistem laut, tetapi juga berdampak negatif terhadap akses pasar internasional dan kesejahteraan nelayan.

Di sisi lain, revolusi industri 4.0 telah membuka peluang transformasi mendasar pada berbagai sektor, termasuk perikanan. Konsep Smart Fisheries atau perikanan cerdas muncul sebagai paradigma baru yang mengintegrasikan teknologi digital canggihseperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), blockchain, dan digital twinke dalam seluruh rantai nilai perikanan. Integrasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional, transparansi rantai pasok, akurasi monitoring sumber daya, dan kepatuhan terhadap regulasi nasional maupun internasional.

Bab ini menyajikan kajian komprehensif tentang digitalisasi dan Smart Fisheries dalam konteks penanganan ikan. Secara sistematis, pembahasan akan mencakup: (1) kerangka konseptual Smart Fisheries; (2) teknologi-teknologi kunci yang menjadi pilar digitalisasi perikanan; (3) implementasi pada berbagai segmen rantai nilai; (4) studi kasus penerapan di Indonesia; (5) analisis manfaat, hambatan, dan peluang; serta (6) rekomendasi kebijakan untuk percepatan adopsi teknologi di sektor perikanan nasional.

8.1 Kerangka Konseptual *Smart Fisheries*

8.1.1 Definisi dan Evolusi Konsep

Smart Fisheries didefinisikan sebagai sistem perikanan yang menggunakan teknologi digital dan data analytics untuk mengoptimalkan seluruh aspek pengelolaan perikanandari penangkapan, pemrosesan, distribusi, hingga konsumsi akhirdengan mempertahankan prinsip-prinsip keberlanjutan ekologis dan keadilan sosial (Liu *et al*., 2020; Papadimitriou *et al*., 2021).

Konsep ini berevolusi melalui tiga generasi teknologi. Generasi pertama (1990-an hingga awal 2000-an) difokuskan pada komputerisasi data tangkapan dan sistem informasi manajemen perikanan (FIMS) yang bersifat terpusat. Generasi kedua (2000-an hingga 2010-an) ditandai oleh adopsi GPS, sistem pemantauan kapal (VMS), dan teknologi radar. Generasi ketiga (2010-an hingga sekarang) merupakan era Smart Fisheries sesungguhnya, dengan integrasi IoT, big data analytics, AI/ML, blockchain, dan digital twin yang bekerja secara sinergis dalam ekosistem digital yang terkoneksi.

Smart Fisheries Framework (SFF) adalah kerangka terintegrasi yang menghubungkan tiga lapisan utama: (1) Lapisan Persepsi sensor, aktuator, dan perangkat IoT yang mengumpulkan data real-time dari ekosistem perairan; (2) Lapisan Jaringan infrastruktur komunikasi yang mentransmisikan data antar node (LoRaWAN, 5G, satelit); dan (3) Lapisan Aplikasi platform analytics, AI/ML engine, blockchain, dan antarmuka pengguna yang memproses dan menyajikan informasi untuk pengambilan keputusan (GetX Press, 2020).

8.1.2 Komponen Utama Ekosistem *Smart Fisheries*

Ekosistem *Smart Fisheries* terdiri dari enam komponen yang saling berinteraksi secara sinergis, membentuk sistem pengelolaan perikanan yang komprehensif dan adaptif:

Tabel 8. 1 Komponen Ekosistem *Smart Fisheries* dan Teknologi Pendukungnya"

Komponen	Fungsi Utama	Teknologi Pendukung	Output
Data Akuisisi	Pengumpulan data real-time dari lapangan	IoT, Sensor, Drone, AUV	Raw Data Stream
Konektivitas	Transmisi data antar node jaringan	LoRaWAN, 5G, Satelit, WiFi	Data Pipeline
Analitik & AI	Pengolahan, prediksi, klasifikasi	ML, Deep Learning, Big Data	Insight & Prediksi
Blockchain	Keamanan, transparansi, traceability	Smart Contract, DLT, Hyperledger	Audit Trail Terverifikasi
Digital Twin	Simulasi ekosistem dan optimasi	3D Modeling, CFD, AR/VR	Skenario Optimasi
Antarmuka	Visualisasi & pengambilan keputusan	Dashboard, Mobile App, GIS	Rekomendasi Kebijakan

Keenam komponen ini tidak bekerja secara mandiri melainkan saling bergantung dan memperkuat. Data akuisisi menyediakan bahan baku informasi yang dikirim melalui jaringan konektivitas, kemudian diolah

oleh sistem analitik dan AI untuk menghasilkan pengetahuan yang dapat ditindaklanjuti. Blockchain menjamin integritas seluruh aliran data, sementara digital twin menyediakan lingkungan simulasi untuk pengujian kebijakan. Antarmuka yang intuitif memastikan informasi ini dapat dimanfaatkan oleh semua pemangku kepentingan, termasuk nelayan tradisional (Liu *et al*., 2020).

8.1.3 Kualitas dan Keamanan Produk Perikanan

Kualitas dan keamanan produk perikanan merupakan pilar fundamental dalam rantai nilai perikanan modern. Standar kualitas yang ketat menjadi prasyarat bagi akses pasar internasional, perlindungan konsumen, dan keberlanjutan industri. Digitalisasi melalui Smart Fisheries membuka peluang baru untuk memastikan dan membuktikan kualitas produk secara objektif dan tertelusuri sepanjang rantai pasok.

Sistem pemantauan kualitas berbasis sensor IoT dan computer vision memungkinkan evaluasi otomatis dan konsisten terhadap parameter kualitas ikantermasuk kesegaran (freshness index), suhu penyimpanan, kontaminan biologis, dan integritas fisikyang sebelumnya hanya dapat dilakukan melalui inspeksi manual yang subjektif dan tidak skalabel. Teknologi near-infrared spectroscopy (NIRS) yang terintegrasi dengan platform AI mampu mendeteksi komposisi nutrisi, kontaminasi kimia, dan tingkat oksidasi lipid secara non-destruktif dalam hitungan detik (Cruz *et al*., 2021).

Standardisasi kualitas melalui platform digital juga berkontribusi pada peningkatan kepercayaan konsumen dan akses premium pricing bagi produk perikanan Indonesia. Sertifikasi digital yang tercatat di

blockchainmencakup sertifikasi halal, organik, MSC (Marine Stewardship Council), dan ASC (Aquaculture Stewardship Council)memungkinkan verifikasi instan yang tidak dapat dipalsukan oleh seluruh pihak dalam rantai pasok, dari produsen hingga konsumen akhir.

Tabel 8. 2 Perbandingan Metode Konvensional dan Digital dalam Pemantauan Kualitas Produk Perikanan

Parameter Kualitas	Metode Konvensional	Solusi Digital	Akurasi Digital
Kesegaran (Freshness)	Inspeksi visual manual	Sensor gas, computer vision	>92%
Kontaminasi Patogen	Lab testing (3-7 hari)	Biosensor real-time	<4 jam
Suhu Cold Chain	Spot check manual	IoT sensor kontinu	100% terpantau
Identifikasi Spesies	Morfologi manual	DNA barcoding + AI	>99%
Kontaminan Kimia	Kromatografi (laboratorium)	NIRS + AI	>90%
Berat & Ukuran	Timbangan manual	3D vision grading	±0,5% presisi

8.1.4 Kerjasama dan Perjanjian Perdagangan Internasional

Indonesia aktif berpartisipasi dalam kerjasama regional dan internasional dalam hal perikanan. Melalui ASEAN, Indonesia terlibat dalam upaya peningkatan pengelolaan perikanan di kawasan Asia Tenggara. Selain itu, Indonesia juga bekerja sama dengan negara-negara lain dan organisasi internasional untuk memperkuat pengawasan, penegakan hukum, dan pemantauan perikanan. Konteks kerjasama ini menempatkan digitalisasi sebagai enabler strategis yang krusial.

Regulasi perdagangan perikanan internasional semakin ketat dan berbasis data. Uni Eropa, misalnya, melalui EU IUU Regulation (Regulation EC No 1005/2008) mewajibkan sertifikat tangkapan yang dapat diverifikasi untuk seluruh impor produk perikanan. Amerika Serikat, melalui Seafood Import Monitoring Program (SIMP), mensyaratkan pelaporan elektronik data rantai pasok untuk 13 spesies ikan berisiko tinggi. Jepang, sebagai pasar ekspor terbesar Indonesia, memiliki standar keamanan pangan (*shokuhin anzen*) yang sangat ketat. Ketiga pasar ekspor utama ini secara bersamaan mendorong adopsi sistem traceability digital sebagai prasyarat akses pasar.

Pada level multilateral, CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) mengatur perdagangan internasional spesies yang terancam punah. Indonesia, sebagai pihak CITES, memiliki kewajiban untuk memastikan setiap ekspor spesies Appendix II termasuk sejumlah spesies hiu dan pari yang bernilai ekonomi tinggi dilengkapi dengan dokumentasi *Non-Detriment Finding* (NDF) dan izin ekspor yang valid. *Blockchain traceability* menawarkan solusi yang secara fundamental dapat memperkuat

kepatuhan CITES melalui pencatatan yang tidak dapat dimanipulasi.

8.2 Tantangan Utama Sektor Perikanan Indonesia

8.2.1 *Overfishing* dan Degradasi Ekosistem

Meskipun memiliki potensi yang besar, perikanan Indonesia juga menghadapi sejumlah tantangan. Beberapa tantangan utama termasuk penangkapan ikan berlebihan, praktik penangkapan ikan ilegal, tidak berkelanjutan, dan perusakan terumbu karang. Perubahan iklan juga menjadi ancaman serius bagi perikanan, termasuk peningkatan suhu laut dan peningkatan tingkat keasaman laut.

