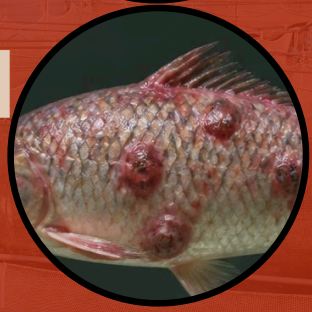
Get Press Indonesia



PENYAKIT IKAN IDENTIFIKASI PENCEGAHAN DAN PENGOBATAN





Anik Kusmiatun, Linuwih Aluh Prastiti,
Indra G. Ahmad, Diah Ayu Satyari Utami,
Anwar Hidayat Dahri, Anna Heirina, Nisa Hakimah

ISBN 978-634-255-805-8
9 786342 558058

PENYAKIT IKAN IDENTIFIKASI PENCEGAHAN DAN PENGOBATAN

Anik Kusmiatun
Linuwih Aluh Prastiti
Indra G. Ahmad
Diah Ayu Satyari Utami
Anwar Hidayat Dahri
Anna Heirina
Nisa Hakimah

GET PRESS INDONESIA

PENYAKIT IKAN IDENTIFIKASI PENCEGAHAN DAN PENGOBATAN

Penulis :
Anik Kusmiatun
Linuwih Aluh Prastiti
Indra G. Ahmad
Diah Ayu Satyari Utami
Anwar Hidayat Dahri
Anna Heirina
Nisa Hakimah

ISBN : 978-634-255-805-8

Editor : Mila Sari, M. Si.
Desain Sampul dan Tata Letak : Yuliatri Novita, M.Hum.

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, Oktober 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 *Penyakit Ikan Identifikasi Pencegahan dan Pengobatan* ini dapat diselesaikan. isi buku ini mencakup pembahasan tentang pendahuluan tentang penyakit ikan, faktor penyebab penyakit pada ikan, metode identifikasi penyakit ikan, penyakit ikan akibat bakteri, penyakit jamur pada ikan, teknik pencegahan penyakit pada ikan, dan pengobatan dan terapi penyakit ikan. Akhir kata, semoga buku ini dapat menjadi referensi dan dapat memberikan manfaat serta inspirasi bagi semua pembaca.

Padang, September 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **ii**
DAFTAR GAMBAR ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
BAB 1 PENDAHULUAN TENTANG PENYAKIT IKAN **1**
1.1 Mekanisme Terjadinya Penyakit Pada Ikan 2
1.2 Gejala dan Penyebab Penyakit pada Ikan 5
1.3 Identifikasi Penyakit Ikan 7
1.4 Pencegahan dan Pengobatan Penyakit Ikan 9
DAFTAR PUSTAKA **12**
BAB 2 FAKTOR PENYEBAB PENYAKIT PADA IKAN **17**
2.1 Faktor Biotik 18
2.1.1 Bakteri 18
2.1.2 Virus 20
2.1.3 Parasit 21
2.1.3 Jamur (Fungi) 23
2.2 Faktor Abiotik 26
2.3 Faktor Inang 27
2.3.1 Genetik dan Ketahanan Terhadap Penyakit 27
2.3.2 Status Imunitas dan Stres pada Ikan 29
2.4 Faktor Manajemen Budidaya 30
2.4.1 Kepadatan Tebar (*Stocking Density*) 30
2.4.2 Kualitas Pakan dan Nutrisi 31
2.4.3 Biosekuriti dan Sanitasi 32
DAFTAR PUSTAKA **34**
BAB 3 METODE IDENTIFIKASI PENYAKIT IKAN **37**
3.1 Manajemen Sampel 38

3.2 Pemeriksaan Parasitologi 40
3.3 Pemeriksaan Bakteri 42
3.4 Pemeriksaan Virus 45
3.5 Pemeriksaan Histopatologi 46
DAFTAR PUSTAKA 48
BAB 4 PENYAKIT IKAN AKIBAT BAKTERI 51
4.1 Memahami Penyakit Bakterial sebagai Proses Ekologis 51
4.2 Dari Paparan hingga Penyakit Klinis 53
4.2.1 Ambang Penyakit dan Kemampuan Ikan Mempertahankan Homeostasis 55
4.3 Pemeriksaan Lapangan (Membaca Pola Sebelum Mengambil Sampel) 57
4.3.1 Menyusun Diagnosis Diferensial dari Pola Lesi 58
4.3.2 Mendokumentasikan Lesi Secara Konsisten 60
4.4 Aeromoniasis 63
4.4.1 Agen, Inang, dan Faktor Pemicu 63
4.4.2 Tanda Klinis, Lesi, dan Diagnosis 64
4.4.3 Pengendalian 66
4.4.4 Menilai peran Aeromonas pada Kasus Ko-Infeksi 67
4.5 Vibriosis 68
4.5.1 Membaca Epidemiologi Vibriosis pada Sistem Budiday Air Laut dan Payau 71
4.6 Edwardsiellosis 73
4.7 Streptococcosis dan Lactococcosis 75
4.7.1 Membaca Tanda Neurologis dan Okular Secara Hati-Hati 79
4.8 Flavobacteriosis dan Columnaris 81
4.8.1 Membedakan Lesi Kulit dan Insang dari Kerusakan Noninfeksius 83
4.9 Mycobacteriosis 84

4.9.1 Arti Perjalanan Akut dan Kronis Bagi Diagnosis.....86
4.9.2 Pencegahan dan Pengendalian Mycobacteriosis 88
4.10 Penggunaan Antimikroba secara Bertanggung Jawab 89
4.10.1 Alur Pengambilan Keputusan Terapi.....90
4.10.2 Memantau Respons dan Mengevaluasi Wabah Penyakit.....92
DAFTAR PUSTAKA 93
BAB 5 PENYAKIT JAMUR PADA IKAN 99
5.1 Karekteristik Jamur.....100
5.2 Jamur pada Ikan 101
5.3 Manfaat Jamur pada Bidang Perikanan 102
5.4 Kerugian Jamur pada Bidang Perikanan 102
5.5 Jenis-jenis Jamur Penyebab Penyakit Pada Ikan 103
5.5.1 Jamur Saprolegnia.....103
5.5.2 Jamur *Asergillus Flayus*.....106
5.5.3 Jamur *Penicillum Glabrum*.....109
5.5.4 Jamur *Rhizopus Oryzae*.....111
5.5.5 Jamur *Curvularia Lunata* 114
5.5.7 Jamur *Fusarium*.....116
5.5.8 Jamur *Brachiomycosis*.....117
5.5.9 Jamur *Ichthyosporidosis*.....119
5.5.10 Jamur *Achlyasis*.....120
5.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur...122
5.6.1 Kelembaban.....122
5.6.2 Suhu 122
5.6.3 pH (Derajat Keasaman).....123
5.6.4 Bahan Kimia.....123
5.6.5 Kualitas Air yang Buruk.....123
5.6.6 Luka yang Dialami Ikan.....124

DAFTAR PUSTAKA 125
BAB 6 TEKNIK PENCEGAHAN PENYAKIT PADA IKAN 129
6.1 Konsep Dasar Pencegahan Penyakit 129
6.2 Manajemen Kualitas Air sebagai Upaya Pencegahan Penyakit 132
6.3 Penerapan Biosekuriti dalam Budidaya Ikan 135
6.4 Manajemen Pakan dan Nutrisi untuk Meningkatkan Ketahanan Ikan 138
6.5 Pengelolaan Kepadatan Tebar dan Lingkungan Budidaya 140
6.6 Pencegahan Penyakit Berdasarkan Jenis Agen Penyebab 143
DAFTAR PUSTAKA 146
BAB 7 PENGOBATAN DAN TERAPI PENYAKIT IKAN 149
7.1 Prinsip Dasar Pengobatan Ikan 150
7.1.1 Etika dan Prosedur Keselamatan dalam Pengobatan Ikan 151
7.1.2 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Efektivitas Terapi 152
7.1.3 Pentingnya Diagnosis Akurat Sebelum Menentukan Dosis Pengobatan 153
7.2 Metode Pemberian Obat (Administrasi Terapi) 154
7.2.1 Teknik Pengobatan Melalui Media Air (*Bath* dan *Dip Treatment*) 154
7.2.2 Prosedur Pengobatan Melalui Pakan (*Oral Medication*) 156
7.2.3 Tata Cara Pengobatan Melalui Injeksi (Suntikan) pada Ikan 157
7.3 Jenis-Jenis Agen Pengobatan (Farmakologi Ikan) 159
7.3.1 Penggunaan Antibiotik dan Agen Antibakteri Sintetik 160
7.3.2 Aplikasi Agen Antiparasit dan Senyawa Fungsida 161

7.3.3 Pemanfaatan Bahan Alami dan Ekstrak Herbal (Fitofarmaka) 163
7.4 Penanganan Pasca Terapi dan Dampak Lingkungan 165
7.4.1 Manajemen Residu Obat di Lingkungan Kolam dan Budidaya 165
7.4.2 Strategi Pemulihan Kesehatan Ikan Pasca-Pengobatan 167
7.4.3 Penanggulangan Masalah Resistensi Mikroba Akibat Penggunaan Obat 168
7.5 Regulasi dan Keamanan Pangan 170
7.5.1 Keputusan Terhadap Standar Penggunaan Obat Terlarang (*Illegal Drugs*) 170
7.5.2 Penentuan Waktu Henti Obat (*Withdrawal Period*) Sebelum Panen 172
7.5.3 Sertifikasi Obat Ikan dan Perizinan Sesuai Regulasi Pemerintah 173
DAFTAR PUSTAKA 177
INDEKS 183
GLOSARIUM 185
BIODATA PENULIS 199

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Interaksi Antara Faktor Inang, Patogen, dan Lingkungan Penyebab Terjadinya Penyakit Pada Ikan 3
Gambar 1. 2 Proses Masuknya Patogen Penyebab Penyakit Pada Ikan 4
Gambar 2. 1 Diagram Interaksi Penyebab Penyakit 18
Gambar 2. 2 Ikan nila yang Terinfeksi *A. Hydrophila* (a), Lesi Hemoragik Pada Kulit, Pendarahan di Daerah Operkular dan Eksoftalmia (b), Kehilangan Sisik dan Erosi Ekor 20
Gambar 2. 3 Ikan Nila yang Terinfeksi *S. Parasitica* Secara Eksperimental Menunjukkan Tanda-Tanda Infeksi Parah (Kotak Hitam) Dan Sedang (Kotak Putih) 24
Gambar 2. 4 Hifa *Saprolegnia* sp. yang Diisolasi dari Perairan 25
Gambar 3. 1 Pendarahan pada Perut Ikan Lele yang Terinfeksi Bakteri *Aeromonas Hydrophila* 39
Gambar 3. 2 Pemeriksaan Ektoparasit pada Insang Ikan 41
Gambar 3. 3 Pengambilan Preparat Usus Ikan untuk Diperiksa Endoparasit 42
Gambar 3. 4 Mata Menonjol Pada Ikan Nila (Kiri); Pendarahan di Bagian Perut Pada Ikan Lele (Kanan) Akibat Serangan *Aeromonas Hydrophila* 43
Gambar 3. 5 Skema Pemeriksaan Bakteri Pada Ikan 45
Gambar 3. 6 Skema Pengujian Histopatologi 47
Gambar 4. 1 Triad Inang Patogen Lingkungan dalam Munculnya Penyakit Bakterial 52
Gambar 4. 2 Rangkaian Umum Patogenesis Penyakit Bakterial Pada Ikan 54
Gambar 4. 3 Ilustrasi Skematik Tanda Klinis Eksternal yang dapat Menyertai Septikemia Bakterial 59

Gambar 4. 4 Tanda Klinis yang Tampak pada Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*) yang Terinfeksi *Aeromonas* Spp. A. Pembesaran Abdomen pada Benih, B. Perdarahan, C. Erosi Kulit, D. Kerusakan Sungut dan Sirip, E. Lepuh, Serta F. Perubahan Warna Tubuh 65
Gambar 4. 5 Lesi Pascanekropsi yang Mengindikasikan Infeksi *Aeromonas* spp. pada Ikan Lele. A. Perdarahan dan Inflamasi Insang, B. Perdarahan pada Insang, C. Kongesti Ginjal, Perubahan Warna Ginjal dan Hati, Pembesaran Hati, Serta Perubahan pada Kantong Empedu; dan D. Distensi, Perdarahan, Serta Kongesti Usus..... 65
Gambar 4. 6 Lesi Eksternal pada Ikan Kerapu yang Terinfeksi *Vibrio* spp. a) Perubahan Warna dan Lesi Kulit Serta Sirip, b) Kerusakan Pada Mata, Serta c) Perdarahan Sirip Pektoral..... 69
Gambar 4. 7 Lesi Internal pada Ikan Kerapu yang Terinfeksi *Vibrio* Spp. a) Asites Bercampur Darah, b) Pembesaran Limpa, dan c) Hati Berwarna Pucat..... 70
Gambar 4. 8 Tanda Klinis dan Lesi Edwardsiellosis Akibat Infeksi *Edwardsiella Piscicida* pada *Largemouth Bass* (*Micropterus Salmoides*). A. Anus Memerah, B. Abdomen Membesar dan Sisik Terlepas, C. Nodul Hati, Serta D. Akumulasi Cairan di Rongga Tubuh..... 74
Gambar 4. 9 Tanda Klinis Streptococcosis pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) yang Terinfeksi *Streptococcus Agalactiae*. A. Hemoragi pada Sirip Dada, B. Hemoragi Pada Permukaan Tubuh, C. Eksoptalmia Bilateral, D. Pembesaran Abdomen; E. Kekeruhan Kornea, dan F. Penonjolan Bola Mata (*Pop-Eye*) 76

Gambar 4. 10 Perubahan Eksternal pada *European Seabass* (*Dicentrarchus Labrax*) Selama Wabah Lactococcosis yang Disebabkan oleh *Lactococcus Garvieae*. (a) Kemerahan Menyebar pada Kulit dan Sirip, (b) Area Kemerahan pada Sisi Tubuh di Dekat Sirip Perut, (c) Hemoragi pada Bagian Kepala, dan (d) Ulserasi yang Disertai Kehilangan Bola Mata. Tanda Panah Menunjukkan Lokasi Perubahan Jaringan 77
Gambar 4. 11 Ilustrasi Tanda Neurologis dan Okular pada Penyakit Bakterial Sistemik..... 80
Gambar 4. 12 Lesi berbentuk pelana pada benih *rainbow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) setelah terinfeksi *Flavobacterium columnare*. Tanda panah menunjukkan perubahan warna kulit pada bagian punggung di sekitar pangkal sirip dorsal; skala = 1 cm. 82
Gambar 4. 13 Nodul Putih-Keabu-Abuan pada Hati, Limpa, dan Ginjal Ikan *Japanese Seabass* (*Lateolabrax Japonicus*) yang Terinfeksi *Mycobacterium Marinum*..... 85
Gambar 4. 14 Perbandingan Skematik Pola Akut Eksternal dan Pola Kronis Granulomatosa 87
Gambar 5. 1 Morfologi *Saprolegnea sp.* 103
Gambar 5. 2 Morfologi *Aspergillus Flavus* 107
Gambar 5. 3 Morfologi *Penicillium Gabrum*..... 110
Gambar 5. 4 Rhizopus *Oryzae*..... 112
Gambar 5. 5 Morfologi *Curvularia Lunata* 114
Gambar 5. 6 Morfologi *Fusarium* sp. 116
Gambar 5. 7 Morfologi *Brachiomycosis*..... 118
Gambar 5. 8 Morfologi *Ichthyosporidosis* 119
Gambar 5. 9 Morfologi *Achlyasis*..... 121

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Pola Pembeda Awal Beberapa Penyakit Bakterial Penting 61
Tabel 4. 2 Alur Keputusan Penggunaan Antimikroba pada Wabah Penyakit Bakterial Ikan 91