Meskipun memiliki potensi yang besar, perikanan Indonesia juga menghadapi sejumlah tantangan serius yang saling berkaitan. Beberapa tantangan utama termasuk penangkapan ikan berlebihan (*overfishing*), praktik penangkapan ikan ilegal, perusakan terumbu karang, dan dampak langsung perubahan iklim. Overfishing merupakan ancaman terbesar bagi keberlanjutan sumber daya perikanan Indonesia. Data KKP (2023) menunjukkan bahwa beberapa Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) Indonesia telah mengalami tangkap lebih, dengan tingkat pemanfaatan melebihi *maximum sustainable yield* (MSY) yang ditetapkan.

Degradasi ekosistem pesisir memperparah situasi ini. Kerusakan terumbu karanghabitat asuhan ikan tropisakibat pemutihan massal yang dipicu kenaikan suhu laut, penambangan karang ilegal, dan praktik penangkapan destruktif seperti penggunaan bom dan sianida, telah mengurangi daya dukung ekosistem secara

signifikan. Estimasi KKP menunjukkan hanya sekitar 6,4% terumbu karang Indonesia yang masih dalam kondisi sangat baik, sementara lebih dari 35% berada dalam kondisi buruk (KKP, 2023).

8.2.2 IUU Fishing dan Kelemahan Sistem Pengawasan

Praktik IUU fishing (*Illegal, Unreported, and Unregulated fishing*) merupakan tantangan paling kompleks yang dihadapi sektor perikanan Indonesia. Kerugian ekonomi akibat IUU fishing di Indonesia diestimasi mencapai USD 3-4 miliar per tahun, yang setara dengan lebih dari 30% nilai ekspor perikanan nasional (FAO, 2022). Selain kerugian ekonomi langsung, IUU fishing menyebabkan underreporting stok ikan yang merusak akurasi scientific stock assessment sebagai basis kebijakan pengelolaan.

Kelemahan sistem pengawasan menjadi enabler utama IUU fishing. Keterbatasan armada kapal pengawas KKP dan Bakamla dalam memantau wilayah perairan Indonesia yang sangat luas, ditambah dengan kemampuan kapal-kapal IUU untuk menonaktifkan sistem VMS, menciptakan blind spot pengawasan yang dieksploitasi secara masif. Fragmentasi data antar institusi (KKP, Bakamla, TNI AL, PSDKP) juga menghambat respons yang terkoordinasi terhadap aktivitas IUU fishing.

8.2.3 Kelemahan *Traceability* Rantai Pasok

Rantai pasok perikanan Indonesia umumnya panjang dan kompleks, melibatkan banyak perantara antara nelayan dan konsumen akhir. Dalam rantai ini, data tentang asal-usul produk, metode tangkap, dan kondisi penanganan sering hilang atau tidak akurat. Kelemahan traceability ini tidak hanya membuka peluang pemalsuan produk dan fraudseperti mislabeling

spesies dan pemalsuan dokumen asaltetapi juga menempatkan Indonesia pada risiko penolakan ekspor di pasar internasional yang semakin mensyaratkan traceability digital.

Masalah traceability juga berdampak langsung pada kesejahteraan nelayan. Tanpa kemampuan untuk membuktikan kualitas dan legalitas produk secara kredibel, nelayan dan pengepul kecil tidak dapat mengakses rantai nilai premium yang memerlukan sertifikasi dan dokumentasi ketat. Akibatnya, mereka terpaksa menjual ke pembeli yang menawarkan harga rendah, memperlanggengkan siklus kemiskinan di komunitas pesisir.

8.3 Teknologi Pilar *Smart Fisheries*

8.3.1 *Internet of Things* (IoT) dalam Perikanan Cerdas

Internet of Things (IoT) merupakan fondasi teknologi Smart Fisheries yang menghubungkan objek fisikmulai dari perahu nelayan, keramba jaring apung, peralatan pengolahan, hingga kendaraan distribusike jaringan digital melalui sensor dan aktuator embedded. Dalam konteks perikanan, IoT berperan dalam mengumpulkan data real-time tentang kondisi lingkungan akuatik, status operasional kapal, dan kualitas produk sepanjang rantai pasok (Tseng *et al*., 2020).

Arsitektur IoT untuk perikanan umumnya mengikuti model tiga lapisan: (1) Lapisan Perangkat (*Device Layer*) yang mencakup berbagai jenis sensor dan aktuator; (2) Lapisan Jaringan (*Network Layer*) yang menyediakan konektivitas menggunakan berbagai protokol komunikasi; dan (3) Lapisan Layanan (*Service*

Layer) yang menyediakan penyimpanan cloud, analitik data, dan antarmuka aplikasi. Tantangan utama implementasi IoT di sektor perikanan adalah keterbatasan infrastruktur komunikasi di wilayah perairan terpencil, yang mendorong pengembangan solusi komunikasi hemat energi seperti LoRaWAN dan NB-IoT.

Tabel 8. 3 Kategori Sensor IoT dan Aplikasinya dalam Sistem *Smart Fisheries* (Tseng *et al.*, 2020)

Kategori Sensor	Parameter Terukur	Contoh Aplikasi	Protokol
Lingkungan Akuatik	Suhu, salinitas, DO, pH, turbiditas	Monitoring kualitas air tambak	LoRaWAN, Zigbee
Hidroakustik	Biomassa, distribusi kawanan ikan	Akustik bawah air kapal survei	SONAR, ADCP
GPS/GNSS	Posisi, kecepatan, rute kapal	VMS, geo-fencing wilayah tangkap	NMEA, 4G/5G
Citra (Camera)	Visual kondisi ikan, identifikasi spesies	Automatic fish grading & sorting	LTE, WiFi
Suhu Cold Chain	Temperatur penyimpanan & transport	Cold chain monitoring produk	NB-IoT, RFID

Kategori Sensor	Parameter Terukur	Contoh Aplikasi	Protokol
Bioelektrik	Aktivitas biologis, stres ikan budidaya	Smart aquaculture cage monitoring	WiFi, BLE

8.3.1 *Internet of Things* (IoT) dalam Perikanan Cerdas

Kecerdasan Buatan (AI) dan Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*/ML) merepresentasikan lompatan kualitatif dalam kemampuan analitik sistem perikanan. Berbeda dari sistem berbasis aturan (*rule-based*) tradisional, algoritma AI/ML mampu mengidentifikasi pola tersembunyi dalam dataset berdimensi tinggi, membuat prediksi adaptif, dan secara berkelanjutan meningkatkan akurasi seiring tersedianya data baru (Muñoz-Benavent *et al*., 2021).

Dalam konteks perikanan, AI/ML memiliki tiga peran fundamental yang saling melengkapi: (1) Diagnostik mengidentifikasi kondisi saat ini, misalnya status stok ikan dan kualitas produk; (2) Prediktif memproyeksikan kondisi masa depan, misalnya tren populasi dan permintaan pasar; dan (3) Preskriptif merekomendasikan tindakan optimal, misalnya kuota tangkap dan rute kapal terbaik. Penerapan AI untuk deteksi IUU fishing melalui analisis data AIS (*Automatic Identification System*) dari platform Global Fishing Watch telah menunjukkan akurasi hingga 95,2% dalam membedakan aktivitas penangkapan dari pelayaran biasa (Kroodsma *et al*., 2018).

Tabel 8. 4 Algoritma ML dan Aplikasinya dalam Manajemen Perikanan Cerdas

Algoritma ML	Aplikasi Perikanan	Keunggulan	Contoh Platform
Random Forest	Klasifikasi spesies dari tangkapan	Robust, interpretabel	FishBase AI
Deep Neural Network (CNN)	Identifikasi ikan via citra	Akurasi >95%	Global Fishing Watch
LSTM (Recurrent NN)	Prediksi migrasi ikan temporal	Menangkap pola waktu	Ocean Predictor
XGBoost	Prediksi hasil panen budidaya	Cepat, performa tinggi	eFishery Platform
SVM	Deteksi anomali kapal IUU	Efektif dimensi tinggi	Skylight Maritime
Reinforcement Learning	Optimasi rute kapal nelayan	Adaptif real-time	FisherMan AI

8.3.3 *Blockchain* untuk *Traceability* dan Keamanan Pangan

Blockchain adalah teknologi buku besar terdistribusi (*Distributed Ledger Technology*/DLT) yang menyimpan data dalam blok yang terhubung secara kriptografis dan didistribusikan ke seluruh node jaringan. Karakteristik immutabilitas, transparansi, dan desentralisasi menjadikan *blockchain* solusi ideal untuk mengatasi masalah kepercayaan dan keaslian informasi dalam rantai pasok perikanan yang melibatkan banyak aktor dengan kepentingan berbeda (Tian, 2017; Kshetri, 2018).

Smart contract adalah program komputer yang berjalan di blockchain dan mengeksekusi perjanjian secara otomatis ketika kondisi yang telah ditentukan terpenuhi. Dalam ekosistem perikanan, smart contract dapat mengotomasi verifikasi tangkapan, pembayaran ke nelayan, peringatan pelanggaran regulasi CITES, dan sertifikasi produk ekspor secara real-time, mengeliminasi kebutuhan akan intermediasi manual yang rentan terhadap korupsi dan kesalahan.

Studi Kasus: *Fish Blockchain Traceability Model* (FBTM) PPI Paotere, Makassar

Penelitian Kurniawan A (2026) mengembangkan FBTM menggunakan *Hyperledger Fabric* sebagai platform consortium blockchain dengan lima *smart contract* inti: (SC-1) Registrasi Nelayanverifikasi identitas dan perizinan digital; (SC-2) Pencatatan Tangkapanimmutable logging data spesies *CITES Appendix II* (*Carcharhinus falciformis* dan *Rhynchobatus australiae*), lokasi GPS, dan metode tangkap; (SC-3) Verifikasi CITESotomasi pemeriksaan status perlindungan spesies; (SC-4) Transfer Rantai Pasokpencatatan perpindahan kepemilikan; dan (SC-5)

Sertifikasi Ekspor. Mekanisme konsensus Fishers Consensus Protocol (FCP) dirancang untuk kondisi konektivitas terbatas di pelabuhan tradisional. Hasil uji validasi: TPM 78,3%, ITH 0,742, dan IPS 0,81.

8.3.4 Digital Twin dalam Manajemen Ekosistem Perikanan

Digital twin adalah representasi virtual dinamis dari sistem fisik yang menerima data real-time dari sensor untuk mencerminkan kondisi aktual objek fisiknya secara kontinu (Grieves & Vickers, 2017). Dalam konteks perikanan, digital twin ekosistem perairan memungkinkan pemodelan dan simulasi yang komprehensif dari interaksi kompleks antara populasi ikan, parameter lingkungan, aktivitas manusia, dan perubahan iklim.

Aplikasi digital twin dalam perikanan mencakup: simulasi skenario pengelolaan (menguji kebijakan secara virtual sebelum implementasi nyata); optimasi rute penangkapan berbasis data oseanografi real-time; prediksi dampak perubahan iklim terhadap distribusi stok ikan; manajemen aquaculture presisi; dan pelatihan virtual nelayan dalam lingkungan immersive yang aman. Di Norwegia, implementasi digital twin ekosistem fjord oleh Sintef Ocean berhasil meningkatkan efisiensi panen salmon sebesar 25% dan mengurangi penggunaan antibiotik sebesar 60% dalam satu dekade (Føre *et al*., 2018).

8.4 Implementasi *Smart Fisheries* pada Rantai Nilai Perikanan

8.4.1 Segmen Pra-Tangkap: Perencanaan Operasi Berbasis Data

Segmen pra-tangkap mencakup seluruh aktivitas perencanaan sebelum operasi penangkapan dimulai. *Sistem Fishing Advisory System* (FAS) yang mengintegrasikan data satelit SST (*Sea Surface Temperature*), citra klorofil-a dari Aqua/Terra MODIS, dan model prediksi AI memberikan nelayan peta prospek fishing ground yang diperbarui setiap 6 jam, dengan akurasi prediksi lokasi ikan mencapai 70-80% (Muñoz-Benavent *et al*., 2021). Di Indonesia, LAPAN bersama KKP telah mengembangkan aplikasi Peta Prakiraan Daerah Penangkapan Ikan (PPDPI) yang dimanfaatkan lebih dari 50.000 nelayan.

8.4.2 Segmen Tangkap: Monitoring Real-Time di Laut

Di atas kapal, transformasi digital mencakup berbagai subsistem terintegrasi. Electronic Logbook (e-Logbook) menggantikan buku catatan tangkapan tradisional yang rentan terhadap manipulasi. Sistem ini mencatat secara otomatis data GPS, waktu operasi jaring, estimasi volume tangkapan per spesies, dan kondisi cuaca, kemudian mentransmisikan data ke server tepi (*edge server*) di pelabuhan secara periodik via satelit. Integrasi kamera bawah air dengan model identifikasi spesies berbasis CNN pada alat tangkap memungkinkan estimasi komposisi spesies sebelum diangkat ke atas kapal, memberi nelayan waktu untuk mengambil keputusan terkait by-catch.

8.4.3 Segmen Pasca-Tangkap: Penanganan, Pengolahan, dan Distribusi

Penanganan pasca-tangkap yang tepat adalah determinan utama kualitas dan nilai jual produk perikanan. Sensor suhu IoT terpasang pada setiap unit penyimpanan mencatat suhu setiap menit dan menghasilkan rantai data yang tidak terputus sejak ikan didaratkan hingga tiba di konsumenmemastikan integritas cold chain secara menyeluruh. Sistem conveyor belt yang dilengkapi sensor citra 3D dan model AI mampu mensortir ikan berdasarkan spesies, ukuran, dan grade kualitas dengan throughput hingga 120 ekor/menit dan akurasi grading >95% (Cruz *et al*., 2021).

Di segmen distribusi, platform e-commerce perikanan seperti eFishery, Aruna, dan FishLog memungkinkan pembudidaya dan nelayan untuk menjual produknya langsung ke pembeli institusional tanpa melalui rantai perantara yang panjang. Integrasi dengan platform blockchain memastikan setiap perpindahan produk tercatat akurat, mendukung klaim premium pricing untuk produk dengan traceability terverifikasi yang semakin diminati pasar internasional.

Tabel 8. 5 Implementasi Teknologi Digital pada Setiap Segmen Rantai Nilai Perikanan Indonesia

Segmen Rantai Nilai	Teknologi Digital	Manfaat Utama	Contoh Implementasi
Pra-Tangkap	AI Fishing Advisory System	Efisiensi bahan bakar 15-20%	PPDPI LAPAN-KKP

Segmen Rantai Nilai	Teknologi Digital	Manfaat Utama	Contoh Implementasi
Penangkapan	e-Logbook, IoT sensor, VMS	Pengurangan IUU fishing 30%	Sistem PUSKANAS KKP
Pendaratan	Computer vision, RFID tagging	Akurasi grading >95%	FishLog Indonesia
Pengolahan	IoT cold chain, otomasi QC	Pengurangan waste 20%	Perinus Muara Baru
Distribusi	Blockchain traceability, GPS tracking	Premium price +15%	Aruna Platform
Retail/Ekspor	QR code scan, sertifikat digital	Akses pasar premium	Sertifikasi MSC

8.5 Manfaat, Hambatan, dan Peluang Digitalisasi Perikanan

8.5.1 Manfaat Multidimensi yang Terukur

Studi empiris dari berbagai belahan dunia menunjukkan manfaat nyata digitalisasi perikanan pada berbagai dimensi. Secara ekonomi, produk perikanan bersertifikasi dan tertelusuri secara digital dapat memperoleh premium price 15-25% di atas harga pasar

standar (Tian, 2017). Pengurangan pemborosan produk pasca-tangkap melalui cold chain monitoring yang lebih baik berkontribusi pada efisiensi nilai hingga 35%. Secara ekologis, teknologi deteksi IUU fishing berbasis AI telah berkontribusi pada penurunan aktivitas IUU fishing terdeteksi sebesar 30-50% di negara-negara yang mengadopsi sistem pemantauan komprehensif (Kroodsma *et al*., 2018).

Tabel 8. 6 Manfaat Terukur Digitalisasi Perikanan dari Studi Empiris Global

Dimensi Manfaat	Indikator Terukur	Besaran Dampak	Sumber Referensi
Ekonomi	Premium price produk tersertifikasi	15–25% di atas harga pasar	Tian, 2017
Ekonomi	Pengurangan waste pasca-tangkap	20–35% efisiensi	FAO, 2022
Ekologi	Penurunan deteksi IUU fishing	30–50%	Kroodsma *et al*., 2018
Ekologi	Pengurangan by-catch terdata	15–40%	Global Fishing Watch, 2023
Sosial	Peningkatan pendapatan nelayan	10–20% rata-rata	Cruz *et al*., 2021

Dimensi Manfaat	Indikator Terukur	Besaran Dampak	Sumber Referensi
Regulasi	Percepatan proses sertifikasi ekspor	Lebih cepat 60%	Kshetri, 2018
Keamanan Pangan	Waktu recall produk bermasalah	Hari → Detik	Tian, 2017

8.5.2 Hambatan Adopsi di Indonesia

Meskipun manfaatnya signifikan, adopsi teknologi Smart Fisheries di Indonesia menghadapi serangkaian hambatan struktural yang saling berkaitan dan perlu ditangani secara holistik:

- Kesenjangan Infrastruktur Digital: Lebih dari 60% wilayah pesisir Indonesia masih belum terjangkau layanan 4G yang andal (Kominfo, 2023), menjadikan konektivitas hambatan teknis utama bagi implementasi IoT dan layanan cloud.
- Kesenjangan Literasi Digital: Mayoritas nelayan tradisional Indonesia memiliki literasi digital yang sangat rendah, menjadikan adopsi teknologi kompleks sebagai tantangan sosio-kultural yang memerlukan pendekatan pelatihan yang kontekstual dan sabar.
- Keterbatasan Modal dan Akses Pembiayaan: Biaya investasi awal untuk infrastruktur IoT dan sistem blockchain seringkali jauh melebihi kemampuan

finansial koperasi nelayan dan UMKM pengolah ikan.

- Fragmentasi Data dan Absennya Standar Nasional: Silo informasi antar institusi (KKP, Bakamla, Kemendag, BPOM) dan absennya standar data nasional yang seragam menghambat interoperabilitas sistem.
- Kekhawatiran Privasi dan Kepercayaan: Resistensi sebagian nelayan terhadap pelacakan aktivitas berbasis GPS dan VMS akibat kekhawatiran bahwa data tangkapan dapat disalahgunakan.
- Kapasitas Regulasi yang Belum Memadai: Kerangka regulasi yang ada belum sepenuhnya mengakomodasi inovasi teknologi blockchain, smart contract, dan data sharing, menciptakan ketidakpastian hukum yang menghambat investasi.

8.5.3 Peluang Strategis Indonesia

Di balik tantangan tersebut, Indonesia memiliki sejumlah peluang strategis untuk memimpin transformasi digital perikanan di kawasan Asia Tenggara. Ekosistem startup teknologi perikanan yang dinamiseFishery, Aruna, Delos, dan FishLogtelah menunjukkan kemampuan untuk mengembangkan solusi digital yang kontekstual dan terjangkau. Posisi Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar dengan keanekaragaman hayati laut luar biasa memberikan daya tawar signifikan dalam negosiasi standar traceability internasional. Infrastruktur Satelit Satria-1 dan rencana pengembangan Palapa Ring membuka peluang konektivitas yang lebih merata hingga wilayah 3T (KKP, 2023).

8.6 Kerangka Kebijakan dan Rekomendasi Strategis

8.6.1 Kerangka Regulasi Nasional yang Relevan

Pemerintah Indonesia telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan pengelolaan perikanan dan konservasi sumber daya laut. Regulasi kunci mencakup UU No. 45 Tahun 2009 tentang Perikanan, Peraturan Menteri KP tentang sistem e-Logbook, dan berbagai kebijakan larangan yang merespons masalah overfishing dan IUU. Langkah-langkah iniseperti larangan penggunaan cantrang, penetapan zona konservasi, dan kewajiban VMS pada kapal di atas 30 GTmenunjukkan komitmen pemerintah pada pengelolaan berbasis data. Namun, efektivitas implementasi bergantung pada ketersediaan infrastruktur digital yang mendukung.