BAB 1
KONSEP DASAR PENYAKIT IKAN

Oleh Anik Kusmiatun

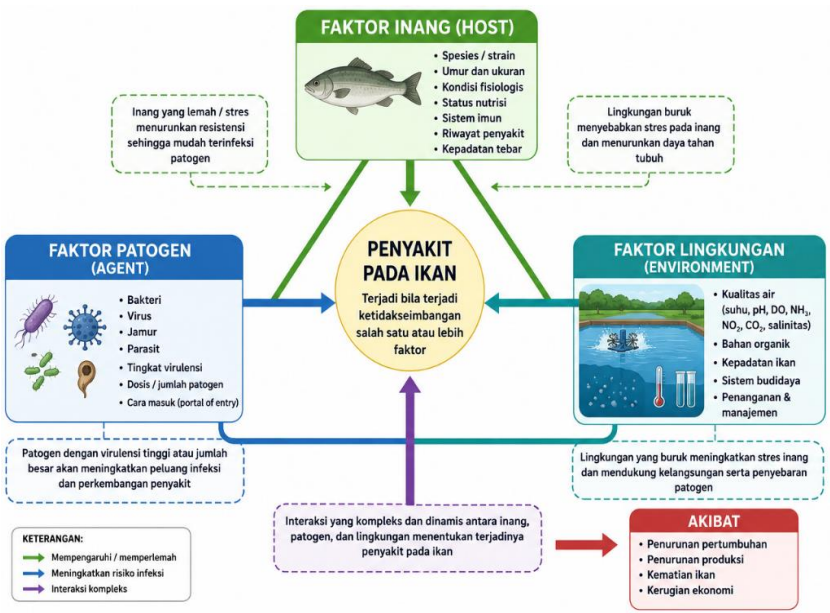
Penyakit ikan merupakan kondisi abnormal pada ikan yang mengganggu fungsi fisiologis, pertumbuhan, reproduksi, kesehatan, dan kelangsungan hidup ikan, yang dapat disebabkan oleh agen infeksius seperti virus, bakteri, jamur, parasit, maupun faktor noninfeksius berupa kualitas lingkungan, toksikan, kekurangan nutrisi, dan stres. Dalam ekosistem perairan, penyakit dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan kematian ikan secara individual maupun massal dan pada kondisi tertentu berpotensi memengaruhi struktur populasi. Di Indonesia, kasus kematian ikan di perairan alami dan waduk telah dilaporkan berkaitan dengan kombinasi berbagai faktor, termasuk serangan penyakit, penurunan oksigen terlarut, senyawa beracun, perubahan suhu, dan tekanan daya dukung perairan (Sulaiman *et al*., 2020). Penelitian mengenai kejadian kematian pada ikan kerapu di Bali menunjukkan bahwa *Infectious Spleen and Kidney Necrosis Virus* (ISKNV) merupakan penyebab penting kejadian mortalitas tinggi pada populasi kerapu yang dipelihara dalam keramba laut, dengan 55% ikan yang diperiksa mengalami koinfeksi *nervous necrosis virus* (NNV) (Fusianto *et al*., 2021). Data tersebut menunjukkan bahwa penyakit dapat menjadi tekanan biologis serius pada sumber daya ikan, terutama ketika ikan mengalami stres dan berada pada lingkungan yang kurang sesuai bagi pertumbuhan ikan.

Pada sektor akuakultur, dampak penyakit dapat terlihat lebih nyata karena sistem budidaya dengan kepadatan ikan yang tinggi, intensifikasi produksi, mobilitas benih, serta perubahan kualitas air dapat meningkatkan peluang transmisi patogen. Berdasarkan hasil kegiatan monitoring dan surveilans yang dilakukan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan pada tahun 2018, ikan dan udang diketahui terjangkit oleh beberapa penyakit berikut: *White Spot Syndrome Virus* (WSSV), *Infectious Hypodermal and Haematopoietic Necrosis Virus* (IHHNV), *Infectious Myonecrosis Virus* (IMNV), *Iridovirus*, *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus iniae*, *Streptococcus agalactiae*, *Edwardsiella ictaluri*, dan *Ichthyophthiriasis* (Evan & Putri, 2021). Penyakit ikan tersebut merupakan salah satu kendala utama keberhasilan produksi akuakultur di Indonesia yang mengakibatkan kerugian ekonomi mencapai hampir US$400 juta. Hasil penelitian lainnya sebagaimana yang dilaporkan oleh Meyer *et al*. (2026), beban penyakit pada budidaya udang vaname di Indonesia diperkirakan mencapai Rp43 triliun (sekitar US$2,9 miliar) per tahun pada 2022, dengan potensi peningkatan produktivitas sebesar 77–92%. Apabila kondisi kesehatan udang dapat dioptimalkan, maka dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi ekonomi, dan keberlanjutan produksi udang nasional. Oleh karena itu, pengenalan jenis penyakit, pemahaman gejala klinis, diagnosis penyebab, faktor pemicu, mekanisme penularan, serta penerapan pencegahan dan pengendalian penyakit menjadi sangat penting untuk mempertahankan produktivitas akuakultur.

1.1 Mekanisme Terjadinya Penyakit Pada Ikan

Mekanisme terjadinya penyakit pada ikan pada dasarnya merupakan hasil interaksi dinamis antara tiga faktor, yaitu: inang (*host*), agen penyebab penyakit

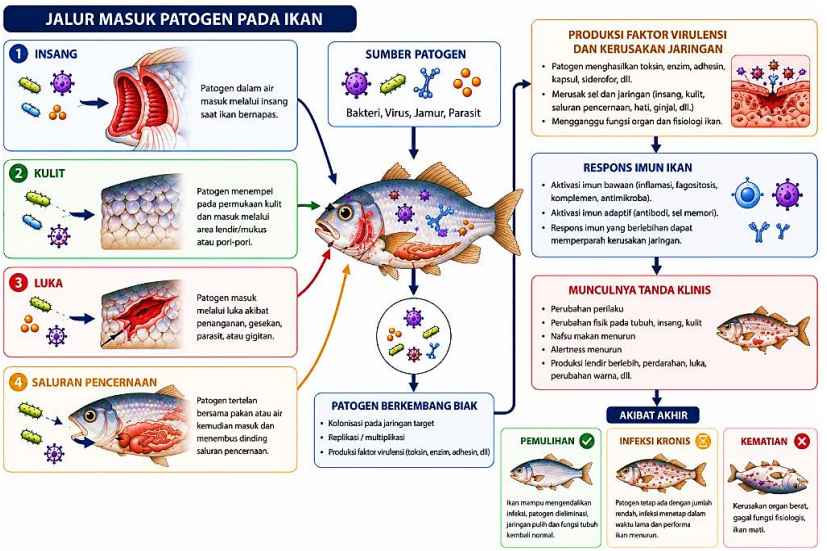
(*pathogen*/*agent*), dan lingkungan (*environment*) yang sering dikenal sebagai *disease triangle* (Gambar 1.1). Faktor inang meliputi spesies, umur, kondisi fisiologis, status nutrisi, imunitas, dan tingkat stres. Agen penyebab penyakit dapat berupa virus, bakteri, parasit, maupun jamur dengan tingkat patogenisitas dan kemampuan penularan yang berbeda. Faktor lingkungan meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH, amonia, kepadatan pemeliharaan, kualitas air, serta keberadaan bahan pencemar (Cascaraco *et al*., 2021; Cui *et al*., 2026; Zhang *et al*., 2025).



Gambar 1. 1 Interaksi Antara Faktor Inang, Patogen, dan Lingkungan Penyebab Terjadinya Penyakit Pada Ikan

Keberadaan patogen saja tidak selalu menyebabkan penyakit karena ikan dapat membawa mikroorganisme potensial patogen tanpa menunjukkan tanda klinis apabila kondisi tubuh dan lingkungan masih mendukung kesehatan. Penyakit cenderung berkembang ketika terjadi

ketidakseimbangan antara ketiga komponen tersebut, misalnya meningkatnya tekanan infeksi, menurunnya ketahanan tubuh atau imunitas ikan, atau memburuknya kondisi lingkungan. Faktor budidaya seperti kepadatan tebar yang tinggi, fluktuasi suhu, rendahnya oksigen terlarut, akumulasi bahan organik, dan kualitas air yang buruk dapat meningkatkan tekanan terhadap ikan dan memperbesar peluang terjadinya infeksi. Chong *et al*. (2023) menekankan bahwa interaksi *host–pathogen–environment* merupakan dasar penting dalam memahami munculnya penyakit pada sistem akuakultur, karena perubahan lingkungan dapat memengaruhi kemampuan ikan dalam menghadapi infeksi.



Gambar 1. 2 Proses Masuknya Patogen Penyebab Penyakit Pada Ikan

Proses terjadinya penyakit pada ikan diawali ketika agen patogen mencapai ikan, melekat pada permukaan tubuh, memasuki jaringan, kemudian melakukan kolonisasi dan multiplikasi (Gnanagobal & Santander, 2022). Patogen dapat masuk melalui insang, kulit, luka, dan saluran pencernaan (Gambar 1.2). Patogen bakteri penyebab penyakit pada ikan

dapat menyebabkan infeksi sistemik, yaitu ketika bakteri menginfeksi berbagai organ tubuh ikan. Selain itu, bakteri juga dapat menyebabkan infeksi eksternal, yang ditandai dengan terbentuknya ulserasi pada kulit, kerusakan atau pembusukan insang, pembusukan sirip (*fin rot*), serta lesi atau infeksi pada bagian mulut (Mekasha & Linke, 2021). Pada bakteri patogen, misalnya, adhesin, kapsul, lipopolisakarida, pili, flagela, sistem sekresi, enzim, dan toksin berperan dalam proses adhesi, kolonisasi, invasi, serta kerusakan jaringan (Zhuang *et al*., 2025). Beberapa faktor virulensi bahkan dapat mengganggu fungsi sel inang dan sistem pertahanan ikan sehingga memungkinkan patogen berkembang lebih lanjut (Camberos-Solano & Soto-Rodriguez, 2026). Mekasha dan Linke (2021) juga menjelaskan bahwa sistem sekresi pada bakteri patogen ikan berperan penting dalam memindahkan molekul virulensi ke lingkungan atau langsung ke dalam sel inang, sehingga mendukung proses infeksi. Pada infeksi jamur, spora merupakan sumber infeksi penting dan keberhasilan invasi juga dipengaruhi oleh faktor virulensi serta kondisi predisposisi pada ikan. Besarnya kerusakan dan perkembangan penyakit sangat bergantung pada virulensi serta jumlah patogen, spesies dan kondisi fisiologis ikan, serta kemampuan sistem imun ikan dalam mengendalikan infeksi. Stres lingkungan dapat menekan fungsi imunitas dan meningkatkan kerentanan ikan terhadap penyakit.

1.2 Gejala dan Penyebab Penyakit pada Ikan

Penyakit pada ikan dapat dikenali melalui perubahan perilaku, kondisi eksternal, serta gangguan fungsi fisiologis yang muncul sebagai respons terhadap infeksi atau gangguan lingkungan. Gejala klinis yang umum ditemukan pada ikan sakit meliputi penurunan nafsu makan (*anorexia*), letargi, perubahan pola dan keseimbangan renang, perubahan warna

tubuh, peningkatan produksi mukus, luka atau abrasi kulit, perdarahan, kerusakan sirip, *exophthalmia*, serta pembengkakan abdomen. Pada ikan nila, misalnya, infeksi bakteri *Streptococcus* spp. dapat menyebabkan perubahan perilaku berenang, kehilangan keseimbangan, letargi, anoreksia, exophthalmia, kekeruhan kornea, perdarahan, serta perubahan patologis pada organ internal. Haenen *et al*. (2023) menjelaskan bahwa *streptococcosis* merupakan salah satu penyakit bakteri utama pada ikan nila dan manifestasi klinisnya dapat berbeda bergantung pada spesies bakteri, kondisi inang, serta tingkat keparahan infeksi. Selain itu, infeksi *Aeromonas hydrophila* dapat berkembang menjadi *septicemia* yang ditandai dengan perdarahan dan lesi pada kulit serta gangguan organ internal. Variasi gejala tersebut menunjukkan bahwa manifestasi klinis penyakit ikan merupakan hasil interaksi antara patogen, respons imun ikan, dan kondisi lingkungan, sehingga satu gejala tertentu tidak selalu dapat digunakan untuk menentukan agen penyebab secara spesifik.

Penyebab penyakit pada ikan dapat berasal dari agen infeksius, terutama bakteri, virus, parasit, dan jamur, serta faktor noninfeksius seperti kualitas air yang buruk, perubahan suhu, kepadatan tebar tinggi, nutrisi yang tidak mencukupi, dan stres akibat pengelolaan budidaya. Faktor lingkungan tersebut berperan penting karena stres dapat menurunkan kondisi fisiologis dan kemampuan pertahanan ikan sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi. Keberadaan bakteri patogen saja tidak selalu menyebabkan penyakit, tetapi penyakit sering berkembang ketika kondisi lingkungan dan status fisiologis ikan memungkinkan terjadinya infeksi. Pada penyakit parasitik, gejala dapat lebih spesifik, seperti infeksi *Ichthyophthirius multifiliis* yang menyebabkan munculnya bintik-bintik putih berukuran hingga sekitar 1 mm pada kulit dan sirip ikan. Organisme penyebab *ichthyophthiriasis* merupakan protozoa bersilia

yang memiliki siklus hidup langsung, sehingga dalam kondisi lingkungan yang sesuai dapat berkembang dengan cepat dan menyebabkan mortalitas tinggi pada populasi ikan (Buchmann, 2022). Penyakit yang disebabkan oleh virus juga dapat menghasilkan kombinasi gejala klinis yang menyerupai penyakit bakteri atau parasitik sehingga diperlukan pemeriksaan laboratorium untuk memastikan penyebabnya. Salah satu contoh penyakit lainnya yang disebabkan oleh virus adalah *Tilapia lake virus* (TiLV), yaitu virus RNA yang menyebabkan penyakit sistemik pada ikan nila dengan gejala klinis meliputi anoreksia, exophthalmia, abrasi kulit, perdarahan, perubahan warna tubuh, serta kerusakan jaringan dan organ internal (He *et al*., 2023). Penyakit TiLV juga memiliki konsekuensi epidemiologis yang serius karena dilaporkan dapat menyebabkan mortalitas hingga sekitar 90% pada populasi ikan yang terdampak (Lakshmi *et al*., 2023).

1.3 Identifikasi Penyakit Ikan

Pemilihan metode identifikasi penyakit ikan harus mempertimbangkan jenis patogen, tujuan pemeriksaan, sensitivitas dan spesifisitas diagnostik, serta kondisi sampel yang diperiksa (Islam *et al*., 2024). Identifikasi penyakit pada ikan pada tahap awal umumnya diawali dengan pemeriksaan klinis dan pemeriksaan patologis, yang bertujuan untuk mengenali perubahan kondisi ikan dan menentukan kemungkinan organ atau jaringan yang mengalami gangguan. Pemeriksaan klinis dilakukan melalui pengamatan perilaku ikan, nafsu makan, pola renang, respons terhadap rangsangan, perubahan warna tubuh, kondisi kulit dan sirip, adanya lesi atau luka, pembengkakan, serta perubahan bentuk organ luar. Pemeriksaan kemudian dapat dilanjutkan dengan pengamatan internal dan histopatologi melalui preparasi jaringan, sehingga perubahan mikroskopis seperti

degenerasi sel, nekrosis, peradangan, hiperplasia, maupun kerusakan struktur organ dapat diidentifikasi. Selain itu, pemeriksaan mikroskopis secara langsung menggunakan preparat basah atau *wet mount* dapat digunakan untuk mendeteksi ektoparasit dan organisme penyebab penyakit tertentu. Meskipun metode konvensional tersebut relatif sederhana dan penting untuk memberikan gambaran awal mengenai status kesehatan ikan, hasilnya sering kali belum dapat digunakan untuk memastikan spesies atau agen penyebab penyakit secara spesifik. Pemeriksaan klinis dan histopatologi umumnya perlu dikombinasikan dengan metode diagnostik lainnya untuk memperoleh diagnosis yang lebih akurat (Johny *et al*., 2022).

Metode berikutnya adalah identifikasi mikrobiologis dan imunologis, terutama untuk penyakit yang disebabkan oleh bakteri, virus, maupun agen infeksius lainnya. Pada pemeriksaan mikrobiologis, sampel jaringan atau organ ikan yang menunjukkan gejala penyakit dapat digunakan untuk isolasi dan kultur mikroorganisme pada media yang sesuai, kemudian dilanjutkan dengan karakterisasi berdasarkan morfologi koloni, pewarnaan, karakteristik biokimia, dan identifikasi spesies. Metode imunologis seperti ELISA, imunofluoresensi, imunohistokimia, dan *lateral flow immunoassay* dapat digunakan untuk mendeteksi antigen patogen atau antibodi yang terbentuk sebagai respons terhadap infeksi (Mahmud *et al*., 2025; Hayat *et al*., 2026). Keunggulan pendekatan imunologis adalah kemampuannya mendeteksi target tertentu tanpa selalu memerlukan kultur patogen, sedangkan metode kultur memberikan peluang untuk memperoleh isolat yang selanjutnya dapat digunakan untuk karakterisasi dan pengujian lebih lanjut. Namun, metode konvensional dan imunologis memiliki keterbatasan, antara lain kebutuhan waktu untuk pertumbuhan patogen, sensitivitas yang dapat dipengaruhi oleh jumlah agen infeksius, serta kemungkinan terjadinya reaksi silang.

Pendekatan diagnostik modern dapat digunakan untuk mempercepat identifikasi penyakit, mendukung surveilans, mendeteksi infeksi subklinis, serta membantu pengambilan keputusan pengendalian penyakit di lingkungan budidaya. Perkembangan teknologi diagnostik selanjutnya mendorong penggunaan metode biologi molekuler seperti PCR, *real-time quantitative* PCR (qPCR), RT-PCR, multiplex PCR, LAMP, serta droplet digital PCR (ddPCR) (Abdelsalam *et al*., 2023). Metode tersebut bekerja dengan mendeteksi materi genetik patogen sehingga dapat memberikan identifikasi yang lebih spesifik dan sensitif dibandingkan beberapa metode konvensional. PCR dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan patogen dari jaringan ikan, termasuk pada ikan yang belum menunjukkan gejala klinis, sedangkan qPCR memungkinkan deteksi sekaligus estimasi jumlah target genetik berdasarkan nilai cycle threshold (Ct). Perkembangan yang lebih baru juga memungkinkan penggunaan eDNA/eRNA dan *metabarcoding* untuk mendeteksi keberadaan patogen dari sampel lingkungan tanpa harus mengambil jaringan ikan secara langsung. Sementara itu, ddPCR memiliki potensi yang kuat untuk deteksi patogen ikan karena kemampuannya dalam hal kuantifikasi target lebih presisi tanpa memerlukan kurva standar (Sumon *et al*., 2024).

1.4 Pencegahan dan Pengobatan Penyakit Ikan

Pencegahan penyakit ikan tidak hanya berorientasi pada pemberantasan patogen setelah terjadi wabah, tetapi diarahkan pada mencegah masuknya patogen, meningkatkan ketahanan ikan, dan menciptakan lingkungan budidaya yang tidak mendukung perkembangan penyakit. Pencegahan penyakit ikan perlu dilakukan melalui pendekatan manajemen kesehatan ikan secara terpadu, dengan menitikberatkan pada biosekuriti, pengelolaan kualitas air, penggunaan benih yang sehat, pemantauan kesehatan secara

berkala, pengurangan stres, serta penerapan vaksinasi dan probiotik. Biosekuriti merupakan langkah penting untuk mencegah masuk dan menyebarnya patogen melalui air, benih, peralatan, manusia, maupun organisme pembawa penyakit; penerapannya mencakup karantina, sanitasi peralatan, pengaturan lalu lintas ikan dan personel, serta pemantauan kesehatan dan kualitas lingkungan secara rutin. Studi pada usaha budidaya ikan menunjukkan bahwa kesenjangan penerapan biosekuriti masih menjadi salah satu faktor yang berhubungan dengan kejadian penyakit dan kematian ikan (Aly & Fathi, 2024). Selain biosekuriti, vaksinasi merupakan strategi preventif karena dapat merangsang respons imun spesifik terhadap patogen tertentu dan mengurangi ketergantungan terhadap antibiotik. Perkembangan vaksin konvensional, rekombinan, DNA, multivalen, hingga vaksin berbasis nanopartikel dapat meningkatkan perlindungan ikan terhadap penyakit bakteri dan virus (Tammas *et al*., 2024). Penggunaan probiotik juga dapat mendukung pencegahan melalui modulasi mikrobiota, kompetisi dengan mikroorganisme patogen, peningkatan respons imun, serta perbaikan kualitas lingkungan pemeliharaan (Fachri *et al*., 2024).

Pengobatan penyakit ikan harus diawali dengan identifikasi atau diagnosis penyebab penyakit secara tepat, karena pemilihan terapi harus disesuaikan dengan agen penyebab, tingkat keparahan infeksi, kondisi ikan, dan karakteristik sistem budidaya. Penggunaan antibiotik atau bahan kimia tidak seharusnya dilakukan secara sembarangan karena penggunaan yang tidak tepat dapat mendorong perkembangan resistensi antimikroba, mengganggu mikrobiota ikan dan lingkungan, serta meningkatkan risiko residu pada produk perikanan. Pendekatan pengobatan modern semakin diarahkan pada penggunaan terapi alternatif dan komplementer, seperti probiotik, prebiotik, simbiotik, fitobiotik atau ekstrak tanaman obat, bakteriofag,

peptida antimikroba, serta terapi berbasis imunostimulan (Elgendy *et al*., 2024). Probiotik, misalnya, dapat membantu mengendalikan penyakit melalui kompetisi dengan patogen, produksi senyawa antimikroba, dan modulasi sistem imun ikan. Hasil penelitian Ntakirutimana *et al.* (2025) melaporkan bahwa kelompok bakteri *Bacillus* dan *Lactobacillus* merupakan kandidat probiotik untuk pengelolaan penyakit ikan secara berkelanjutan. Kombinasi probiotik dan bahan herbal berpotensi memberikan efek preventif sekaligus terapeutik terhadap penyakit ikan, seperti ditunjukkan pada penelitian terhadap penyakit nokardiosis (Li *et al*., 2026). Pengobatan penyakit ikan idealnya menerapkan prinsip diagnosis tepat, terapi spesifik, evaluasi respons pengobatan, perbaikan manajemen lingkungan, dengan antibiotik digunakan secara rasional dan berdasarkan kebutuhan serta pertimbangan resistensi antimikroba.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelsalam, M., Elgendy, M. Y., Elfadadny, M. R., Ali, S. S., Sherif, A. H., & Abolghait, S. K. (2023). A review of molecular diagnoses of bacterial fish diseases. *Aquaculture International*, 31(1), 417-434.

Aly, S. M., & Fathi, M. (2024). Advancing aquaculture biosecurity: a scientometric analysis and future outlook for disease prevention and environmental sustainability. *Aquaculture International*, 32(7), 8763-8789.

Buchmann, K. (2022). Control of parasitic diseases in aquaculture. *Parasitology*, 149(14), 1985-1997.

Camberos-Solano, M., & Soto-Rodriguez, S. A. (2026). Toxin secretion systems used by marine pathogenic bacteria: a review. *Journal of Fish Diseases*, e70194.

Cascarano, M. C., Stavrakidis-Zachou, O., Mladineo, I., Thompson, K. D., Papandroulakis, N., & Katharios, P. (2021). Mediterranean aquaculture in a changing climate: temperature effects on pathogens and diseases of three farmed fish species. *Pathogens*, 10(9), 1205.

Chong, C. M., Lee, P. T., Rakus, K., & Wangkahart, E. (2023). The epidemiologic triads in aquaculture: host, pathogen and environment. *Frontiers in Immunology*, 14, 1305784.

Cui, J. R., Lai, Q. F., & Li, Y. H. (2026). Mechanisms of Fish Intestinal Damage Under Environmental Stress: Insights from Carbonate Saline–Alkali Water Perspective. *Reviews in Aquaculture*, 18(1), e70118.

Elgendy, M. Y., Ali, S. E., Dayem, A. A., Khalil, R. H., Moustafa, M. M., & Abdelsalam, M. (2024). Alternative therapies recently applied in controlling farmed fish diseases: mechanisms, challenges, and prospects. *Aquaculture International*, 32(7), 9017-9078.

Evan, Y., & Putri, N. E. (2021). Status of aquatic animal health in Indonesia. In *Proceedings of the International Workshop on the Promotion of Sustainable Aquaculture, Aquatic Animal Health, and Resource Enhancement in Southeast Asia* (pp. 138-149). Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.

Fachri, M., Amoah, K., Huang, Y., Cai, J., Alfatat, A., Ndandala, C. B., Shija, V. M., Jin, X., Bissih, F., & Chen, H. (2024). Probiotics and paraprobiotics in aquaculture: a sustainable strategy for enhancing fish growth, health and disease prevention-a review. *Frontiers in Marine Science*, 11, 1499228.

Fusianto, C., Hick, P. M., Herlambang, A., Whittington, R. J., & Becker, J. A. (2021). Outbreak investigation attributes infectious spleen and kidney necrosis virus as a necessary cause of a mortality epidemic in farmed grouper (*Epinephelus* spp.) in Bali, Indonesia. *Aquaculture Reports*, 20, 100723.

Gnanagobal, H., & Santander, J. (2022). Host–pathogen interactions of marine gram-positive bacteria. *Biology*, 11(9), 1316.

Haenen, O. L., Dong, H. T., Hoai, T. D., Crumlish, M., Karunasagar, I., Barkham, T., Chen, S. L., Zadoks, L., Kiermeier, A., Wang, B., Gamarro, E. G., Takeuchi, M., Azmai, M. N. A., Fouz, B., Pakingking Jr., R., Wei, Z. W., & Bondad-Reantaso, M. G. (2023). Bacterial diseases of tilapia, their zoonotic potential and risk of antimicrobial resistance. *Reviews in Aquaculture*, 15, 154-185.

Hayat, S., Haque, M. E., Sadekuzzaman, M., Karmakar, S., Islam, M. A., Hossain, M. T., & Islam, M. A. (2026). A comprehensive review of lateral flow assays in rapid livestock and poultry disease diagnostics. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 13(1), 284.

He, T., Zhang, Y. Z., Gao, L. H., Miao, B., Zheng, J. S., Pu, D. C., Zhang, Q. Q., Zeng, W. W., Wang, D. S., Su, S. Q., & Zhu, S. (2023). Identification and pathogenetic study of tilapia lake virus (TiLV) isolated from naturally diseased tilapia. *Aquaculture*, 565, 739166.

Islam, S. I., Ahammad, F., & Mohammed, H. (2024). Cutting-edge technologies for detecting and controlling fish diseases: Current status, outlook, and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(2), e13051.

Johny, T. K., Swaminathan, T. R., Sood, N., Pradhan, P. K., & Lal, K. K. (2022). A panoptic review of techniques for finfish disease diagnosis: The status quo and future perspectives. *Journal of Microbiological Methods*, 196, 106477.

Lakshmi, S., Smith, D., Dong, H. T., Thompson, K. D., & Elumalai, P. (2023). Tilapia lake virus disease: Vaccine strategies to control the threat to tilapia aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 15(4), 1590-1599.

Li, W., Wu, Y., Su, Q., Kang, X., Li, Y., Ning, D., Xu, A., You, X., Huang, T., Chen, J., & Lu, Y. (2026). Efficacy of a probiotic fermented herb in the prevention and treatment of fish nocardiosis. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1728878.

Mahmud, M. N., Ansary, A. A., Ritu, F. Y., Hasan, N. A., & Haque, M. M. (2025). An overview of fish disease diagnosis and treatment in aquaculture in Bangladesh. *Aquaculture Journal*, 5(4), 18.

Mekasha, S., & Linke, D. (2021). Secretion systems in Gram-negative bacterial fish pathogens. *Frontiers in Microbiology*. 12, 782673

Meyer, A., Lusiastuti, A. M., Dharmayanti, N. I., Peeler, E. J., Kennerley, A., Nuradji, H., & Rushton, J. (2026). Field application of aquatic disease burden estimation to the shrimp grow-out sector in Indonesia. *Aquaculture*, 744070.

Ntakirutimana, R., Rahiman, K. M., Farhath, A. A., Lovejan, M., & Jijina, M. P. (2025). From antibiotics to probiotics: sustainable disease management in Nile Tilapia aquaculture. *Advanced Gut & Microbiome Research*, 2025(1), 5144977.

Sulaiman, P. S., Rachmawati, P. F., Puspasari, R., & Wiadnyana, N. N. (2020). Upaya pencegahan dan penanggulangan kematian massal ikan di danau dan waduk. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 12(2), 59-73.

Sumon, M. A. A., Meregildo-Rodriguez, E. D., Lee, P. T., Dinh-Hung, N., Larson, E. T., Permpoonpattana, P., Doan, H. V., Jung, W. K., & Linh, N. V. (2024). Droplet digital PCR for fish pathogen detection and quantification: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Fish Diseases*, 47(12), e14019.

Tammas, I., Bitchava, K., & Gelasakis, A. I. (2024). Transforming aquaculture through vaccination: A review on recent developments and milestones. *Vaccines*, 12(7), 732.

Zhang, K., Ye, Z., Qi, M., Cai, W., Saraiva, J. L., Wen, Y., Liu, G., Zhu, Z., Zhu, S., & Zhao, J. (2025). Water quality impact on fish behavior: a review from an aquaculture perspective. *Reviews in Aquaculture*, 17(1), e12985.

Zhuang, L., Song, C., Wei, Y., Han, J., Ni, L., Ruan, C., & Zhang, W. (2025). Transcriptome analysis reveals the molecular mechanism of *Pseudomonas* with different adhesion abilities on Tilapia decay. *Foods*, 14(5), 795.

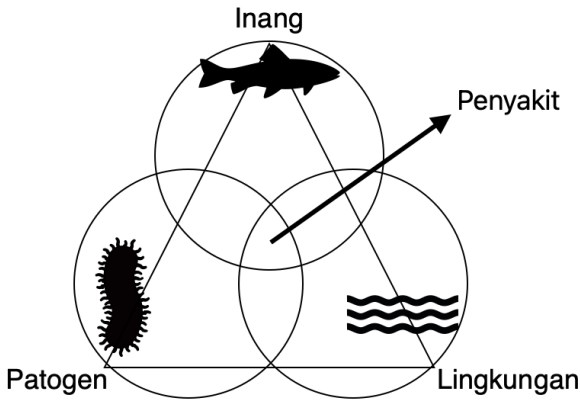
BAB 2

FAKTOR PENYEBAB PENYAKIT PADA IKAN

Oleh Linuwih Aluh Prastiti

Penyakit pada ikan budidaya tidak muncul akibat satu sebab tunggal, melainkan hasil dari interaksi dinamis antara tiga komponen utama, yaitu inang, patogen, dan lingkungan. Munculnya penyakit pada sistem budidaya perairan pada dasarnya adalah hasil dari ketidakseimbangan dalam triad epidemiologi tersebut, sebagaimana dikemukakan oleh Chong *et al*. (2023). Penyakit ikan dapat didefinisikan sebagai disfungsi homeostasis yang melibatkan interaksi antara inang dengan respons imun yang melemah, patogen dengan tingkat virulensi tertentu, serta lingkungan yang mengalami fluktuasi parameter kualitas air.