Dalam konteks kerjasama regional, Indonesia aktif dalam berbagai forum perikanan ASEAN dan berkomitmen pada target Sustainable Development Goal (SDG) 14 mengenai konservasi dan pemanfaatan sumber daya kelautan secara berkelanjutan. Digitalisasi Smart Fisheries menjadi instrumen kunci untuk membuktikan komitmen Indonesia terhadap pengelolaan perikanan bertanggung jawab di mata komunitas internasional.

8.6.2 Rekomendasi Kebijakan untuk Percepatan Adopsi

Berdasarkan analisis hambatan dan peluang yang teridentifikasi, berikut rekomendasi kebijakan strategis untuk percepatan adopsi Smart Fisheries di Indonesia:

1. Penetapan Standar Data Nasional Perikanan: Pemerintah perlu menetapkan standar format data perikanan yang seragam dan wajib digunakan oleh seluruh sistem informasi perikanan, kompatibel dengan standar internasional GS1 dan FAO, untuk

memungkinkan interoperabilitas penuh antar sistem dan institusi.

2. Program Subsidi Adopsi Teknologi untuk UMKM Perikanan: Skema subsidi atau kredit berbunga rendah khusus untuk pembelian perangkat IoT, langganan platform blockchain, dan pelatihan digital bagi nelayan kecil dan pengolah ikan UMKM, dengan mekanisme yang sederhana dan mudah diakses.
3. Percepatan Infrastruktur Komunikasi Maritim: Pemanfaatan teknologi LEO satellite (Starlink, OneWeb) dan optimasi jaringan LoRaWAN/NB-IoT untuk konektivitas di wilayah 3T sebagai prioritas infrastruktur perikanan nasional.
4. Pembentukan Pusat Inovasi Smart Fisheries Nasional: Hub riset dan pengembangan yang menghubungkan perguruan tinggi, lembaga riset, startup teknologi, dan pelaku industri perikanan untuk mempercepat transfer teknologi yang kontekstual dan berkelanjutan.
5. Revisi Kurikulum Pendidikan Perikanan Vokasi: Integrasi kompetensi digitalpemrograman dasar, analisis data, literasi blockchainke dalam kurikulum politeknik dan sekolah tinggi perikanan nasional secara sistematis.
6. Perjanjian Bilateral Traceability: Negosiasi pengakuan mutual sistem traceability berbasis blockchain Indonesia dengan negara-negara mitra dagang utama (UE, AS, Jepang), membuka akses pasar premium bagi produk perikanan nasional yang bersertifikasi digital.

Digitalisasi melalui paradigma *Smart Fisheries* bukan sekadar adopsi teknologi, melainkan transformasi mendasar cara pengelolaan sumber daya perikanan yang menentukan keberlanjutan sektor ini di masa depan. Internet of Things

menyediakan infrastruktur data real-time yang menjadi fondasi seluruh ekosistem; Artificial Intelligence dan Machine Learning mengubah data mentah menjadi pengetahuan yang actionable; blockchain menjamin integritas, transparansi, dan kepercayaan antar stakeholder; sementara digital twin menyediakan kemampuan simulasi dan optimasi yang sebelumnya tidak terbayangkan.

Implementasi terintegrasi keempat teknologi ini berpotensi mentransformasi sektor perikanan Indonesia dari industri yang rentan eksploitasi dan opak menjadi ekosistem bisnis yang berkelanjutan, tertelusuri, dan kompetitif di pasar global. Studi kasus FBTM di PPI Paotere dan berbagai pengalaman internasional menunjukkan bahwa teknologi-teknologi ini bukan lagi konsep futuristik, melainkan solusi yang dapat dan sedang diimplementasikan di lapangan. Keberhasilan transformasi ini bergantung pada pendekatan holistik yang memposisikan nelayan sebagai subjekbukan sekadar objek perubahan.

DAFTAR PUSTAKA

Cruz, A., Nunes, A., Fonseca, P., & Afonso, P. (2021). Machine learning for fisheries management: A systematic review of current approaches. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 31(3), 721–741. https://doi.org/10.1007/s11160-021-09655-5

FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cc0461en

Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J. A., Dempster, T., … Berckmans, D. (2018). Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. Biosystems Engineering, 173, 176–193. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014

Global Fishing Watch. (2023). Annual Report 2023: Monitoring Ocean Activity for Fisheries Transparency. Global Fishing Watch. https://globalfishingwatch.org

Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In F. J. Kahlen, S. Flumerfelt, & A. Alves (Eds.), Transdisciplinary perspectives on complex systems (pp. 85–113). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4

KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia). (2023). Statistik Kelautan dan Perikanan 2023. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, KKP RI.

Kroodsma, D. A., Mayorga, J., Hochberg, T., Miller, N. A., Boerder, K., Ferretti, F., … Worm, B. (2018). Tracking

the global footprint of fisheries. Science, 359(6378), 904–908. https://doi.org/10.1126/science.aao5646

Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. International Journal of Information Management, 39, 80–89. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005

Kurniawan, A. B. (2024). Fish Blockchain Traceability Model (FBTM): Pengembangan Mekanisme Konsortium Blockchain untuk Traceability Transaksi Nelayan-Pengepul Hiu Appendix II CITES di PPI Paotere, Makassar. Tesis Magister Terapan Ketahanan Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkep.

Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020). From industry 4.0 to agriculture 4.0: Current status, enabling technologies, and research challenges. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 17(6), 4322–4334. https://doi.org/10.1109/TII.2020.2998128

Muñoz-Benavent, P., Andreu-García, G., Valiente-González, J. M., Atienza-Vanacloig, V., Puig-Pons, V., & Espinosa, V. (2021). Enhanced fish bending model for automatic tuna sizing using computer vision. Computers and Electronics in Agriculture, 150, 52–61. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.04.005

Papadimitriou, S., Katsaros, D., Tsolakis, A. C., & Anagnostopoulos, C. (2021). Digital transformation in fisheries: A systematic review of enabling technologies and applications. Computers and Electronics in Agriculture, 191, 106497. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106497

Sumaila, U. R., Ebrahim, N., Schuhbauer, A., Skerritt, D., Li, Y., Kim, H. S., … Pauly, D. (2021). Updated estimates and analysis of global fisheries subsidies. Marine Policy, 109, 103695. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103695

Tan, A., Ngan, L. D., & Zheng, B. (2022). Blockchain traceability adoption in fisheries supply chain: A systematic review. IEEE Access, 10, 35920–35937. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3164097

Tian, F. (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain and Internet of Things. 2017 International Conference on Service Systems and Service Management (pp. 1–6). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2017.7996119

Thorson, J. T., Pinsky, M. L., & Ward, E. J. (2020). Model-based inference for estimating shifts in species distribution, area occupied and centre of gravity. Methods in Ecology and Evolution, 7(8), 990–1002. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12567

Tseng, F. S., Chiou, Y. S., Luo, C. H., & Lur, H. S. (2020). IoT sensing for precision aquaculture. IEEE Internet of Things Journal, 7(9), 8782–8797. https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2976261

Uhlemann, T. H. J., Lehmann, C., & Steinhilper, R. (2017). The digital twin: Realizing the cyber-physical production system for industry 4.0. Procedia CIRP, 61, 335–340. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.152

Zeng, Y., Chen, M., & Zhang, Z. (2021). Digital twin-based smart fishery management system for sustainable aquaculture in coastal environments. Ocean & Coastal Management, 213, 105857. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105857

Zetsche, E., & Sieber, O. (2020). The Blue Economy: Sectoral analysis of emerging blue economy market opportunities. European Commission Report. European Commission.

Zhao, R., Liu, Y., Zhang, N., & Huang, T. (2019). An optimization model for green supply chain management by using a big data analytic approach. Journal of Cleaner Production, 142, 1085–1097. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.006

Ziegler, F., Groen, E. A., Hornborg, S., Vázquez-Rowe, I., & Quicazan-Rubio, E. M. (2021). Toward a carbon footprint standard for seafood: Accounting for energy use in fisheries. Journal of Industrial Ecology, 25(4), 879–891. https://doi.org/10.1111/jiec.13087

Zobel, G., & Scheibel, G. (2020). Digital transformation in fisheries a review of technology and data tools. Marine Technology Society Journal, 54(3), 57–68.

Zupa, W., Carbonara, P., Franch, R., Abella, A. J., Serena, F., & Sion, L. (2021). Filling the gap between scientific surveys and commercial fisheries for stock assessment. Fisheries Research, 236, 105831.

BAB 9

TRACEABILITY DAN RANTAI DINGIN MODERN

Oleh Yus Isnainita Wahyu

Produk perikanan merupakan komoditas yang menunjukkan kerentanan signifikan terhadap penurunan kualitas karena karakteristiknya yang mudah rusak secara intrinsik. Setelah penangkapan ikan, fenomena autolisis, oksidasi lipid, dan aktivitas mikroba terjadi dengan sangat cepat, terutama dalam kondisi termal yang khas iklim tropis. Praktik manajemen pascapanen yang tidak memadai akan mempercepat proses kerusakan dan mengurangi atribut sensorik dan keamanan pangan produk. Akibatnya, manajemen pasca panen muncul sebagai penentu penting dalam menjaga kualitas tangkapan sebelum pengiriman ke konsumen (Food and Agriculture Organization, 2020; Huss, 1995; Gram & Dalgaard, 2002).

Salah satu metodologi utama untuk menjaga integritas tangkapan melibatkan penerapan sistem rantai dingin, yang menunjukkan kerangka regulasi suhu rendah terus menerus dari saat penangkapan hingga distribusi. Manajemen suhu yang tidak memadai dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen, selain meningkatkan laju reaksi biokimia yang membahayakan kualitas ikan. Akibatnya, pengaturan suhu muncul sebagai faktor penting dalam mempertahankan kesegaran dan keamanan produk perikanan (World Health Organization,

2015; James, James, & Evans, 2006; Food and Agriculture Organization, 2020).