Implikasi penting dari kerangka ini adalah bahwa keberadaan patogen saja tidak serta-merta menimbulkan penyakit. Penyakit baru muncul ketika kondisi lingkungan memburuk sehingga melemahkan daya tahan tubuh inang dan sekaligus meningkatkan virulensi patogen. Pemahaman ini menjadi dasar bagi pembagian faktor penyebab penyakit ikan ke dalam empat kelompok besar yang akan dibahas pada bagian-bagian berikut: faktor biotik (patogen), faktor abiotik (lingkungan), faktor inang, dan faktor manajemen budidaya (Hamalik, 2020).



Gambar 2. 1 Diagram Interaksi Penyebab Penyakit
(Sumber : Prastiti *et al*. 2025)

2.1 Faktor Biotik

Faktor biotik merujuk pada keberadaan organisme penyebab penyakit (patogen) yang menyerang tubuh ikan. Penyakit ikan dapat dikelompokkan berdasarkan jenis jasad biologik penyebabnya, yang meliputi bakteri, virus, parasit, dan jamur. Penyakit yang disebabkan oleh jasad biologik ini disebut juga penyakit infeksi, karena dapat dipindahsebarkan dari satu individu ikan ke individu lainnya melalui berbagai cara, termasuk melalui media air (Hamalik, 2020).

2.1.1 Bakteri

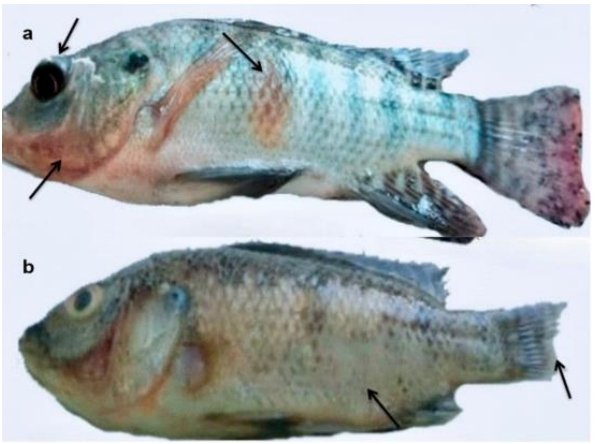
Di antara berbagai agen biotik, bakteri *Aeromonas hydrophila* adalah yang paling sering dijumpai pada budidaya ikan air tawar di Indonesia. Bakteri Gram-negatif dari famili *Aeromonadaceae* ini tersebar luas di ekosistem perairan dan dikenal sebagai penyebab utama penyakit *Motile Aeromonas Septicemia (*MAS) pada ikan. Gejala klinis yang ditimbulkannya cukup khas, mulai dari pendarahan pada permukaan tubuh dan luka borok,

hingga sirip yang rusak serta perut yang membengkak, dan apabila tidak segera ditangani dapat berujung pada kematian massal.

Tingkat keganasan penyakit ini cukup tinggi. Pada budidaya ikan mas dan golongan catfish seperti lele dan patin, infeksi *Aeromonas hydrophila* dilaporkan dapat menyebabkan kematian hingga mencapai 80% hanya dalam kurun waktu satu hingga dua minggu. Tingkat keparahan tersebut juga tidak seragam antarisolat. Pengujian postulat Koch pada sembilan isolat *A. hydrophila* yang diisolasi dari ikan patin di Balai Perikanan Budidaya Air Tawar Mandiangin menunjukkan adanya perbedaan virulensi yang jelas antarisolat, dengan rerata waktu kematian ikan uji berkisar antara sekitar 1.687 hingga 2.139 menit, sehingga sebagian isolat terbukti jauh lebih patogenik daripada isolat lainnya dari spesies yang sama

Mengapa bakteri ini begitu mudah menimbulkan wabah di lapangan? Jawabannya terletak pada interaksi dengan kondisi budidaya. Semwal *et al*. (2023) menjelaskan bahwa kombinasi berbagai faktor virulensi menjadikan *A. hydrophila* salah satu bakteri paling agresif dalam sistem budidaya ikan air tawar, terutama pada kondisi padat tebar tinggi yang disertai manajemen kualitas air yang kurang baik. Temuan lapangan turut mengonfirmasi pola ini. Survei pada kolam-kolam budidaya ikan nila di Kabupaten Minahasa Utara menemukan bahwa seluruh lokasi sampling yang diperiksa positif terinfeksi *Aeromonas* sp., sementara uji diagnostik makroskopik dan biokimia pada ikan nila yang menunjukkan luka tubuh juga mengonfirmasi *Aeromonas hydrophila* sebagai patogen oportunistik penyebab infeksi (Bahariyanto *et al*., 2025). Istilah "oportunistik" di sini penting digarisbawahi, sebab bakteri ini umumnya sudah ada di lingkungan budidaya

dalam jumlah kecil dan baru memicu penyakit ketika kondisi inang dan lingkungan memberinya kesempatan.



Gambar 2. 2 Ikan nila yang Terinfeksi *A. Hydrophila* (a), Lesi Hemoragik Pada Kulit, Pendarahan di Daerah Operkular dan Eksoftalmia (b), Kehilangan Sisik dan Erosi Ekor

(Sumber : Shabana *et al*. 2025)

2.1.2 Virus

Penyakit virus pada ikan budidaya memiliki sejarah yang panjang dan merugikan di Indonesia, dengan Koi Herpes Virus (KHV) sebagai contoh paling dikenal. Wabah KHV pertama kali tercatat di Blitar, Jawa Timur, pada awal tahun 2002, dan dalam waktu singkat telah menyebar ke seluruh wilayah Jawa dan Bali. Virus DNA dari famili Alloherpesviridae ini bersifat akut dan ganas, mampu menimbulkan kematian massal dan mendadak pada ikan mas dan koi, bahkan dapat membunuh ikan hanya dalam waktu satu hingga dua hari setelah infeksi muncul. Sejak kemunculannya, KHV diperkirakan telah menyebabkan kerugian hingga ratusan miliar rupiah

bagi sentra-sentra budidaya ikan mas dan koi di Indonesia.

Menariknya, kerentanan ikan terhadap KHV tidak bersifat tetap, melainkan dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pemeliharaan. Penelitian Astuti dkk. dalam kajian Teknik Pengendalian Penyakit KHV pada Ikan Mas melalui Manipulasi Lingkungan menemukan bahwa suhu, salinitas, serta kombinasi keduanya berpengaruh nyata terhadap daya tahan ikan yang terserang KHV. Temuan ini sejalan dengan prinsip umum bahwa manipulasi parameter lingkungan dapat menjadi salah satu strategi mitigasi dampak infeksi virus, bukan hanya pencegahan masuknya virus itu sendiri. Deteksi dini KHV di lapangan kini umumnya dilakukan melalui teknik Polymerase Chain Reaction (PCR).

Pada komoditas ikan air laut, ancaman virus datang dalam bentuk yang berbeda. Megalocytivirus tercatat sebagai penyebab penyakit pada budidaya ikan kerapu, dengan deteksi yang juga dilakukan melalui metode PCR (Wahyudi *et al*., 2022), sementara Viral Nervous Necrosis (VNN) yang disebabkan oleh Nodavirus umum menyerang ikan kerapu, kakap putih, dan beberapa jenis ikan laut lainnya. Kedua kasus ini menegaskan bahwa ancaman virus pada budidaya ikan tidak terbatas pada satu jenis komoditas atau satu lingkungan budidaya saja, melainkan menyesuaikan dengan jenis ikan dan sistem budidaya yang diterapkan.

2.1.3 Parasit

Parasit pada ikan timbul akibat interaksi antara ikan dengan organisme lain yang terdapat di perairan, dan luka atau borok pada tubuh ikan yang tidak segera diatasi dapat menjadi jalan masuk bagi timbulnya infestasi parasit lebih lanjut. Ektoparasit, yaitu parasit yang menyerang permukaan tubuh, sirip, dan insang,

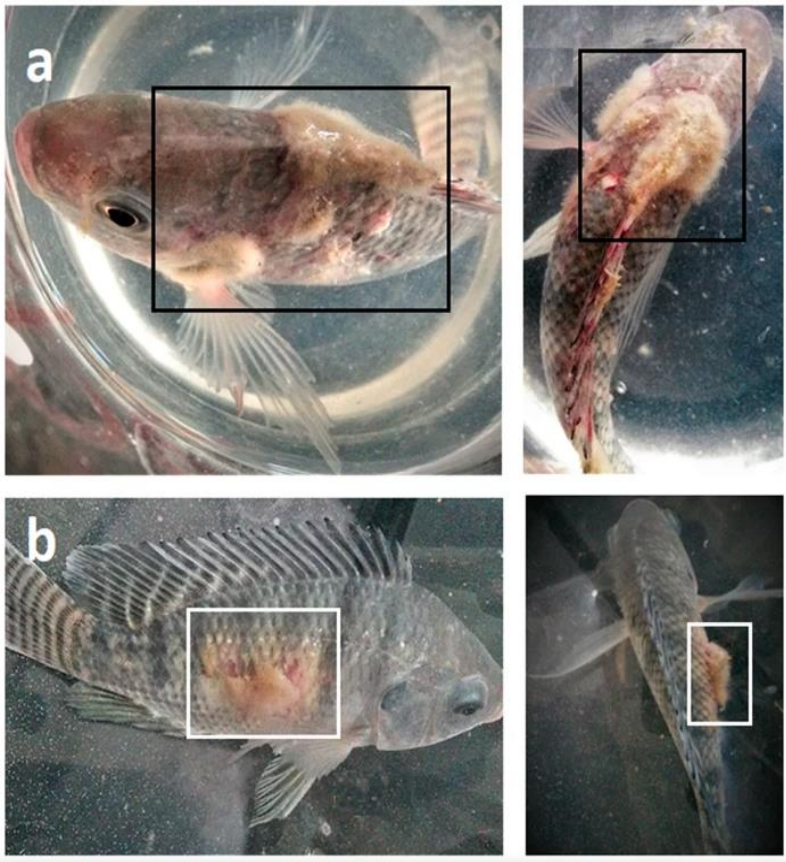
merupakan kelompok yang paling sering dilaporkan pada budidaya ikan air tawar Indonesia, dengan jenis-jenis yang umum dijumpai antara lain *Trichodina* sp., *Dactylogyrus* sp., *Gyrodactylus* sp., dan *Argulus* sp.

Yang menarik dari ektoparasit ini adalah kecenderungannya untuk berasosiasi dengan kondisi habitat tertentu, bukan muncul secara acak. Sebuah identifikasi pada ikan nila menemukan bahwa Trichodina sp. lebih umum dijumpai di kolam tanah dengan aliran air lambat dan kualitas air yang buruk, sementara *Gyrodactylus* sp. justru berkembang biak lebih cepat di kolam terpal dengan kedalaman air yang terbatas, dan Argulus sp. lebih menyerang ikan pada kolam dengan kualitas air yang stagnan. Pola asosiasi habitat semacam ini menegaskan bahwa prevalensi dan perkembangan ektoparasit berkaitan erat dengan faktor lingkungan seperti suhu, salinitas, dan kepadatan ikan.

Tingkat keparahan infestasi juga bervariasi menurut jenis dan varietas ikan. Studi pada benih ikan koi di sentra budidaya Kabupaten Blitar menemukan lima jenis ektoparasit, yaitu *Lernaea* sp., *Argulus* sp., *Trichodina* sp., *Dactylogyrus* sp., dan *Gyrodactylus* sp., dengan prevalensi tertinggi pada varietas Ogon yang mencapai 66,6% dengan kategori infeksi sangat sering. Pada ikan nila di Lombok Timur, prevalensi Dactylogyrus sp. yang menginfeksi insang tercatat mencapai 32,05%, sementara protozoa *Trichodina* sp. bahkan lebih tinggi pada angka 38%. Studi lain pada benih ikan mas mencatat prevalensi *Trichodina* sp. yang mencapai 100% pada salah satu kolam yang diteliti, dengan kategori infeksi selalu. Rangkaian temuan ini menunjukkan bahwa ektoparasit, meski sering dianggap masalah ringan dibandingkan infeksi bakteri atau virus, dapat menjangkiti hampir seluruh populasi ikan pada kondisi kolam tertentu.

2.1.3 Jamur (Fungi)

Berbeda dari bakteri, virus, dan parasit yang umumnya bersifat sebagai infeksi primer, infeksi jamur pada ikan lebih sering muncul sebagai infeksi sekunder, yaitu menyerang ikan yang sebelumnya sudah mengalami infeksi bakteri, virus, atau infestasi parasit. Jamur dari genus *Saprolegnia*, khususnya spesies *Saprolegnia parasitica*, *Saprolegnia diclina*, dan *Saprolegnia ferax*, merupakan agen penyebab penyakit yang dikenal dengan nama saprolegniasis atau fish mold, dengan ciri khas berupa bercak menyerupai kapas berwarna putih pada kepala, sirip anal, dan sirip caudal ikan.



Gambar 2. 3 Ikan Nila yang Terinfeksi *S. Parasitica* Secara Eksperimental Menunjukkan Tanda-Tanda Infeksi Parah (Kotak Hitam) Dan Sedang (Kotak Putih)

(Sumber : Ali *et al*. 2019)

Karena sifatnya sebagai infeksi sekunder, serangan *Saprolegnia* sp. erat berkaitan dengan kondisi lingkungan yang sudah memburuk lebih dulu. Serangan jamur ini umumnya dipicu oleh rendahnya kualitas air, kurangnya nutrisi pada ikan, padat tebar yang terlalu tinggi, serta temperatur air yang tidak optimal. Pada

benih ikan mas yang terinfeksi, tingkat kematian tercatat meningkat signifikan apabila infeksi *Saprolegnia* sp. tidak segera ditangani dengan pengobatan yang tepat (Yasani *et al*., 2024). Berbeda dari Saprolegnia yang umumnya menyerang ikan dewasa atau benih yang terluka, jamur ini juga dapat menginfeksi telur ikan dan menurunkan daya tetasnya, meskipun pada ikan nila infeksi pada telur tergolong jarang terjadi.



Gambar 2. 4Hifa *Saprolegnia* sp. yang Diisolasi dari Perairan

(Sumber : Afzali *et al*. 2013)

Selain Saprolegnia, terdapat pula jamur *Aphanomyces invadans* yang bersifat parasitik dan menjadi penyebab Epizootic Ulcerative Syndrome (EUS), sebuah penyakit yang ditandai gejala klinis berupa

benang halus menyerupai kapas pada telur atau luka eksternal ikan, disertai perubahan warna sirip dan tubuh menjadi kemerahan. Karena potensi penyebarannya yang luas antarwilayah melalui lalu lintas ikan hidup, deteksi *Aphanomyces invadans* turut menjadi perhatian khusus instansi karantina ikan di Indonesia sebagai bagian dari pencegahan masuk dan menyebarnya Hama dan Penyakit Ikan Karantina.

2.2 Faktor Abiotik

Berbeda dari faktor biotik yang menyerang ikan secara langsung, faktor abiotik bekerja secara tidak langsung, yaitu dengan menurunkan daya tahan tubuh ikan sehingga ikan menjadi lebih mudah dijangkiti patogen yang sebenarnya sudah ada di lingkungan budidaya. Air sebagai media hidup ikan memiliki sejumlah parameter penting yang saling berkaitan, di antaranya suhu, pH, oksigen terlarut, kekeruhan atau kecerahan air, salinitas, serta kandungan senyawa beracun seperti amonia dan nitrit.

Suhu air memiliki pengaruh yang sangat mendasar karena ikan tergolong hewan poikiloterm, sehingga metabolisme tubuhnya sangat bergantung pada suhu lingkungan. Perubahan suhu yang terjadi secara mendadak, misalnya pada masa transisi dari musim kemarau ke musim hujan, dapat mengganggu keseimbangan ekosistem kolam dan menurunkan daya tahan tubuh ikan, sehingga ikan dengan kondisi tubuh yang sudah lemah menjadi lebih mudah diserang penyakit.

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*/DO) merupakan parameter kunci lain yang memengaruhi berbagai aspek fisiologi ikan. Kandungan DO dalam air dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, salinitas, tekanan atmosfer, dan keberadaan bahan organik yang terdekomposisi. Ketika kadar oksigen terlarut rendah, ikan akan tampak megap-

megap di permukaan air sebagai respons fisiologis terhadap kekurangan oksigen.

Senyawa nitrogen seperti amonia dan nitrit juga berperan penting dalam menurunkan ketahanan ikan terhadap penyakit. Amonia yang tinggi dapat merusak jaringan insang sekaligus menekan sistem kekebalan tubuh ikan. Pada konsentrasi yang lebih rendah pun, senyawa-senyawa beracun ini tetap dapat menimbulkan stres kronis yang menurunkan daya tahan tubuh, sehingga peluang terjadinya infeksi semakin besar. Secara mekanistik, keracunan nitrit terjadi karena penyerapan nitrit melalui insang bersaing langsung dengan penyerapan ion-ion penting lain yang dibutuhkan tubuh ikan, sehingga mengganggu fungsi fisiologis normal pada ikan

Seluruh parameter lingkungan ini tidak bekerja sendiri-sendiri, melainkan saling memengaruhi. Kondisi lingkungan budidaya merupakan faktor penting yang memengaruhi tingkat kerentanan ikan terhadap penyakit, karena parameter seperti suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, serta kadar amonia, nitrit, dan fosfat memiliki hubungan yang erat dengan sistem imun ikan. Pada skala yang lebih luas, perubahan iklim turut memperburuk kondisi ini, karena kenaikan suhu air dapat mempercepat penyebaran penyakit ikan secara keseluruhan, sebagaimana dikemukakan oleh (Okon *et al*. 2024).

2.3 Faktor Inang

2.3.1 Genetik dan Ketahanan Terhadap Penyakit

Tidak semua ikan memiliki kerentanan yang sama terhadap penyakit, dan sebagian dari perbedaan ini ditentukan oleh faktor genetik bawaan. Upaya memanfaatkan variasi genetik ini dilakukan melalui program seleksi dan pemuliaan (selective breeding),

yang menghasilkan benih dengan pertumbuhan cepat sekaligus tahan terhadap penyakit tertentu. Benih unggul dalam konteks ini didefinisikan sebagai benih yang telah lolos proses screening terhadap penyakit tertentu, misalnya Koi Herpes Virus pada ikan mas, melalui teknik PCR di tingkat hatchery.

Salah satu contoh konkret penerapan pendekatan ini di Indonesia adalah pengembangan strain ikan mas Rajadanu yang relatif tahan terhadap Koi Herpes Virus. Pengembangan strain ini dilakukan melalui seleksi karakter pertumbuhan yang dikaitkan dengan marka molekuler gen Major Histocompatibility Complex class II (MHC-II) pada populasi dasar ikan mas. Pendekatan berbasis marka molekuler semacam ini memungkinkan pembudidaya melakukan seleksi yang lebih presisi dibandingkan seleksi konvensional yang hanya mengandalkan pengamatan fenotipe, karena ketahanan terhadap penyakit sering kali tidak terlihat secara visual sebelum ikan benar-benar terpapar patogen.

Pada skala yang lebih maju, integrasi genomik dalam program pemuliaan ikan kini mulai memberikan hasil yang signifikan secara global. Studi pada salmon Atlantik dan tilapia menunjukkan bahwa integrasi data genetika dalam seleksi mampu meningkatkan pertumbuhan hingga 25% dibandingkan metode seleksi konvensional (Houston *et al*., 2020). Selain pada aspek pertumbuhan, penerapan teknologi ‘omics’ seperti genomik, transkriptomik, dan proteomik turut memungkinkan deteksi dini terhadap respons stres, infeksi patogen, dan ketidakseimbangan nutrisi pada ikan budidaya (Su, 2023). Dengan kata lain, faktor genetik bukan hanya menentukan ketahanan ikan secara pasif, tetapi juga

membuka peluang deteksi dini gangguan kesehatan secara aktif sebelum gejala klinis benar-benar muncul.

2.3.2 Status Imunitas dan Stres pada Ikan

Status imunitas ikan berhubungan sangat erat dengan kondisi stres yang dialaminya. Ikan yang mengalami stres akan menunjukkan respons primer berupa pelepasan hormon stres, yaitu kortisol dan katekolamin (adrenalin dan epinefrin), ke aliran darah melalui sistem endokrin, yang kemudian diikuti oleh respons sekunder berupa perubahan komposisi darah, salah satunya peningkatan kadar gula darah. Mekanisme fisiologis ini melibatkan dua sumbu hormonal utama, yaitu sumbu hypothalamus-pituitary-interrenal (HPI), yang menghasilkan hormon kortikosteroid terutama kortisol, serta sumbu yang menghasilkan hormon katekolamin (Widiantari *et al*., 2023).

Secara fisiologis, mekanisme respons stres ini melibatkan dua sumbu hormonal utama dalam tubuh ikan. Sumbu hypothalamus-pituitary-interrenal (HPI) menghasilkan hormon kortikosteroid, terutama kortisol, sementara sumbu lainnya menghasilkan hormon katekolamin (Widiantari *et al*., 2023). Manajemen pemeliharaan yang kurang baik, baik dari sisi kondisi lingkungan maupun perlakuan langsung terhadap ikan, dapat memicu aktivasi kedua sumbu ini, yang pada gilirannya memengaruhi proses pertumbuhan, reproduksi, hingga mengancam kelangsungan hidup ikan secara keseluruhan

Bagian yang barangkali paling penting untuk dipahami pembudidaya adalah bahwa hubungan antara stres dan kerentanan terhadap infeksi bersifat dua arah dan justru saling memperkuat satu sama lain, bukan sekadar hubungan

sebab-akibat satu arah. Kehadiran hormon katekolamin dan kortikosteroid akibat stres pada sistem peredaran darah inang berperan sebagai sinyal bagi bakteri patogen, seperti *Aeromonas hydrophila* yang umum ditemukan dalam akuakultur, untuk memulai proses infeksinya (Widiantari *et al*., 2023). Dengan demikian, kondisi stres pada inang tidak hanya menurunkan pertahanan tubuh ikan secara pasif, tetapi secara aktif dapat mempengaruhi metabolisme, pertumbuhan, dan bahkan virulensi bakteri patogen itu sendiri (Widiantari *et al*., 2023). Implikasi praktisnya jelas: mengelola tingkat stres ikan bukan sekadar soal kenyamanan, melainkan bagian inti dari strategi pencegahan penyakit itu sendiri.

2.4 Faktor Manajemen Budidaya

2.4.1 Kepadatan Tebar (*Stocking Density*)

Kepadatan tebar yang tinggi secara luas dianggap sebagai salah satu sumber stres utama pada ikan budidaya (Wu *et al*., 2018). Pengaruhnya tidak terbatas pada satu aspek saja, melainkan menyebar ke berbagai dimensi fisiologi dan perilaku ikan. Peningkatan padat tebar tercatat memengaruhi perilaku ikan, fungsi imun, fungsi darah, laju pertumbuhan, tingkat kelangsungan hidup, serta efisiensi pemanfaatan pakan. Salah satu konsekuensi yang paling merugikan secara ekonomi adalah meningkatnya interaksi agresif antarindividu dan sifat kanibalisme pada padat tebar tinggi.

Mekanisme di balik dampak buruk padat tebar tinggi ini saling berkaitan satu sama lain. Hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat kepadatan yang digunakan, yang bahkan dapat mendekati batas maksimal daya dukung

lahan, sehingga budidaya pembesaran ikan secara intensif umumnya lebih berisiko terkena penyakit dibandingkan sistem ekstensif. Kepadatan tebar yang berlebih juga meningkatkan kompetisi pakan antarindividu dan memperburuk kualitas air akibat akumulasi limbah metabolik, sekaligus meningkatkan risiko luka akibat gesekan maupun agresi antarikan, yang kemudian membuka pintu masuk bagi patogen.

Karena dampaknya yang luas, penentuan padat tebar optimum menjadi salah satu keputusan manajemen paling kritis dalam budidaya. Sebagai contoh, kajian pustaka pada sistem In-Pond Raceway System (IPRS) untuk ikan nila menyimpulkan bahwa padat tebar optimum berada pada kisaran 59 hingga 77 ekor per meter kubik, yang menghasilkan tingkat kelangsungan hidup mencapai 99,85% selama periode pemeliharaan 171 hari. Angka ini menjadi pengingat bahwa padat tebar bukan sekadar soal memaksimalkan jumlah produksi per satuan luas, melainkan harus diseimbangkan dengan daya dukung sistem budidaya secara keseluruhan, termasuk kapasitas pengelolaan kualitas air dan pakan.

2.4.2 Kualitas Pakan dan Nutrisi

Pakan tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi pertumbuhan, tetapi juga menjadi penentu kekuatan sistem kekebalan tubuh ikan. Pakan yang tidak memenuhi kebutuhan nutrisi ikan dapat melemahkan sistem kekebalan, sehingga meningkatkan risiko infeksi oleh patogen yang sebenarnya sudah ada di lingkungan budidaya. Hubungan ini berjalan dua arah: pakan yang kurang memadai melemahkan imunitas, sementara peningkatan kepadatan tebar tanpa diimbangi peningkatan jumlah pakan dan kontrol kualitas air yang

memadai justru dapat menurunkan pertumbuhan ikan lebih lanjut (Nurwahidi, 2023)

Di sisi lain, pakan juga dapat dimanfaatkan secara aktif sebagai sarana pencegahan penyakit, bukan hanya sebagai faktor risiko apabila kualitasnya buruk. Pemberian bahan-bahan alami sebagai imunostimulan melalui pencampuran pakan, seperti bawang putih (*Allium sativum*) dan berbagai senyawa bioaktif lainnya, telah dilaporkan dapat meningkatkan sistem imun non-spesifik pada berbagai jenis ikan budidaya, termasuk lele dumbo dan ikan mas, sebagai upaya menangkal serangan penyakit, khususnya Aeromonas hydrophila. Pendekatan berbasis imunostimulan alami semacam ini menjadi semakin relevan mengingat kekhawatiran terhadap residu antibiotik dan resistensi bakteri yang dapat ditimbulkan oleh penggunaan bahan kimia secara berlebihan dalam budidaya ikan.

2.4.3 Biosekuriti dan Sanitasi

Manajemen kesehatan ikan melalui implementasi biosekuriti menjadi aspek penting dalam pengendalian penyakit dan keberlanjutan industri akuakultur. Biosekuriti dapat dijadikan perangkat manajerial praktis untuk meminimalkan kejadian wabah penyakit pada industri budidaya, dengan komponen penerapan yang antara lain meliputi pengurangan masuknya hama ke area budidaya, pencegahan penyebaran penyakit antarkolam, serta pemeliharaan kualitas indukan agar tetap aman dari serangan penyakit. Selain aspek teknis di lapangan, peningkatan kesadaran dan kompetensi personel pembudidaya juga merupakan hal fundamental dalam peningkatan penerapan biosekuriti secara efektif (Muniesa *et al*., 2022)

Tingkat kebersihan kolam dan peralatan budidaya turut memengaruhi perkembangan penyakit, karena kolam dan peralatan yang tidak terjaga kebersihannya dapat menjadi sarang tumbuhnya organisme penyebab penyakit. Oleh karena itu, sebelum digunakan, kolam perlu melalui tahap persiapan yang meliputi pengeringan, pengapuran, dan pengisian air baru dengan kualitas yang sesuai, sementara kualitas benih dari sumber yang terpercaya juga menjadi faktor penting karena benih yang lemah akan lebih rentan terserang penyakit meskipun sistem pemeliharaan sudah diterapkan dengan baik

Keempat kelompok faktor di atas, yaitu biotik, abiotik, inang, dan manajemen budidaya, tidak bekerja secara terpisah, melainkan saling berinteraksi dan dapat memperkuat satu sama lain. Sebagai ilustrasi, kepadatan tebar yang tinggi (faktor manajemen) memicu stres pada ikan (faktor inang), yang kemudian menurunkan status imun dan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi bakteri (faktor biotik), terutama apabila kualitas air turut memburuk akibat akumulasi limbah metabolik (faktor abiotik). Pola interaksi semacam ini menegaskan bahwa pencegahan penyakit ikan secara efektif tidak dapat hanya berfokus pada satu faktor saja, melainkan harus mempertimbangkan keseluruhan sistem budidaya secara terintegrasi, sejalan dengan prinsip triad epidemiologi.

DAFTAR PUSTAKA

Afzali, S. F., Hassan, M. D., Abdul-Rahim, A. M., Sharifpour, I., & Sabri, J. (2013). Isolation and identification of Aphanomyces species from natural water bodies and fish farms in Selangor, Malaysia. Malaysian Applied Biology, 42(2), 21–31.

Ali, S. E., Gamil, A. A. A., Skaar, I., Evensen, Ø., & Charo-Karisa, H. (2019). Efficacy and safety of boric acid as a preventive treatment against Saprolegnia infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Scientific Reports, 9, 18013. https://doi.org/10.1038/s41598-019-54534-y

Astuti, I. R., Tri, H., Hambali, S. P., & Anang, H. K. (2012). Teknik pengendalian penyakit KHV pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) melalui manipulasi lingkungan dalam skala laboratorium. Jurnal Riset Akuakultur, 7(3), 477–484.

Bahariyanto, D. R., Pieter, A., & Rifqah, P. (2025). Uji makroskopik dan biokimia terhadap Aeromonas hydrophila sebagai upaya diagnostik infeksi bakteri pada ikan nila *Oreochromis niloticus*. Jurnal Megaptera, 4(1), 21–32. https://doi.org/10.15578/jmtr.v4i1.15576

Chong, C. M., Lee, P.-T., Rakus, K., & Wangkahart, E. (2023). Editorial: The epidemiologic triads in aquaculture: host, pathogen and environment. Frontiers in Immunology, 14, 1305784. https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1305784

Houston, R. D., Bean, T. P., Macqueen, D. J., Gundappa, M. K., Jin, Y. H., Jenkins, T. L., Selly, S. L. C., Martin, S. A. M., Stevens, J. R., Santos, E. M., Davie, A., & Robledo, D. (2020). Harnessing genomics to fast-track genetic improvement in aquaculture. Nature Reviews Genetics, 21, 389–409.

Muniesa, A., Furones, D., Rodgers, C., & Basurco, B. (2022). An assessment of health management and biosecurity procedures in marine fish farming in Spain. Aquaculture Reports, 25, 101199.

Okon, E. M., Oyesiji, A. A., Okeleye, E. D., Kanonuhwa, M., Khalifa, N. E., Eissa, E. H., Mathew, R. T., Eissa, M. E. H., Alqahtani, M. A., & Abdelnour, S. A. (2024). The escalating threat of climate change-driven diseases in fish: Evidence from a global perspective – A literature review. Environmental Research, 263(Pt 3), 120184.

Prastiti, LA., Oktaviana, A., Astria., dan Febriani, D. 2025. Ilmu Kesehatan Ikan: Teori dan Aplikasi dalam Akuakultur. PT. Literasi Nusantara Abadi Group. Malang. 204 p

Semwal, A., Kumar, A., & Kumar, N. (2023). A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. Heliyon, 9(3), e14088.

Shabana, S. M., Rashed, M. A., Atia, A. A., & Abd El-Hady, H. A. M. (2025). Characterization of *Aeromonas hydrophila* isolated from freshwater fish with control trial. Scientific Reports, 15, 32668. https://doi.org/10.1038/s41598-025-19907-6

Su, B., Wang, X., & Dunham, R. A. (2023). The application of genetic and genomic biotechnology in aquaculture. Biology, 12(1), 127.

Widiantari, N. P., Ramona, Y., & Julyantoro, P. G. S. (2023). Peran hormon katekolamin inang terhadap virulensi *Aeromonas hydrophila.* Metamorfosa: Journal of Biological Sciences, 10(2), 335–351.