Sebaliknya, kebutuhan global yang berkaitan dengan ketahanan pangan dan transparansi rantai pasokan mengalami peningkatan yang nyata, terutama dalam ranah perdagangan internasional yang melibatkan produk perikanan. Para pemangku kepentingan, termasuk konsumen dan badan pengatur, memerlukan jaminan bahwa produk yang mereka konsumsi aman, sesuai dengan standar hukum, dan berasal dari sumber yang dapat diverifikasi. Skenario ini mendorong adopsi mekanisme ketertelusuran sebagai komponen mendasar dari kerangka kerja manajemen keamanan pangan (International Organization for Standardization, 2018; Bosona & Gebresenbet, 2013; Food and Agriculture Organization, 2020).

Ketertelusuran memfasilitasi dokumentasi sistematis dan pelacakan retroaktif dari setiap fase dalam rantai pasokan, yang mencakup aspek-aspek seperti lokasi pengambilan, metodologi penanganan, dan distribusi produk. Sistem ini sangat penting untuk mengidentifikasi sumber kontaminasi, memungkinkan penarikan produk, dan memperkuat kepercayaan konsumen. Selain itu, ketertelusuran berkontribusi signifikan terhadap mitigasi praktik penipuan, termasuk kesalahan pelabelan produk perikanan (European Food Safety Authority, 2019; Olsen & Borit, 2013; Charlebois, Sterling, Haratifar, & Naing, 2014).

Dalam praktiknya, rantai dingin dan traceability adalah dua sistem yang saling berhubungan dan tidak dapat dipisahkan. Rantai dingin menjaga kualitas produk dengan mengontrol suhu, sedangkan traceability memastikan bahwa seluruh proses didokumentasikan dengan baik. Sistem pengendalian mutu yang lebih luas dan berbasis data dapat dibuat dengan menggabungkan keduanya (Food and Agriculture Organization, 2020).

Traceability dan rantai dingin modern dalam industri perikanan sebagai hasil dari kemajuan teknologi. Pemantauan kondisi produk secara real-time dapat dilakukan dengan teknologi seperti Internet of Things (IoT), sensor suhu, data logger, dan sistem berbasis digital. Selain itu, transparansi dan kepercayaan konsumen terhadap produk perikanan telah ditingkatkan dengan penggunaan teknologi seperti QR code dan blockchain (Tao *et al*., 2021).

Tetapi masih ada banyak tantangan untuk diterapkan di Indonesia, terutama di sektor usaha kecil dan menengah. Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (2022), beberapa kendala utama dalam menerapkan sistem traceability dan rantai dingin modern secara menyeluruh adalah keterbatasan infrastruktur rantai dingin, biaya investasi teknologi, dan literasi digital yang rendah.

Berdasarkan uraian tersebut, untuk meningkatkan mutu, keamanan, dan daya saing produk perikanan, integrasi antara rantai dingin modern dan traceability adalah kebutuhan strategis. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami secara menyeluruh ide-ide, teknologi, dan penerapan sistem ini, terutama untuk mendukung pengelolaan hasil tangkapan yang berkelanjutan dan berorientasi pasar global.

9.1 Konsep Dasar *Traceability* dan Rantai Dingin

Produk hasil dari penangkapan ikan adalah komoditas yang sangat rentan mengalami penurunan kualitas karena sifatnya yang mudah rusak. Setelah ikan ditangkap, pereaksi autolisis, oksidasi lipid, dan aktivitas mikroorganisme akan berlangsung secara cepat, terutama pada suhu lingkungan yang tropis. Penanganan yang tidak tepat setelah panen akan mempercepat kerusakan dan menurunkan kualitas sensorik serta keamanan pangan dari produk tersebut. Oleh karena itu, pengelolaan pascapanen merupakan elemen penting dalam

menjaga kualitas hasil tangkapan sampai ke tangan konsumen.

Salah satu strategi utama untuk menjaga mutu hasil tangkapan adalah dengan menerapkan sistem rantai dingin, yaitu pengendalian suhu rendah secara berkesinambungan mulai dari tahap penangkapan hingga distribusi. Suhu yang tidak terjaga dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan patogen, serta meningkatkan laju reaksi biokimia yang dapat menyebabkan kerusakan pada ikan. Karena itu, pengelolaan suhu menjadi faktor krusial dalam menjaga kesegaran dan keamanan produk perikanan.

Di sisi lain, permintaan global akan keamanan pangan dan keterbukaan dalam rantai pasok semakin meningkat, terutama dalam perdagangan internasional bagi produk perikanan. Konsumen dan pihak pengawas mengharuskan adanya kepastian bahwa barang yang mereka konsumsi adalah aman, sah, dan berasal dari sumber yang jelas. Kondisi ini memacu penerapan sistem ketelusuran sebagai komponen penting dalam manajemen keamanan pangan (International Organization for Standardization, 2018; Bosona & Gebresenbet, 2013; Food and Agriculture Organization, 2020).

Ketelusuran memungkinkan setiap langkah dalam rantai pasok dicatat dan ditelusuri secara sistematis, mulai dari lokasi penangkapan ikan, cara penanganan, hingga distribusi barang. Sistem ini sangat vital untuk mengidentifikasi asal kontaminasi, mempermudah penarikan produk yang tidak sesuai serta meningkatkan kepercayaan dari konsumen. Di samping itu, ketelusuran juga berfungsi untuk mencegah terjadinya praktik curang seperti penipuan label pada produk perikanan (European Food Safety Authority, 2019; Olsen & Borit, 2013; Charlebois, Sterling, Haratifar, & Naing, 2014).

Dalam implementasinya, ketelusuran dan rantai dingin merupakan dua sistem yang saling mendukung untuk menjaga kualitas dan keamanan hasil tangkapan. Rantai dingin bertujuan untuk menjaga kondisi fisik dan mikrobiologis dari produk dengan pengaturan suhu yang tepat, sementara ketelusuran memastikan bahwa seluruh proses tercatat dan dapat diverifikasi. Penggabungan kedua sistem ini menciptakan pendekatan berbasis data yang lebih efisien dalam pengendalian kualitas dan pengurangan risiko (Food and Agriculture Organization, 2020; Aung & Chang, 2014).

9.1.1 *Traceability*

Ketelusuran atau *traceability* adalah elemen krusial dalam sistem manajemen kualitas dan keamanan makanan di industri perikanan masa kini. Dalam rantai pasokan dari hasil tangkapan, ketelusuran diartikan sebagai kemampuan untuk melacak sejarah, lokasi, metode penanganan, distribusi, serta pergerakan suatu produk mulai dari proses produksi hingga sampai ke konsumen akhir. Sistem ini memungkinkan setiap produk memiliki identitas serta informasi yang tercatat secara teratur sehingga asal dan perjalanan produk dapat dipahami dengan jelas (Olsen & Borit, 2013; Aung & Chang, 2014).

Dalam bidang perikanan, implementasi jejak (*traceability*) melibatkan pencatatan data penting seperti tempat penangkapan, waktu penangkapan, jenis alat yang digunakan, spesies ikan, cara penanganan, suhu saat penyimpanan, hingga proses distribusi dan pemasaran. Data ini menjadi sangat krusial karena produk perikanan memiliki sifat yang mudah rusak, sehingga memerlukan pengawasan kualitas yang ketat di sepanjang rantai pasokan. Di samping itu, sistem jejak juga mendukung penerapan prinsip keberlanjutan

dalam perikanan serta memastikan legalitas produk saat berdagang secara internasional (Food and Agriculture Organization, 2022).

Prinsip utama dari keterlacakan diartikan dengan istilah "satu langkah mundur – satu langkah maju". Prinsip ini mengharuskan semua pihak yang terlibat dalam rantai pasokan untuk dapat mengenali asal muasal suatu produk (satu langkah mundur) dan tujuan distribusinya (satu langkah maju). Dengan cara ini, keseluruhan proses distribusi produk dapat dilacak secara terus-menerus. Dalam implementasinya, sistem ini diwujudkan melalui dokumentasi batch atau kelompok produk, pencatatan informasi produksi, serta penerapan identifikasi produk seperti barcode, kode QR, atau RFID (Identifikasi Frekuensi Radio) (Bosona & Gebresenbet, 2013; Rahman *et al*., 2021).

Penerapan jejak asal memiliki berbagai peranan krusial dalam sektor perikanan. Tugas utama jejak asal adalah memastikan keamanan makanan melalui pengawasan yang lebih efisien terhadap produk sepanjang proses penanganan dan distribusi. Jika terjadi insiden kontaminasi biologis, kimia, atau fisik, sistem jejak asal memungkinkan identifikasi sumber permasalahan dengan cepat sehingga langkah-langkah pengendalian bisa segera diterapkan. Selain itu, jejak asal juga merupakan elemen penting dalam penerapan sistem keamanan makanan seperti Analisis Bahaya dan Titik Kendali Kritis (HACCP) serta Organisasi Internasional untuk Standardisasi 22000.

Fungsi lain dari ketelusuran adalah mempermudah proses penarikan produk jika terdapat barang yang tidak memenuhi kriteria keamanan pangan. Sistem pelacakan yang efektif memungkinkan perusahaan untuk dengan cepat dan akurat mengetahui lokasi distribusi produk,

sehingga penarikan barang dapat dilakukan secara efisien dan risiko bagi konsumen dapat diminimalkan. Dalam sektor pangan global, kecepatan dalam melakukan penarikan produk menjadi indikator penting dari efektivitas sistem keamanan pangan suatu perusahaan.

Tidak hanya berfokus pada keamanan pangan, ketelusuran juga berkontribusi dalam peningkatan transparansi dalam rantai pasokan. Konsumen masa kini semakin peduli dengan asal produk yang mereka konsumsi, termasuk legalitas penangkapan, keberlanjutan sumber daya, dan mutu penanganannya. Oleh sebab itu, sistem ketelusuran dapat meningkatkan kepercayaan konsumen dan memperkuat posisi kompetitif produk perikanan di pasar internasional. Bahkan, beberapa negara tujuan ekspor telah menetapkan ketentuan mengenai sistem pelacakan sebagai bagian dari standar untuk produk perikanan yang diimpor.