Yasani, S., Mulis, Lamadi, A., & Fintarji, R. (2024). The effectiveness test of Ketapang leaf (*Terminalia catappa*) extract for treating common carp (*Cyprinus carpio*) seeds infected with Saprolegnia sp. fungus. Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik, 8(2), 129–144.

BAB 3

METODE IDENTIFIKASI PENYAKIT IKAN

Oleh Indra G. Ahmad

Penyakit pada ikan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik yang berasal dari agen infeksi seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit, maupun faktor noninfeksi seperti kualitas air yang buruk, kekurangan nutrisi, serta kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Keberhasilan pengendalian penyakit sangat bergantung pada ketepatan diagnosis. Diagnosis yang akurat hanya dapat diperoleh melalui metode pemeriksaan yang sistematis, mulai dari pengamatan gejala klinis, pemeriksaan lingkungan, pemeriksaan patologis, hingga analisis laboratorium (Putra, 2025)

Perkembangan ilmu kesehatan ikan telah menghasilkan berbagai metode pemeriksaan yang semakin lengkap dan modern. Selain metode konvensional yang mengandalkan observasi morfologi dan gejala klinis, saat ini telah berkembang teknik diagnostik berbasis histopatologi, mikrobiologi, serologi, biologi molekuler, hingga pemanfaatan teknologi digital untuk mendukung identifikasi penyakit secara lebih cepat dan akurat. Pemeriksaan yang tepat memungkinkan tindakan pengobatan dan pengendalian dilakukan secara efektif sehingga dapat meminimalkan kerugian dalam kegiatan budidaya perikanan.

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai pemahaman yang komprehensif mengenai berbagai metode pemeriksaan penyakit pada ikan. Materi yang disajikan mencakup konsep dasar kesehatan ikan, faktor penyebab penyakit, teknik pengambilan sampel, prosedur pemeriksaan lapangan dan laboratorium, interpretasi hasil pemeriksaan, serta penerapan metode diagnosis pada berbagai kasus penyakit yang umum ditemukan pada ikan budidaya maupun ikan liar.

3.1 Manajemen Sampel

Keberhasilan identifikasi dan pemeriksaan ikan yang sakit dipengaruhi oleh manajemen sampel. Manajemen sampel menjadi tahapan yang penting dalam mendiagnosis ikan yang sakit. Sampel yang ditangani dengan baik (pengambilan, penanganan, penyimpanan) hingga pengiriman ke laboratorium akan menentukan kualitasnya sebelum dilakukan identifikasi sehingga hasil diagnosis akan lebih akurat dan menghindari proses pengambilan keputusan untuk pengobatan dan pengendalian yang salah. Menurut WOAH (2023), beberapa prinsip dasar dalam pengambilan sampel yaitu sebagai berikut :

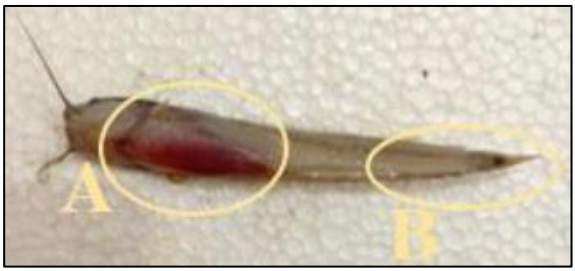
- **Representatif terhadap populasi yang mengalami gangguan kesehatan**

  Ikan yang akan dipilih dan dijadikan sampel harus benar-benar mewakili kondisi populasi yang menunjukkan gejala klinis yang ringan hingga sedang seperti tingkah laku renang yang tidak normal, mengalami penurunan nafsu makan, warna kulit yang berubah, terdapat luka pada bagian kulit, dan gejala klinis yang lebih spresifik seperti mata yang menonjol (eksopthalmia) dan *haemoraghic* (Gambar 1). Hindari menjadikan ikan yang telah lama mati sebagai sampel. Karena ikan yang telah lama mati biasanya mengalami

pembusukan dan autolisis yang akan mempengaruhi proses diagnosis (Plumb & Hanson 2011).

- **Pengambilan sampel harus berdasarkan tujuan pemeriksaan**

Tujuan pemeriksaan tergantung jenis kegiatannya. Yaitu mendiagnosis penyakit dan kegiatan surveilans. Jumlah ikan yang diambil dan diperiksa untuk tujuan mengidentifikasi penyakit pada umumnya harus mewakili kondisi populasi, dan untuk tujuan surveilans jumlah ikan yang dijadikan sampel ditentukan oleh metode statistik dengan mempertimbangkan jumlah populasi sehingga hasil pemeriksaan pun menggambarkan kondisi populasi secara valid.



Gambar 3. 1 Pendarahan pada Perut Ikan Lele yang Terinfeksi Bakteri *Aeromonas Hydrophila*

(Sumber : Danial *et al*., 2026)

- **Terhindar dari kontaminasi silang**

Kondisi sampel ikan yang akan diperiksa harus dijaga kualitasnya sejak proses pengambilan sampai dengan proses pemeriksaan di laboratorium. Ikan yang dijadikan sampel merupakan ikan dengan kondisi terbaik dilihat dari performanya bahkan kondisi jaringannya disaat populasi disekitarnya terserang penyakit dan bahkan mengalami kematian. Beberapa contoh yang menjadi target pemeriksaaan yaitu seperti

ginjal,hati, otak, limpa, usus atau luka pada kulit. Organ-organ tersebut harus ditangani dengan prosedur yang steril untuk menghindari kontaminasi. Jika diagnosis merujuk ke bakteri dan virus, organ sampel harus disimpan dalam kondisi dingin dengan suhu 4^0C, untuk pemeriksaan histopatologi organ sampel harus difiksasi terlebih dahulu dengan menggunakan formalin buffer 10% agar struktur sel tetap terjaga (Noga, 2010).

- **Dilengkapi data pendukung yang memadai**

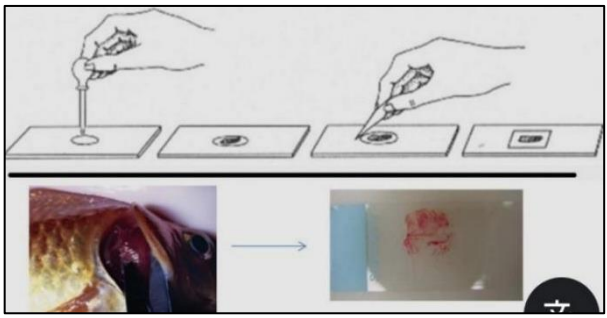
  Informasi anamnesis epidemiologi harus lengkap, meliputi lokasi budidaya, tanggal pengambilan, spesis ikan, umur dan ukuran ikan, jumlah ikan dalam satu wadah budidaya, jumlah ikan yang sakit atau mati, gejala klinis yang dialami harus diamati secara detail dan dicatat, parameter kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, amonia, nitratm nitrit serta parameter kualitas air lainnya yang dapat mendukung diagnosis. Selain itu jenis dan jumlah pakan yang diberikan, jika sebelumnya terjadi hal yang sama yaitu ikan sakit atau kematian, jenis pengobatan apa yang diterapkan dan jenis obat (kimia dan herbal) yang diberikan sehingga semua data pendukung lebih memadai untuk hasil identifikasi yang lebih akurat.

3.2 Pemeriksaan Parasitologi

Parasit merupakan salah mikroorganisme yang sering menyerang ikan budidaya dan dapat menyebabkan kematian sehingga kerugian produksi tidak dapat dihindari. Berdasarkan tempat hidupnya, parasit dibedakan menjadi 2 jenis yaitu ektoparasit dan endoparasit. Ektoparasit. Ektoparasit merupakan parasit yang hidup di organ luar inang (ikan) seperti lendir, sisik, sirip, maupun insang. Endoparasit merupakan parasit yang hidupunya di organ

dalam inang (ikan) seperti usus, otak, limfa, hati maupun dijaringan otot dan jaringan tubuh lainnya (Ahmad *et al.*, 2025). Pemeriksaan ektoparasit mengikuti metode yang digunakan oleh *(Fachrussyah et al.*, 2024) yaitu sebagai berikut :

1) Bagian **lendir** ikan, dilakukan dengan metode *skin scrapping* yaitu mengeruk lendir yang ada pada permukaan kulit dengan menggunakan *object glass* atau spatula steril dengan perlahan dari bagian kepala ke arah ekor. Selanjutnya ditetesi dengan menggunakan air media budidaya dan ditutupi dengan menggunakan *cover glass*. Selanjutnya diamati di bawah mikroskop.
2) Bagian **insang** ikan, dilakukan dengan metode *gill slipping* yaitu dengan mengambil sebagian filamen insang dengan cara mengguntingnya dengan menggunakan gunting bedah yang telah disterilkan. Selanjutnya filamen insang tersebut diletakkan di atas *object glass* dan diberikan 1 tetes larutan fisiologis atau air media budidaya kemudian ditutup dengan menggunakan *cover glass*. Selanjutnya diamati di bawah mikroskop (Gambar 3.2). Seluruh kegiatan pemeriksaan tersebut dilakukan pada saat ikan masih hidup agar protozoa yang akan diperiksa pun masih hidup dan mudah dikenali dan diidentifikasi.



Gambar 3. 2 Pemeriksaan Ektoparasit pada Insang Ikan

(Sumber : catatandokterikan.com)

Pemeriksaan endoparasit meliputi saluran pencernaan ikan mengikuti prosedur (Putri *et al*., 2019) yaitu ikan dibedah secara aseptik pada bagian perut untuk diambil lendir dan saluran pencernaan ikan (Gambar 3.3). Lendir dan isi perut yang telah diambil diletakkan di atas *object glass* yang berbeda, kemudian ditetesi dengan akuades dan ditutup dengan *cover glass* dan selanjutnya diamati di bawah mikroskop



Gambar 3. 3 Pengambilan Preparat Usus Ikan untuk Diperiksa Endoparasit

(Sumber : Purnamawati, 2016)

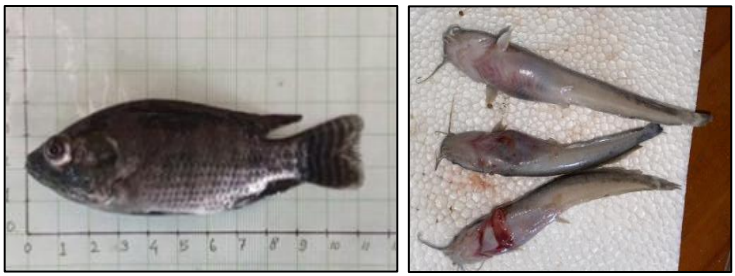
3.3 Pemeriksaan Bakteri

Salah satu metode diagnosa penyakit ikan yaitu pemeriksaan bakteri. Tujuannya yaitu untuk mendeteksi, mengisolasi, mengidentifikasi dan mengkonfirmasi adanya bakteri yang bersifat patogen sebagai agen penyebab penyakit. Beberapa jenis agen penyebab penyakit bakteri pada ikan yaitu *Aeromonas hyrdrophila*, *Edwarsiella tarda*, *Vibrio* sp., *Pseudomonas* sp., *Streptococccus iniae*, dan masih banyak lagi agen penyebab penyakit bakteri pada ikan budidaya. Keberadaan agen penyebab penyakit ini menjadi

salah satu penyebab kematian pada kegiatan budidaya yang berimbas pada kerugian ekonomi usaha budidaya. Untuk mengetahui penyebab penyakit akibat bakteri, diagnostik laboratorium wajib dilakukan untuk menentukan tindakan pengendalian dan pengobatan yang akan dilakukan (Hegde *et al.*, 2023).

Tahapan pemeriksaan bakteri patogen pada ikan sebagai berikut :

Pemeriksaan gejala klinis pada ikan yang sakit. Beberapa gejala klinis yang spesifik pada ikan yang terserang mikroba patogen yaitu adanya berenang berputar-putar (*wearling*), mata yang menonjol (eksopthalmia), pendarahan pada beberapa bagian tubuh (Gambar 3.4).



Gambar 3. 4 Mata Menonjol Pada Ikan Nila (Kiri); Pendarahan di Bagian Perut Pada Ikan Lele (Kanan) Akibat Serangan *Aeromonas Hydrophila*

(Sumber : Fransiska, *et.al*., 2024; Kasim, *et.al.*, 2026)

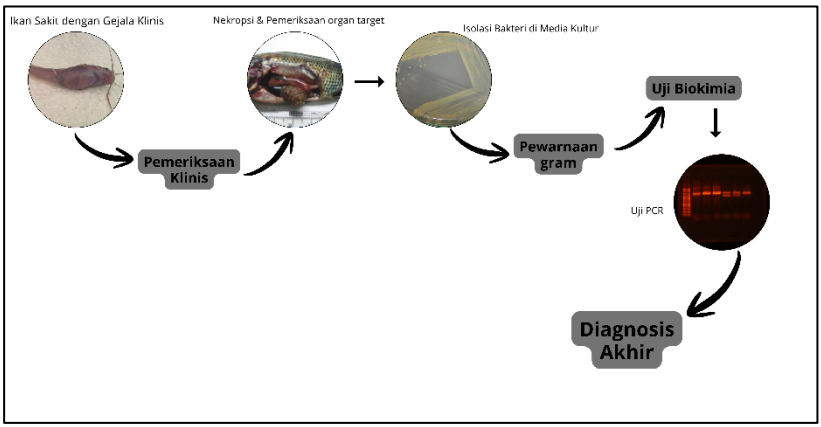
Tahapan selanjutnya yaitu pengambilan organ target yang akan diperiksa. Jika pada gejala klinis sudah memperlihatkan perubahan pada organ tubuh seperti mata, adanya luka pada tubuh, pembengkakan pada bagian perut, maka ada baiknya organ tersebut yang dijadikan sampel untuk diperiksa dan diisolasi bakteri. Jika pada ikan kecil, sebaiknya seluruh bagian tubuhnya yang menjadi target pemeriksaan. Organ target tersebut diambil secara aseptik

untuk menghindari adanya kontaminasi yang berasal dari lingkungan maupun dari mikroorganisme yang biasanya ada pada permukaan tubuh. Jika pemeriksaan dilakukan di laboratorium yang jauh dari lokasi pengambilan sampel atau lokasi budidaya, ada baiknya sampel tersebut disimpan dalam kondisi dingin dengan suhu 4^0C untuk menghindari terjadinya pembusukan.

Langkah selanjutnya yaitu isolasi bakteri. Isolasi bakteri merupakan tahapan menginokulasi sampel pada media kultur. Media kultur yang digunakan biasanya media umum seperti *Tryptic Soy Agar* (TSA), *Brain Heart Infusion Agar* (BHIA), *Blood Agar* (BA), *Zobell Marine Agar* (ZMA) untuk mengisolasi bakteri pada ikan air laut, atau media selektif seperti *Thiosulfate Citrate Bile Salt Sucrose Agar* (TCBSA) untuk bakteri Vibrio spp. Setelah dilakukan isolasi bakteri dari organ target pada media kultur, dilakukan inkubasi selama 24 – 72 jam hingga bakteri terlihat tumbuh. Selanjutnya dilakukan pengamatan morfologi bakteri yang meliputi warna, ukuran, bentuk, permukaan, tepian koloni. Karakteristik morfologi tersebut akan menjadi identifikasi awal sebelum dilakukan pemeriksaan lanjutan (Hegde *et al.*, 2023).

Koloni bakteri yang telah tumbuh, belum dapat menyimpulkan jenis bakteri penyebab penyakit ataupun kematian pada ikan, perlu pengujian lanjutan yaitu uji biokimia yang bertujuan untuk melihat karakteristik fisiologi dari bakteri yang tumbuh. Beberapa uji biokimia yang pada umumnya dilakukan yaitu uji oksidase, uji katalase, uji motilitas, uji indol, uji Triple Sugar Iron Agar (TSIA), dan beberapa uji metabolik lainnya. Hasil dari uji biokimia, dapat memberikan hasil akhir dalam pemeriksaan, namun untuk lebih meyakinkan, uji molekular Polymerase Chain Reaction menjadi salah satu pilihan pengujian terakhir. Metode pengujian ini memiliki tingkat sensitivitas dan spesifik yang tinggi walaupun bakteri dalam jumlah yang sedikit.