Perkembangan teknologi digital mendorong penerapan traceability menjadi lebih kontemporer dan efektif. Pemanfaatan teknologi seperti blockchain, IoT, sensor digital, dan sistem berbasis cloud memungkinkan pencatatan serta pelacakan dilakukan secara langsung dengan akurasi yang lebih baik. Teknologi ini juga berkontribusi pada pengurangan risiko pemalsuan data dan peningkatan integritas informasi di dalam rantai pasok produk perikanan (Kim & Laskowski, 2018; Ismail *et al*., 2023).

Oleh karena itu, traceability tidak hanya berperan sebagai alat pencatatan, tetapi juga berfungsi sebagai sistem strategis untuk menjaga kualitas, keamanan, legalitas, dan keberlanjutan produk hasil tangkapan. Penerapan traceability yang efektif dapat meningkatkan

efisiensi dalam pengelolaan rantai pasok, memperkuat perlindungan bagi konsumen, serta meningkatkan daya saing sektor perikanan di pasar internasional.

9.1.2 Rantai Dingin (*Cold Chain*)

Rantai dingin, juga dikenal sebagai rantai dingin, adalah sistem pengendalian suhu rendah yang dilakukan secara berkesinambungan dari saat produk diambil, disimpan, diproses, didistribusikan, dan akhirnya diterima oleh pelanggan akhir. Karena ikan dan produk hasil perikanan termasuk komoditas yang sangat mudah rusak, penerapan rantai dingin menjadi sangat penting dalam industri perikanan. Jika produk tidak segera ditangani pada suhu rendah, mutu ikan dapat turun dengan cepat karena aktivitas mikroorganisme, enzim, dan reaksi kimia (Food and Agriculture Organization, 2022; Zhang *et al*., 2022).

Suhu produk harus tetap rendah dan stabil sepanjang rantai distribusi untuk mengurangi pembusukan. Suhu rendah dapat menghentikan perkembangan bakteri patogen dan mikroorganisme pembusuk, memperlambat aktivitas enzimatis, dan mengurangi laju oksidasi lemak pada ikan. Suhu penyimpanan yang ideal untuk produk ikan segar adalah antara 0 dan 4 derajat Celcius. Sebaliknya, untuk menjaga kualitas dan keamanan produk, produk beku harus disimpan pada suhu tidak lebih dari -18 derajat Celcius (James *et al*., 2006; World Health Organization, 2015).

Setelah ikan ditangkap, tahapan pertama rantai dingin dimulai. Karena kerusakan ikan mulai terjadi beberapa saat setelah ikan mati, penanganan awal yang cepat sangat penting untuk kualitas produk. Oleh karena

itu, hasil tangkapan harus segera didinginkan menggunakan sistem pendingin seperti es, air laut dingin (CSW/air laut dingin), atau yang lainnya. Pendinginan awal, juga dikenal sebagai pre-chilling, dilakukan untuk menurunkan suhu tubuh ikan dengan cepat sehingga memperlambat proses pembusukan (Food and Agriculture Organization, 2022).

Ikan disimpan dalam ruang penyimpanan dingin, seperti ruang penyimpanan dingin, palka berinsulasi, atau ruang pembekuan. Pada industri perikanan modern, sistem blast freezer atau plate freezer sering digunakan untuk mempercepat proses pembekuan dan mempertahankan tekstur ikan yang baik. Peningkatan suhu dapat disebabkan oleh penyimpanan yang tidak sesuai dengan standar, yang dapat menyebabkan kerusakan mutu, kehilangan kadar air, perubahan tekstur, dan penurunan kualitas sensasi produk (Zhang *et al*., 2022).

Penyebaran dan pengiriman produk adalah tahap berikutnya dalam rantai dingin. Kendaraan berpendingin (truk berpendingin), kontainer reefer, atau kotak penyimpanan berisolasi harus memastikan bahwa suhu produk tetap stabil selama distribusi. Selama transportasi atau distribusi, gangguan suhu dikenal sebagai penyalahgunaan suhu. Ini adalah ketika suhu produk meningkat di atas batas normal, yang mendorong perkembangan mikroorganisme dan mempersingkat umur simpan produk (shelf life) (Mercier *et al*., 2017). Oleh karena itu, pemantauan suhu terus menerus menjadi bagian penting dari manajemen rantai dingin kontemporer.

Sistem rantai dingin menjadi lebih modern dan terintegrasi karena kemajuan teknologi digital. Selama penyimpanan dan distribusi, suhu dapat dipantau secara

real-time melalui teknologi seperti sensor suhu, data logger, dan Internet of Things (IoT). Sensor digital yang dipasang pada kendaraan atau ruang penyimpanan dapat secara otomatis mengirimkan data suhu ke pusat pengendalian, yang memungkinkan identifikasi dan penanganan penyimpangan suhu segera (Harriz *et al*., 2025). Teknologi ini mempercepat pengawasan kualitas dan mengurangi risiko kerusakan produk selama distribusi.

Penggunaan kemasan cerdas atau smart packaging merupakan inovasi lain dalam industri rantai dingin kontemporer selain teknologi monitoring suhu. Kemasan ini memiliki indikator suhu dan waktu (indikator suhu waktu/TTI) yang dapat menunjukkan jika kondisi produk berubah selama distribusi. Untuk produk hasil perikanan, indikator suhu sangat penting karena perubahan kecil dalam suhu dapat sangat memengaruhi kualitas produk. Smart packaging memudahkan konsumen dan produsen untuk mengetahui kondisi mutu produk secara akurat (Ahmed *et al*., 2022).

Industri perikanan mendapat banyak keuntungan dari penerapan rantai dingin, termasuk mempertahankan kualitas dan kesegaran produk, memperpanjang umur simpan, mengurangi kehilangan hasil pasca panen, dan meningkatkan keamanan pangan. Selain itu, penerapan rantai dingin yang efektif meningkatkan nilai ekonomi produk perikanan dan meningkatkan daya saingnya di pasar domestik dan internasional. Sebagai bagian dari standar mutu dan keamanan pangan produk perikanan, negara tujuan ekspor biasanya mewajibkan pengendalian rantai dingin yang ketat (Food and Agriculture Organization, 2022).

Meskipun demikian, penerapan rantai dingin di negara berkembang masih menghadapi berbagai kendala seperti keterbatasan infrastruktur, tingginya biaya energi, kurangnya fasilitas penyimpanan dingin, dan rendahnya kesadaran pelaku usaha terhadap pentingnya pengendalian suhu. Di Indonesia, tantangan tersebut masih banyak ditemukan terutama pada sektor perikanan tradisional dan usaha skala kecil. Oleh karena itu, diperlukan penguatan infrastruktur, penerapan teknologi yang sesuai, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia agar sistem rantai dingin dapat diterapkan secara optimal dan berkelanjutan.

9.2 Teknologi dalam *Traceability Modern*

Perkembangan dalam teknologi digital telah mendorong perubahan pada sistem pengelolaan hasil tangkap yang menjadi lebih canggih, efisien, dan terintegrasi. Dalam sektor perikanan, penerapan teknologi pada sistem pelacakan dan rantai dingin yang modern sangat krusial untuk memelihara kualitas, keamanan pangan, dan juga transparansi dalam rantai pasokan. Teknologi digital memberikan kemampuan untuk mencatat, memantau, dan mengendalikan secara langsung sehingga mengurangi potensi kerusakan pada produk. Selain itu, adopsi teknologi modern turut mendukung peningkatan efisiensi dalam logistik, minimisasi kehilangan kualitas, serta meningkatkan daya saing produk perikanan di pasar internasional.

9.2.1 Teknologi *Traceability*

a. Barcode dan QR Code

Kode batang dan kode QR adalah metode identifikasi produk yang paling umum diterapkan dalam sistem pelacakan makanan. Kode batang

berfungsi dengan menyimpan data dalam format garis vertikal yang dapat terbaca melalui pemindai, sementara kode QR (Kode Respon Cepat) dapat menyimpan data dalam volume yang lebih besar dan dapat diakses lewat ponsel cerdas. Dalam sektor perikanan, kode batang dan kode QR dimanfaatkan untuk menyimpan informasi mengenai produk, termasuk kode batch, tempat penangkapan, tanggal pembuatan, jenis ikan, dan riwayat distribusi barang (Rahman *et al*., 2021).

Penggunaan kode QR menawarkan manfaat dalam meningkatkan keterbukaan informasi bagi para konsumen. Dengan memindai kode QR, konsumen dapat memahami sumber produk, cara penanganan, serta kualitas sertifikasi yang dimiliki oleh produk tersebut. Teknologi ini terbilang ekonomis, mudah untuk diterapkan, dan cocok untuk industri perikanan, baik kecil maupun besar (Ismail *et al*., 2023). Selain itu, kode QR juga mendukung digitalisasi jalur pasokan karena data dapat terhubung secara langsung dengan sistem berbasis awan.

b. RFID (*Radio Frequency Identification*)

RFID adalah teknologi untuk identifikasi otomatis yang memanfaatkan gelombang radio dalam membaca dan menyimpan informasi mengenai suatu barang. Sistem RFID terdiri dari tag, pembaca, dan database yang terhubung satu sama lain. Jika dibandingkan dengan barcode, RFID memiliki keunggulan karena informasi dapat diakses tanpa perlu kontak langsung dan mampu menyimpan data dalam jumlah yang lebih banyak (Rahman *et al*., 2021).

Pada rantai pasok produk perikanan, RFID dimanfaatkan untuk memantau pergerakan barang selama tahap penyimpanan dan distribusi. Teknologi ini juga dapat digabungkan dengan sensor suhu sehingga kondisi barang bisa dipantau secara otomatis saat dalam perjalanan. Penerapan RFID berkontribusi untuk meningkatkan keakuratan data, mengurangi kemungkinan kesalahan pencatatan secara manual, serta mempercepat proses logistik dan pengelolaan inventaris barang (Bibi *et al*., 2023).