Skema pemeriksaan bakteri dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini :



Gambar 3. 5 Skema Pemeriksaan Bakteri Pada Ikan

Dengan menggabungkan hasil pemeriksaan seperti gejala klinis, hasil kultur bakteri, karakteristik morfologi bakteri, pewarnaan gram, uji biokimia serta pemeriksaan molekular dapat memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi jika hanya mengandalkan satu metode pemeriksaan. Diagnosis yang akurat memungkinkan tindakan pengobatan serta pengendalian penyakit yang lebih efektif serta dapat mengurangi kerugian ekonomi pada usaha budidaya.

3.4 Pemeriksaan Virus

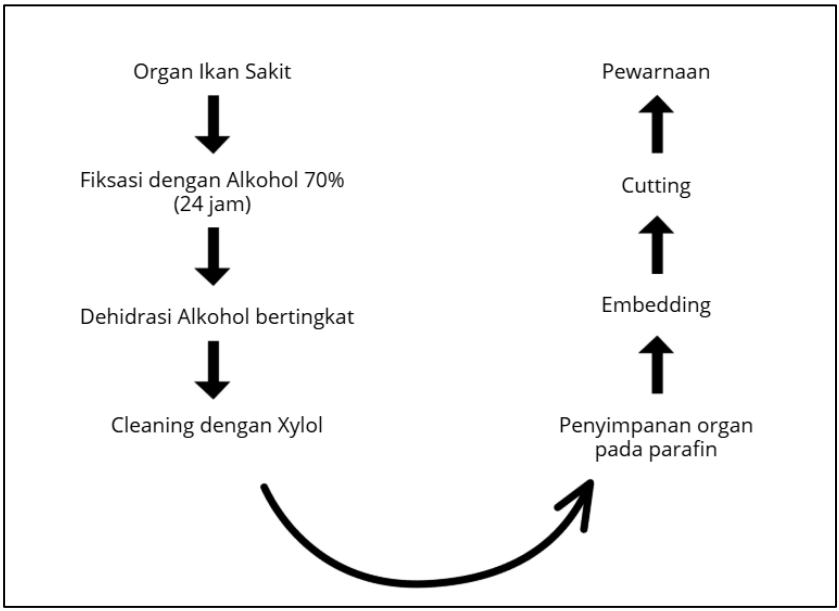
Penyakit yang disebabkan oleh virus juga menjadi salah satu ancaman bagi usaha budidaya ikan ataupun udang, karena tingkat penularan yang cukup tinggi, sulit untuk diobati, akibat serangan virus, kematian organisme cukup tinggi sehingga mengakibatkan kerugian ekonomi yang tidak sedikit. Beberapa penyakit akibat serangan virus pada ikan ataupun udang yaitu *Koi Herpes Virus* (KHV), *Viral*

Haemorrhagic Septicaemia Virus (VHSV), *Tilapia Lake Virus* (TLV), *White Spot Syndrom Virus* (WSSV).

Metode pemeriksaan virus saat ini lebih banyak menggunakan metode Polymerase Chain Reaction (PCR) atau Reverse Trancription PCR (RT-PCR). Uji PCR digunakan untuk mendeteksi keberadaan materi genetik DNA dari virus, dan RT PCR digunakan untuk mendeteksi keberadaan virus RNA, namun memiliki prinsip kerja yang sama yaitu memperbanyak atau mereplika asam nukleat dari virus walaupun dalam jumlah yang sedikit sehingga metode pemeriksaan dengan PCR sangat direkomendasikan (Volpe *et al.*, 2023).

3.5 Pemeriksaan Histopatologi

Pemeriksaan histopatologi dilakukan untuk melihat perubahan struktur jaringan dan organ ikan akibat serangan penyakit yang disebabkan bakteri, virus, parasit, perubahan lingkungan, toksisitas atau kelainan noninfeksi. Organ yang akan dijadikan sampel pemeriksaan harus organ target yang disesuaikan dengan gejala klinis yang terlihat seperti insang, ginjal, hati, otak saluran pencernaan atau dapat menggunakan otot. Langkah-langkah pemeriksaan histopatologi mengikuti penjelasan dari (Ahmad, 2023) yaitu:



Gambar 3. 6 Skema Pengujian Histopatologi

Yang perlu diperhatikan adalah sampel harus berasal dari ikan yang masih hidup atau baru mati, untuk menghindari proses autolysis pada jaringan. Untuk organ yang berukuran besar, perlu dilakukan pemotongan terlebih dahulu sekitar 0,5 – 1 cm. hal ini bertujuan agar proses fiksasi dapat berjalan optimal. Fiksasi bertujuan agar mempertahankan struktur sel dan mencegah kerusakan jaringan selama proses pembuatan preparate histologi. Pada tahapan akhir pewarnaan preparate dengan menggunakan Hematoksilin – Eosin (HE). Hematoksilin digunakan untuk memberikan warna pada inti sel menjadi biru keunguan, dan eosin digunakan untuk memberikan warna pada sitoplasma menjadi merah muda sehingga keseluruhan struktur jaringan mudah diamati. Perubahan lesi yang terlihat pada preparate histopatologi dapat berupa pendarahan, hyperplasia, nekrosis tubulus ginjal (Jerald et.al., 2024).

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, I.G., Juliana, & Mobonggi, G.L. (2025). Effectiveness of Papaya Leaf Solution Against Ectoparasite Attacks on Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Ilmiah PLATAX. 13(2). Pp 429-435. Available at: https:/?doi.org/10.35800/jipv10i2.61289

Danial, Y., Lamadi, A., & Ahmad, I.G. (2026). Immersion of Noni Extract Improves Recovery and Reduces Bacteria in Catfish. Grouper : Jurnal Ilmiah Perikanan. 17(1). Pp. 65-74.Noga, E.J. (2010). Fish Disease Diagnosis and Treatment (2nd ed.). Willey Blackwell.

Fachrussyah ZC, Ahmad IG, Lantu IS, Lamadi A, Nento WR. (2024). *Prevalence and intensity of ectoparasites in catfish (clarias sp) cultivated with biofloc system*. Adv. Anim. Vet. Sci. 12(10):2029 - 2033.

Hegde, A., Kabra, S., Basawa, R.M., Khile, D.A., Abbu, R.U.F., Thomas, N.A., Manickam, N.B., & Raval, R. (2023). Bacterial Diseases in Marine Fish Species : Current Trends and Future Prospect in Disease Management. World Journal of Microbiolgoi and Biotechnology. 24p. https://doi.org/10.1007/s11274-023-03755-5

Jerald, I., Ravindran, J., Babu, M.M. (2024). Fish in Focus : Navigating Organ Damage Assessment Through Analyticial Avenues – A Comprehensive Review. Toxicology Reports. 13.

Kasim, S., Lamadi, A. & Ahmad, I.G. (2026). *Efficacy of Teak (Tectona grandis) Leaf Extract Against Aeromonas hydrophila in Catfish*. Grouper : Jurnal Ilmiah Perikanan. 17(1). pp. 75–84.

Plumb, J.A., & Hanson, L.A. (2011). Health Maintanance and Principal Microbial Diseases of Culture Fishes (3rd ed.). Willey-Blackwell.

Purnawati, R. (2016). Metode Pemeriksaan Penyakit Ikan di Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Kelas 1 Surabaya 1. FPIK Univ. Airlangga.

Putra, F.D.B.S. (2025). Sistem Deteksi Penyakit Pada Ikan Air Tawar Menggunakan Algoritma Sobel Dan Log. JuTI : Jurnal Teknologi Informasi. 4(1), p. 1. Available at: https://doi.org/10.26798/juti.v4i1.1941.

Putri, M., Fauziah, N.A., & Agustin, V.H. (2019). Identifikasi Endoparasiy dan Ektoparasit Ikan Hias Air Tawar di Pasar Ikan Sasana Mina Magelang. Prosiding Seminar Nasional MIPA. Universitas Tidar. Pp 122-126.

Volpe, E. Errani, F. Mandrioli, L. Ciulli, S. (2023). Advances in Viral Aquatic Animal Disease Knowledge: The Molecular Methods' Contribution. Biology 12, 466. https://doi.org/10.3390/ biology12030466

Woarld Organisation for Animal Health. (2023). Aquatic Animal Health Code. Paris : WOAH.

BAB 4
PENYAKIT IKAN AKIBAT BAKTERI

Oleh Diah Ayu Satyari Utami

4.1 Memahami Penyakit Bakterial sebagai Proses Ekologis

Keberadaan bakteri pada ikan tidak selalu menunjukkan bahwa bakteri tersebut merupakan penyebab penyakit. Permukaan tubuh, insang, dan saluran pencernaan ikan secara alami dihuni oleh berbagai komunitas mikroba. Sebagian mikroba tidak merugikan dalam kondisi normal, tetapi dapat berubah menjadi patogen oportunis ketika lapisan pelindung kulit rusak, kepadatan ikan terlalu tinggi, kadar oksigen rendah, suhu berubah secara cepat, atau kandungan bahan organik meningkat. Oleh karena itu, hubungan waktu antara perubahan lingkungan, kemunculan lesi, dan peningkatan kematian perlu dicatat sebelum hasil laboratorium ditafsirkan (Austin & Austin, 2016; Noga, 2010).

Kejadian penyakit dapat dipahami melalui interaksi tiga unsur, yaitu inang, patogen, dan lingkungan (Gambar 4.1). Pada sisi inang, kerentanan terhadap penyakit dipengaruhi oleh umur, spesies, status nutrisi, kepadatan tebar, keutuhan mukus, dan kondisi sistem imun. Pada sisi patogen, perkembangan infeksi dipengaruhi oleh jumlah bakteri, jalur masuk, kemampuan melekat pada jaringan, produksi toksin dan enzim perusak jaringan, serta kemampuan menghindari

respons imun. Sementara itu, kondisi lingkungan dapat memperkuat atau mengurangi pengaruh inang dan patogen. Wabah umumnya tidak disebabkan oleh satu perubahan kecil, tetapi oleh beberapa tekanan yang terjadi secara bersamaan atau bertahap (Roberts, 2012).



Gambar 4. 1 Triad Inang Patogen Lingkungan dalam Munculnya Penyakit Bakterial

Cara pandang tersebut menunjukkan bahwa pemberian antimikroba tidak dapat menggantikan perbaikan kondisi lingkungan. Jika kadar amonia tetap tinggi, insang akan terus mengalami iritasi dan ikan tetap kesulitan bernapas. Jika pakan tidak tersebar secara merata, ikan yang berukuran kecil akan terus kalah bersaing. Apabila peralatan digunakan pada beberapa kolam tanpa disinfeksi, jalur penularan penyakit akan tetap terbuka. Oleh karena itu, perbaikan faktor lingkungan dan pengelolaan budidaya sering menjadi

tindakan awal yang paling cepat dalam menurunkan tekanan infeksi.

PRINSIP DIAGNOSIS

Perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, penurunan nafsu makan, perdarahan, dan gerakan renang yang tidak terarah merupakan tanda penting, tetapi tidak khusus untuk satu penyakit. Diagnosis kerja dapat dibuat di lapangan sebagai dasar tindakan awal. Namun, diagnosis penyebab penyakit memerlukan bukti yang menghubungkan agen penyakit, lesi, dan pola kejadian pada populasi.

4.2 Dari Paparan hingga Penyakit Klinis

Infeksi dimulai ketika bakteri menemukan jalur masuk yang sesuai. Kulit dan mukus yang utuh berfungsi sebagai penghalang fisik dan kimia. Insang memiliki permukaan luas yang terus bersentuhan dengan air, sedangkan saluran pencernaan berhadapan dengan mikroorganisme dari pakan dan sedimen. Luka akibat sortasi yang kasar, gesekan jaring, gigitan, ektoparasit, atau kualitas air yang buruk dapat merusak lapisan pelindung tersebut dan membuka jalan masuk bagi bakteri.

Setelah melekat pada permukaan tubuh, bakteri harus bertahan terhadap aliran air, persaingan dengan mikroba lainnya, dan mekanisme pertahanan ikan. Bakteri yang mampu melewati berbagai hambatan tersebut selanjutnya dapat berkembang dan membentuk koloni pada jaringan inang (Austin & Austin, 2016).

Bakteri patogen memiliki berbagai faktor virulensi yang membantu proses infeksi. Adhesin membantu bakteri melekat pada jaringan, sedangkan kapsul dan *biofilm* dapat mengurangi pembersihan bakteri oleh sistem imun. Enzim proteolitik berperan dalam merusak jaringan, sementara toksin dapat mengganggu membran atau fungsi sel.

Kombinasi faktor virulensi berbeda antargenus, bahkan antar-*strain*. Oleh karena itu, identifikasi bakteri hingga tingkat spesies belum selalu cukup untuk memperkirakan tingkat keparahan penyakit (Gambar 4.2). Informasi mengenai organ asal isolat, jumlah bakteri, jenis lesi, dan perjalanan kasus tetap diperlukan (Janda & Abbott, 2010; Toranzo *et al.*, 2005).



Gambar 4. 2 Rangkaian Umum Patogenesis Penyakit Bakterial Pada Ikan

Infeksi dapat tetap terbatas pada kulit atau insang, tetapi juga dapat menyebar ke seluruh tubuh. Bakteremia terjadi ketika bakteri memasuki aliran darah, sedangkan septikemia menunjukkan infeksi sistemik yang lebih luas. Melalui aliran darah, bakteri dapat mencapai ginjal, limpa, hati, otak, mata, dan organ lainnya.

Ikan yang hanya tampak mengalami eksoptalmia mungkin sebenarnya sedang mengalami infeksi sistemik. Sebaliknya, erosi superfisial yang terlihat jelas pada kulit belum tentu disertai infeksi organ internal. Perbedaan antara

infeksi lokal dan sistemik perlu diketahui untuk menentukan jenis sampel, prognosis, dan tindakan yang diperlukan.

4.2.1 Ambang Penyakit dan Kemampuan Ikan Mempertahankan Homeostasis

Paparan bakteri tidak selalu berakhir sebagai penyakit. Ketika jumlah bakteri masih rendah, mukus, pergantian sel epitel, aktivitas fagosit, dan mikrobiota normal dapat membatasi pertumbuhan bakteri patogen. Risiko penyakit meningkat ketika kerusakan lapisan pelindung terjadi lebih cepat daripada kemampuan ikan untuk memperbaikinya.

Kerusakan dapat berlangsung secara perlahan, misalnya akibat paparan amonia subletal selama beberapa hari. Kerusakan juga dapat terjadi secara mendadak setelah sortasi, transportasi, atau perubahan suhu. Dengan demikian, ambang munculnya penyakit bersifat dinamis. Jumlah bakteri yang masih dapat ditahan oleh ikan dalam kondisi stabil mungkin menimbulkan penyakit ketika cadangan fisiologis ikan telah berkurang (Noga, 2010; Roberts, 2012).

Suhu memengaruhi inang dan patogen secara bersamaan. Pertumbuhan bakteri dan produksi faktor virulensi dapat meningkat pada kisaran suhu tertentu. Pada saat yang sama, respons imun ikan mengikuti laju metabolisme yang juga dipengaruhi oleh suhu. Perubahan suhu secara cepat dapat menciptakan jeda ketika patogen berkembang lebih dahulu sebelum pertahanan ikan mampu menyesuaikan diri.

Pengaruh suhu berbeda menurut spesies ikan dan jenis bakteri. Oleh karena itu, satu nilai suhu tidak boleh ditafsirkan secara terpisah. Suhu perlu dinilai bersama kecenderungan perubahannya selama beberapa hari,

kondisi oksigen, konsumsi pakan, dan waktu munculnya mortalitas (Austin & Austin, 2016).