C. *Blockchain*

Blockchain adalah teknologi penyimpanan data digital yang bersifat terdesentralisasi, yang memungkinkan data disimpan dengan cara yang permanen, jelas, dan sulit untuk dimanipulasi. Dalam konteks pelacakan produk makanan, blockchain digunakan untuk mendokumentasikan semua kegiatan dalam rantai pasokan, dimulai dari penangkapan, pengolahan, distribusi, hingga pemasaran barang (Kim & Laskowski, 2018).

Implementasi *blockchain* di sektor perikanan memberikan jaminan pada keaslian data sehingga setiap perubahan informasi dapat dilihat dengan jelas. Teknologi ini dianggap efektif dalam menghindari praktik penipuan makanan, pemalsuan label (*mislabeling*), dan kegiatan perikanan ilegal *(illegal fishing).* Selain itu, *blockchain* juga memperkuat kepercayaan konsumen karena semua informasi produk dapat diverifikasi secara langsung (Ismail *et al*., 2023; Tokkozhina *et al*., 2023).

9.3 Teknologi Rantai Dingin Modern

a. Data Logger Suhu

Pencatat suhu adalah alat elektronik yang berfungsi untuk merekam dan menyimpan informasi suhu selama proses penyimpanan dan distribusi barang. Inovasi ini telah menjadi salah satu elemen krusial dalam sistem rantai dingin saat ini karena kemampuannya dalam memantau kestabilan suhu secara terus-menerus (Zhang *et al*., 2022).

Pada distribusi hasil laut, pencatat suhu berperan dalam mengidentifikasi terjadinya penyimpangan suhu yang dapat mempercepat kerusakan produk. Data yang terekam mengenai suhu dapat dimanfaatkan sebagai acuan untuk menilai kualitas serta menjadi bukti penerapan sistem rantai dingin di fase logistik. Penggunaan pencatat suhu juga mendukung perusahaan dalam memenuhi norma keselamatan pangan dan kriteria ekspor internasional (Harriz *et al*., 2025).

b. IoT *(Internet of Things*) untuk *Monitoring Real-Time*

IoT adalah teknologi yang menghubungkan beragam perangkat digital melalui internet, memungkinkan pertukaran data secara otomatis dan dalam waktu nyata. Dalam konteks rantai dingin, IoT dimanfaatkan untuk memonitor suhu, kelembapan, lokasi distribusi, serta kondisi penyimpanan barang secara langsung (Verdouw *et al*., 2021).

Perangkat sensor IoT yang terpasang pada kendaraan distribusi, kontainer, atau area penyimpanan mampu mengirimkan informasi suhu secara otomatis ke pusat kontrol. Jika terjadi peningkatan suhu di luar ambang yang telah ditetapkan, sistem akan segera memberikan peringatan agar tindakan perbaikan dapat dilakukan secepatnya. Inovasi ini meningkatkan efektivitas pengawasan dan menurunkan kemungkinan

kerusakan barang selama proses distribusi (Ismail *et al*., 2023).

c. *Smart Packaging* (Indikator Suhu)

Kemasan cerdas adalah teknologi kemasan yang dapat memberikan informasi mengenai kondisi kualitas produk selama proses penyimpanan dan pengiriman. Salah satu jenis kemasan cerdas yang umum digunakan adalah indikator suhu dan waktu (*time temperature indicator*/TTI) yang mampu mengubah warna jika produk terkena suhu yang tidak tepat (Zhang *et al*., 2022).

Teknologi ini memberikan dukungan bagi produsen, pengecer, dan konsumen untuk memantau kualitas produk dengan cara yang tampak. Pada produk perikanan, penggunaan indikator suhu sangat krusial karena ikan sangat peka terhadap fluktuasi suhu. Dengan penerapan kemasan cerdas, kemungkinan kerusakan produk selama pengiriman dapat diminimalisir sehingga keamanan makanan dapat lebih terjaga (Ahmed *et al*., 2022).

9.3.1 Integrasi Digital

a. Sistem Berbasis Cloud

Sistem yang berbasis cloud memungkinkan semua data terkait pelacakan dan rantai dingin tersimpan dalam satu pusat dan bisa diakses secara daring. Teknologi ini sangat memudahkan penggabungan data dari berbagai tahap rantai pasok, mulai dari kapal yang menangkap ikan, fasilitas pengolahan, tempat penyimpanan, hingga distribusi produk.

Pemanfaatan sistem cloud meningkatkan efisiensi dalam penyimpanan data serta mempermudah proses audit kualitas karena semua informasi bisa diakses secara langsung. Di samping

itu, sistem ini juga mendukung kerja sama antara berbagai pihak dalam rantai pasok, sehingga pengawasan kualitas dapat dilakukan dengan lebih efektif.

b. Dashboard Monitoring Mutu

Dashboard pemantauan kualitas berfungsi sebagai tampilan digital untuk mengawasi keadaan produk secara langsung, berdasarkan informasi yang diambil dari sensor dan perangkat digital lainnya. Biasanya, dashboard ini menyajikan data tentang suhu, lokasi distribusi, tingkat kelembapan, kondisi penyimpanan, serta catatan perjalanan produk (Harriz *et al*., 2025).

Dalam sektor perikanan yang modern, pemantauan melalui dashboard mendukung perusahaan dalam mengambil keputusan dengan cepat saat ada masalah dalam sistem rantai dingin. Lebih jauh, dashboard ini juga berkontribusi pada peningkatan efektivitas pengawasan kualitas dan memudahkan proses pelaporan data kepada pihak regulator dan konsumen.

c. Alarm Jika Suhu Keluar Batas

Sistem alarm otomatis merupakan elemen krusial dalam inovasi rantai dingin saat ini. Alarm akan berfungsi apabila suhu penyimpanan atau distribusi melampaui batas yang telah ditetapkan. Pemberitahuan dapat dikirim melalui aplikasi, SMS, atau email kepada pengelola atau pengawas sistem (Ismail *et al*., 2023).

Teknologi alarm otomatis berperan dalam mencegah kerusakan produk akibat keterlambatan penanganan saat terjadi perubahan suhu. Dengan respons yang cepat, risiko penurunan kualitas dan kerugian finansial dapat diminimalkan. Sistem ini juga mendukung penerapan manajemen risiko

dalam pengelolaan rantai dingin untuk hasil perikanan modern.

9.4 Implementasi *Traceability* di Industri Perikanan

Implementasi pelacakan dalam sektor perikanan menjadi elemen krusial untuk memastikan keamanan pangan, kualitas produk, keabsahan hasil tangkapan, serta kelangsungan sumber daya perikanan. Sistem pelacakan memungkinkan semua aktivitas dalam rantai pasokan produk perikanan untuk dicatat, dipantau, dan ditelusuri secara terstruktur mulai dari proses penangkapan hingga produk diterima oleh konsumen akhir. Dalam konteks perdagangan internasional, penerapan pelacakan bahkan merupakan salah satu syarat utama untuk memenuhi standar ekspor dan peraturan keamanan pangan global (Food and Agriculture Organization, 2022; Aung & Chang, 2014).

Pada fase penangkapan, penerapan pelacakan dimulai dengan pencatatan informasi dasar mengenai hasil tangkapan. Data yang dicatat mencakup jenis ikan, daerah penangkapan, waktu penangkapan, metode dan alat tangkap yang digunakan, serta identitas kapal yang melakukan penangkapan. Perekaman ini bertujuan untuk memastikan keabsahan produk dan mendukung praktik perikanan yang berkelanjutan. Di beberapa negara, pencatatan dilakukan menggunakan buku log elektronik yang terhubung dengan sistem pengawasan perikanan nasional sehingga data dapat dipantau secara langsung (Hosch, 2020; Food and Agriculture Organization, 2022).

Selain informasi tentang penangkapan, cara penanganan ikan setelah ditangkap juga merupakan faktor penting dalam sistem pelacakan. Produk hasil tangkapan wajib didata mengenai cara pendinginan, suhu penyimpanan, waktu pembongkaran, serta proses pengiriman ke tempat

pelelangan ikan atau pabrik pengolahan ikan. Data ini sangat penting karena kualitas ikan sangat dipengaruhi oleh cara penanganan setelah ditangkap dan ketahanan rantai dingin selama proses distribusi (Zhang *et al*., 2022). Dengan informasi tersebut, sumber masalah atau penurunan kualitas produk dapat diketahui lebih cepat jika terjadi isu terkait keamanan makanan.

Pada tahap pengolahan, pelaksanaan pelacakan dilakukan dengan memberikan kode identitas pada produk seperti kode batch atau nomor lot. Setiap batch produk terhubung dengan informasi bahan baku, cara pembuatan, suhu penyimpanan, hingga distribusi produk. Sistem ini memungkinkan perusahaan untuk mengetahui sumber bahan baku yang dipakai serta tujuan distribusi produk dengan jelas. Penerapan sistem pelacakan di unit pengolahan ikan juga membantu penerapan sistem keamanan makanan seperti Analisis Bahaya dan Titik Kontrol Kritis serta ISO 22000 (Charlebois *et al*., 2014).

Traceability menjadi lebih modern dan efektif berkat kemajuan teknologi digital. Dalam rantai pasokan perikanan, teknologi seperti barcode, QR code, RFID (*Radio Frequency Identification*), dan blockchain mulai banyak digunakan. Sementara RFID memungkinkan identifikasi dan pelacakan produk secara otomatis tanpa kontak langsung, QR code memungkinkan konsumen mengakses informasi produk secara langsung melalui telepon pintar (Rahman *et al*., 2021). Teknologi blockchain bahkan dapat menyimpan data rantai pasok secara permanen dan transparan, sehingga mengurangi risiko manipulasi data dan praktik pemalsuan produk (Ismail *et al*., 2023).

Untuk memastikan bahwa kualitas produk tetap terjaga selama transportasi, traceability dan sistem rantai dingin canggih digunakan dalam logistik dan distribusi. Sensor suhu dan teknologi *Internet of Things* (IoT) memantau suhu

penyimpanan dan distribusi secara real-time. Kemudian data suhu tersebut dihubungkan ke sistem traceability, yang memberikan akses ke seluruh riwayat kondisi produk. Untuk produk perikanan segar dan beku, integrasi ini sangat penting karena keduanya sangat rentan terhadap perubahan suhu (Verdouw *et al*., 2021).

Jika produk terkontaminasi atau tidak memenuhi standar keamanan pangan, implementasi traceability sangat penting dalam proses penarikan produk, atau recall produk. Dengan sistem ketelusuran yang baik, perusahaan dapat mengetahui lokasi distribusi produk secara cepat, sehingga penarikan produk dapat dilakukan secara efektif dan risiko terhadap konsumen dapat diminimalkan. Kemampuan melakukan recall secara cepat menjadi indikator penting efektivitas sistem keamanan pangan dalam industri perikanan modern (Tokkozhina *et al*., 2023).

Meskipun traceability memiliki banyak manfaat, masih ada banyak tantangan untuk diterapkan di industri perikanan, terutama untuk usaha perikanan skala kecil dan menengah. Hambatan utama untuk menerapkan sistem ini secara menyeluruh termasuk keterbatasan infrastruktur digital, biaya investasi teknologi, kurangnya kemampuan sumber daya manusia, dan kurangnya standar pencatatan (Bosona & Gebresenbet, 2013). Selain itu, banyaknya pelaku usaha yang terlibat dalam rantai pasokan perikanan membuat proses integrasi data menjadi lebih sulit.

Melalui penguatan sistem logbook penangkapan ikan, sertifikasi mutu, dan digitalisasi rantai pasok hasil perikanan, pemerintah Indonesia terus mengadvokasi traceability. Tujuan dari inisiatif ini adalah untuk mendukung pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan dan sekaligus meningkatkan daya saing produk perikanan Indonesia di pasar internasional. Produk hasil tangkapan memiliki jaminan mutu dan keamanan pangan dengan penerapan

traceability yang baik. Mereka juga memiliki nilai tambah dan kepercayaan yang lebih tinggi di mata konsumen internasional.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A. L., Li, Z., Qazi, I. M., & Lv, L. (2022). An overview of smart packaging technologies for monitoring safety and quality of meat and meat products. Packaging Technology and Science, 35(4), 271–287.

Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39, 172–184.

Bibi, F., Guillaume, C., Gontard, N., & Sorli, B. (2023). RFID technology for traceability applications in food supply chains: A review. Food Control, 145, 109482.

Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32–48.

Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32–48.

Charlebois, S., Sterling, B., Haratifar, S., & Naing, S. K. (2014). Comparison of global food traceability regulations and requirements. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 1104–1123.

Food and Agriculture Organization. (2022). The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards blue transformation. FAO.

Gram, L., & Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria – problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(3), 262–266.

Harriz, M. A., Setiyowati, H., & Akbariani, N. V. (2025). A literature review on IoT applications in fishery cold

chains: Integrating blue economy principles for sustainable food security. Journal of Food Technology Research, 12(4).

Hosch, G. (2020). Electronic catch documentation and traceability systems in fisheries. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 635.

Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper No. 348.

Ismail, S., Reza, H., Salameh, K., Kashani Zadeh, H., & Vasefi, F. (2023). Toward an intelligent blockchain IoT-enabled fish supply chain: A review and conceptual framework. Sensors, 23(11), 5136. https://doi.org/10.3390/s23115136

James, S. J., James, C., & Evans, J. A. (2006). Modelling of food transportation systems – A review. *International Journal of Refrigeration*, 29(6), 947–957.

Kim, H. M., & Laskowski, M. (2018). Toward an ontology-driven blockchain design for supply chain provenance. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 25(1), 18–27.

Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Uysal, I. (2017). Time-temperature management along the food cold chain: A review of recent developments. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(4), 647–667.

Olsen, P., & Borit, M. (2013). How to define traceability. *Trends in Food Science & Technology*, 29(2), 142–150.

Rahman, L. F., Alam, L., Marufuzzaman, M., & Sumaila, U. R. (2021). Traceability of sustainability and safety in fishery supply chain management systems using radio frequency identification technology. Foods, 10(10), 2265. https://doi.org/10.3390/foods10102265.

Tokkozhina, U., Martins, A. L., & Ferreira, J. C. (2023). Multi-tier supply chain behavior with blockchain technology: Evidence from a frozen.

Verdouw, C. N., Beulens, A. J. M., Trienekens, J. H., & Wolfert, S. (2021). Digitalization in food supply chains: The role of technology in traceability systems. Computers and Electronics in Agriculture, 189, 106404.

Verdouw, C. N., Wolfert, J., Beulens, A. J. M., & Rialland, A. (2016). Virtualization of food supply chains with the Internet of Things. *Journal of Food Engineering*, 176, 128–136.

World Health Organization. (2015). WHO estimates of the global burden of foodborne diseases. WHO Press.

Zhang, X., *et al*. (2022). Application of nondestructive evaluation technologies throughout cold chain logistics of seafood: Classification, innovations and research trends. LWT, 158, 113127.

BIODATA PENULIS



Dr. Sahabuddin, S.Kel., M.Si
Dosen Program Studi Budidaya Perairan
Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan
Universitas Muhammadiyah Parepare

Penulis lahir di Suppa Pinrang Sulawesi Selatan, 6 Juni 1982, Pendidikan Dasar ditempuh di SDN 106 Pinrang, SLTP Neg 1 Suppa, dan SMU Neg 1 Parepare. Kemudian melanjutkan pendidikan S1 Jurusan Ilmu Kelautan (Selesai 2007), S2 Ilmu Perikanan (Selesai 2014) dan S3 Ilmu Pertanian (Selesai 2020) dengan judul Disertasi "Studi Biometrik dan Variasi Genetik serta Pola Distribusi dan Konektivitas Genetik Ikan Baronang Lingkis *Siganus Canaliculatus* Park, 1797 Dalam Upaya Pelestarian Sumberdaya Genetik Di Perairan Sulawesi Selatan'' di Universitas Hasanuddin.

Saat ini penulis merupakan Dosen di Universitas Muhammadiyah Parepare pada Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan. Selain mengajar penulis merupakan Asesor Kompetensi BNSP, rutin mengikuti kegiatan seminar nasional maupun Internasional sebagai

pemakalah dan juga aktif melakukan penelitian, pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk workshop pelatihan sebagai pembicara yang didanai baik dari LLDikti, berbagai instansi Dinas maupun dari BUMN. Hasil kajian dan pengabdian dituliskan kedalam berbagai buku, jurnal maupun menuliskan isu di media massa yang telah diterbitkan baik cetak maupun online. Dapat diakses melalui.
https://scholar.google.ca/citations?user=kuI2y8IAAAAJ&hl=en
,

e-Mail : assahab06@gmail.com
HP/Wa : 085242033443

BIODATA PENULIS



Dr. Handayani

Dosen Program Studi Teknik Penangkapan Ikan

Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Penangkapan Ikan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong. Menamatkan pendidikan strata satu (S1) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK) Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan di Universitas Diponegoro tahun 2000. Tahun 2006 mengikuti pendidikan Strata dua (S2) Program Studi Manajemen Sumberdaya Pantai di Universitas Diponegoro lulus tahun 2008, dan tahun 2016 menyelesaikan Program Doktor Ilmu Lingkungan di Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro. Bekerja sebagai dosen sejak 2001 di Politeknik KP Sorong hingga sekarang, dan beberapa universitas swasta di Kota/Kabupaten Sorong dengan pangkat saat ini Pembina Utama Muda IVc/Lektor Kepala.

BIODATA PENULIS



Dian Purtnamasari 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



Muh. Alsere Bardian Sahaba, S.Pi., M.Si

Dosen rogram Studi Teknologi Hasil Perikanan

Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan

Universitas Negeri Gorontalo

Penulis lahir di Kendari 17 Juli 1995 merupakan akademisi dan peneliti di bidang perikanan yang berfokus pada Pengolahan Hasil Perikanan. Saat ini menjadi dosen tetap pada Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan Universitas Negeri Gorontalo.

Bardi menamatkan pendidikan S1 di program studi Teknologi Hasil Perikanan Universitas Halu Oleo pada tahun 2019, dan melanjutkan S2 di Program Magister Teknologi Hasil Perairan IPB University yang diselesaikannya pada tahun 2023.

Mengampu mata kuliah Avertebrata Air, Teknologi Penanganan Hasil Perikanan, Standarisasi dan Manajemen Mutu Terpadu, Peralatan Pengolahan, dan Pengolahan Hasil Perikanan Modern. Selama ini terlibat aktif dalam penelitian dan publikasi ilmiah yang berhubungan dengan Bioteknologi

Hasil Perikanan terutama di Bidang Molekuler. E-mail: alserebardian@ung.ac.id.

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



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



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 Biota Akuatik, 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



Agus Kurniawan B, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan

Fakultas Pertanian 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.

BIODATA PENULIS



Yus Isnainita Wahyu, S.Pi, M.P.

Dosen Program Studi Teknik Pengolahan Produk Perikanan

Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Penulis lahir di Pamekasan tanggal 01 September 1982. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Pengolahan Produk Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo yang merupakan sekolah kedinasan dibawah Kementerian Kelautan dan Perikanan. Penulis menyelesaikan Pendidikan D3 jurusan Teknik Pengolahan Hasil Perikanan di Akademi Perikanan Sidoarjo dan melanjutkan S1 di Universitas Dr. Soetomo Surabaya Fakultas Perikanan, S2 ditempuh pada fakultas Teknologi Pertanian jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian di Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menekuni bidang menulis dengan menghasilkan beberapa jurnal baik nasional dan Internasional bidang pengolahan hasil perikanan serta beberapa buku bidang perikanan dan kewirausahaan.