Stres kronis sering tidak menghasilkan tanda klinis yang mencolok. Ikan mungkin hanya mengalami penurunan nafsu makan, berkumpul di dekat saluran masuk air (*inlet*), atau menunjukkan perbedaan ukuran yang semakin lebar. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa energi yang seharusnya digunakan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan telah dialihkan untuk mempertahankan keseimbangan fisiologis. Apabila penanganan yang kasar atau penurunan oksigen kemudian terjadi, cadangan fisiologis yang tersisa mungkin tidak cukup untuk mencegah infeksi. Oleh karena itu, pengamatan perilaku sebelum lesi muncul merupakan bagian dari surveilans penyakit, bukan sekadar pencatatan produksi.

Setiap unit budidaya perlu memiliki kondisi dasar sebagai pembanding. Mortalitas normal, waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan pakan, distribusi ikan, dan variasi kualitas air dicatat ketika populasi berada dalam kondisi sehat. Perubahan selanjutnya dinilai berdasarkan kondisi dasar tersebut, bukan hanya dibandingkan dengan satu nilai rujukan umum. Pendekatan ini membantu mengenali fase sebelum tanda klinis muncul, ketika perbaikan aerasi, penyesuaian kepadatan efektif, dan pengurangan bahan organik masih berpeluang mencegah perkembangan wabah penyakit.

4.3 Pemeriksaan Lapangan (Membaca Pola Sebelum Mengambil Sampel)

Pemeriksaan lapangan dimulai dari kondisi populasi, bukan hanya dari satu ekor ikan. Informasi yang perlu dicatat meliputi waktu terjadinya penurunan nafsu makan, kelompok ukuran yang terdampak, posisi ikan di dalam kolom air, dan pola penyebaran kematian. Kematian yang terkonsentrasi pada satu kolam dapat memberikan petunjuk yang berbeda dari kematian yang tersebar pada beberapa unit pemeliharaan.

Pola kematian juga perlu diperhatikan. Peningkatan kematian secara mendadak setelah hujan lebat memberikan petunjuk yang berbeda dari kematian yang meningkat secara perlahan selama beberapa minggu. Riwayat penebaran, perpindahan ikan, vaksinasi, penggunaan obat, pergantian pakan, dan kejadian listrik padam perlu ditempatkan dalam satu garis waktu agar hubungan antarkejadian dapat dinilai (Noga, 2010).

Kualitas air harus diukur pada waktu dan lokasi yang sesuai dengan kondisi ikan. Pengukuran oksigen terlarut menjelang matahari terbit, amonia setelah periode pemberian pakan, atau suhu pada lapisan air yang ditempati ikan dapat memberikan informasi yang lebih berguna daripada satu hasil pengukuran pada siang hari. Pemeriksaan juga mencakup aliran air, penumpukan lumpur, *biofouling*, bangkai yang terlambat diangkat, dan kemungkinan masuknya ikan liar. Informasi tersebut membantu membedakan faktor pemicu utama dari perubahan sekunder yang terjadi setelah ikan sakit.

Pada ikan hidup atau ikan yang baru mengalami kematian, pemeriksaan dilakukan secara berurutan dari bagian luar ke bagian dalam. Mukus, warna tubuh, sisik, sirip, anus, mata, dan insang diperiksa sebelum rongga tubuh dibuka. Nekropsi kemudian dilakukan untuk menilai cairan

dalam rongga tubuh, ukuran dan warna hati, limpa dan ginjal, isi usus, serta keberadaan nodul, perdarahan, atau nekrosis. Organ untuk kultur harus diambil menggunakan alat steril sebelum peralatan menyentuh usus agar risiko kontaminasi dapat dikurangi.

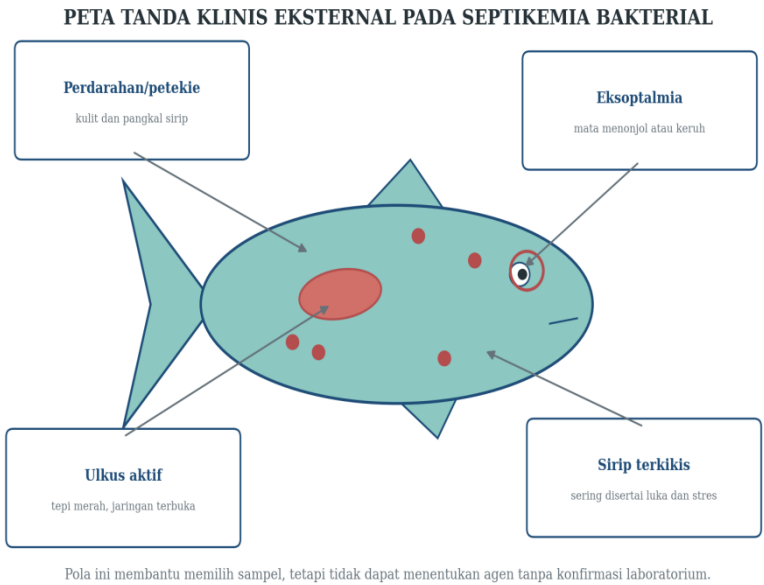
4.3.1 Menyusun Diagnosis Diferensial dari Pola Lesi

Diagnosis diferensial merupakan daftar penyebab yang masih mungkin setelah riwayat penyakit, kualitas air, tanda klinis, dan lesi awal dinilai secara bersama. Daftar tersebut sebaiknya singkat dan disusun berdasarkan tingkat kepentingannya. Penyebab yang dapat menimbulkan kematian secara cepat, seperti hipoksia, keracunan, atau kerusakan insang akut, ditempatkan pada urutan awal karena memerlukan tindakan segera.

Penyakit infeksius selanjutnya diperingkatkan berdasarkan kesesuaian inang, suhu, salinitas, organ yang terdampak, dan pola perkembangan kematian. Pendekatan ini mencegah tim lapangan terlalu cepat menyimpulkan penyebab penyakit hanya berdasarkan satu lesi yang tampak mencolok, tetapi mungkin merupakan perubahan sekunder (Noga, 2010).

Perdarahan kulit, ulkus, sisik terangkat, dan pembesaran abdomen dapat membentuk pola septikemia. Namun, pola tersebut tidak khusus untuk satu genus bakteri. *Aeromonas*, *Vibrio*, dan *Edwardsiella* dapat menghasilkan sebagian tanda yang sama. Lingkungan budidaya dapat membantu mempersempit dugaan. Sebagai contoh, vibriosis lebih sering berhubungan dengan lingkungan air laut atau payau. Meskipun demikian, informasi tentang lokasi budidaya tidak dapat menggantikan pemeriksaan organ target.

Bakteri oportunis mudah mendominasi permukaan lesi kulit yang telah lama terbentuk. Oleh karena itu, isolat yang diperoleh dari ginjal atau limpa ikan yang baru sakit mempunyai nilai etiologis lebih tinggi dibandingkan sampel usap (*swab*) dari bagian tengah ulkus (Austin & Austin, 2016).



Gambar 4. 3 Ilustrasi Skematik Tanda Klinis Eksternal yang dapat Menyertai Septikemia Bakterial

Gambar 4.3 tidak dimaksudkan sebagai pedoman untuk menentukan jenis penyakit hanya berdasarkan tampilan luar. Ilustrasi tersebut digunakan untuk memetakan lokasi lesi dan menentukan sampel yang perlu diambil. Perubahan pada mata mengarahkan pengambilan sampel dari mata dan otak. Perdarahan pada beberapa bagian tubuh memperkuat alasan untuk mengambil sampel organ internal, sedangkan ulkus aktif perlu diambil sampelnya pada batas antara jaringan

sehat dan jaringan yang rusak. Apabila satu ikan memiliki beberapa jenis lesi, gunakan alat yang berbeda atau sterilkan alat di antara lokasi pengambilan agar bakteri dari permukaan tidak terbawa ke organ internal.

4.3.2 Mendokumentasikan Lesi Secara Konsisten

Deskripsi lesi perlu mencakup lokasi, jumlah, ukuran, bentuk, warna, batas, kedalaman, dan pola penyebarannya serta dapat berbeda antarjenis penyakit sebagaimana diuraikan pada Tabel 7.1. Istilah seperti "luka parah" terlalu subjektif dan sulit dibandingkan antarwaktu. Deskripsi "ulkus tunggal berdiameter sekitar 8 mm pada sisi kiri kaudal, berbatas merah, dan mencapai jaringan otot" lebih informatif karena dapat diperiksa kembali melalui foto, nekropsi, dan histologi.

Pada insang, catat apakah perubahan terjadi pada seluruh lengkung atau hanya pada bagian tertentu. Kondisi filamen juga perlu dijelaskan, termasuk perubahan warna menjadi pucat, pembengkakan, produksi mukus berlebih, atau nekrosis (Noga, 2010).

Foto dari gejala klinis yang muncul harus diambil sebelum permukaan tubuh dibersihkan atau jaringan dipotong. Kode ikan, tanggal, dan penanda ukuran ditempatkan di dalam bidang foto tanpa menutupi lesi. Foto pertama sebaiknya memperlihatkan orientasi seluruh tubuh, sedangkan foto jarak dekat digunakan untuk merekam detail lesi. Pencahayaan harus merata dan latar belakang menggunakan warna netral. Dokumentasi yang konsisten memungkinkan perkembangan lesi dibandingkan dari hari ke hari dan membantu laboratorium memilih jaringan yang paling mewakili kondisi penyakit.

Urutan nekropsi harus dilakukan secara tetap dan terstandar. Setelah pemeriksaan bagian luar dan insang selesai, rongga tubuh dibuka menggunakan alat yang bersih tanpa merobek usus. Organ untuk kultur bakteri diambil terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sampel molekuler, preparat langsung, dan jaringan untuk histologi. Jika alat yang sama digunakan untuk beberapa organ, alat harus dibersihkan dan disterilkan setiap kali berpindah organ. Urutan tersebut mengurangi kemungkinan bakteri dari usus atau permukaan tubuh dianggap sebagai penyebab infeksi sistemik (Austin & Austin, 2016; Roberts, 2012).

Temuan negatif juga perlu dicatat. Tidak ditemukannya cairan dalam rongga tubuh, pembesaran limpa, nodul, atau kerusakan insang dapat membantu menurunkan kemungkinan diagnosis tertentu. Namun, temuan negatif tidak secara otomatis menyingkirkan dugaan adanya suatu penyakit, terutama jika ikan dipilih terlalu awal, diperiksa terlalu lama setelah mengalami kematian, atau telah menerima pengobatan. Oleh karena itu, mutu deskripsi harus selalu dinilai bersama ketepatan pemilihan ikan dan waktu pengambilan sampel.

Tabel 4. 1 Pola Pembeda Awal Beberapa Penyakit Bakterial Penting

Kelompok penyakit	Agen yang sering terlibat	Petunjuk lapangan yang menonjol	Sampel prioritas
Aeromoniasis	*Aeromonas hydrophila*, *A. veronii*, dan kerabatnya	Perdarahan kulit dan pangkal sirip, ulkus, abdomen membesar, septikemia, dan sering diikuti dengan stres atau luka	Ginjal, limpa, hati, dan tepi lesi kulit aktif

Kelompok penyakit	Agen yang sering terlibat	Petunjuk lapangan yang menonjol	Sampel prioritas
Vibriosis	*Vibrio anguillarum*, *V. harveyi*, dan spesies terkait	Terutama ikan air laut atau payau, terjadi perdarahan, ulkus, mata menonjol, nekrosis jaringan, dan kematian akut	Ginjal, limpa, hati, otak atau mata sesuai lesi
Edwardsiellosis	*Edwardsiella tarda*, *E. ictaluri*, *E. piscicida*	Septikemia, abses atau nodul organ, dan pada *enteric septicemia of catfish* dapat tampak lesi pada kepala	Ginjal, limpa, hati, otak, dan jaringan yang memiliki nodul
Streptococcosis atau lactococcosis	*Streptococcus agalactiae*, *S. iniae*, dan *Lactococcus garvieae*	Berenang berputar atau tidak seimbang, eksoptalmia, kekeruhan mata, warna gelap, dan gejala yang berhubungan dengan meningoensefalitis	Otak, mata, ginjal, dan limpa
Columnaris dan flavobacteriosis	*Flavobacterium columnare*, *F. psychrophilum*, dan *F. branchiophilum*	Erosi kulit, lesi pucat di punggung, kerusakan insang, dan sirip terkikis	Tepi lesi kulit dan insang, ginjal bila dicurigai sistemik
Mycobacteriosis	*Mycobacterium marinum*, *M. fortuitum*, dan kerabatnya	Penyakit bersifat kronis, ikan menjadi kurus, warna gelap, ulkus menetap, dan nodul putih-keabu-abuan pada organ	Hati, limpa, ginjal, jaringan yang memiliki nodul, dan fiksasi diperlukan untuk pembuatan preparat histologi

4.4 Aeromoniasis

4.4.1 Agen, Inang, dan Faktor Pemicu

Aeromoniasis mencakup penyakit yang berhubungan dengan bakteri motil maupun nonmotil dari genus *Aeromonas*. Pada budidaya ikan air tawar tropis, *A. hydrophila* sering dilaporkan sebagai penyebab *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS). Selain itu, *A. veronii*, *A. dhakensis*, *A. sobria* sensu lato, dan spesies lainnya juga dapat menyebabkan aeromoniasis. Taksonomi kelompok bakteri ini terus berkembang. Oleh karena itu, hasil identifikasi yang hanya didasarkan pada uji biokimia komersial perlu ditafsirkan dengan memperhatikan keterbatasannya. Pemeriksaan molekuler lebih bermanfaat apabila penentuan spesies diperlukan untuk penyelidikan epidemiologis (Janda & Abbott, 2010).

Bakteri *Aeromonas* tersebar luas di air dan sedimen. Penemuan bakteri tersebut pada permukaan tubuh ikan sehat tidak secara langsung membuktikan terjadinya penyakit. Kasus klinis umumnya muncul akibat kombinasi beberapa faktor, seperti suhu yang mendukung pertumbuhan bakteri, kandungan bahan organik yang tinggi, kepadatan tebar berlebih, trauma, adanya parasit pada kulit, dan penanganan yang kasar. Apabila wabah penyakit ini terjadi setelah sortasi, penyelidikan tidak cukup hanya menentukan jenis bakteri yang ditemukan. Penyebab terjadinya luka dan faktor yang menghambat pemulihan ikan juga perlu diperiksa.

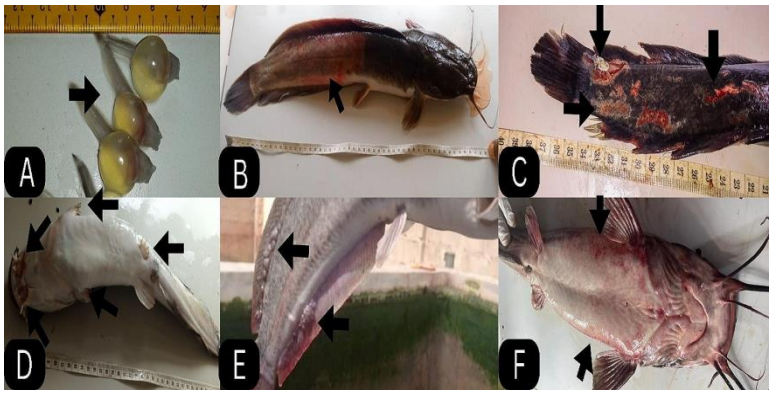
4.4.2 Tanda Klinis, Lesi, dan Diagnosis

Tanda eksternal aeromoniasis dapat berupa perdarahan titik-titik atau petekie, perdarahan pada pangkal sirip, sisik terangkat, erosi kulit, dan ulkus dengan tepi yang masih aktif. Apabila infeksi telah menyebar ke berbagai organ, ikan dapat terlihat lemah, mengalami perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, menunjukkan pembesaran abdomen, atau mengeluarkan cairan dari anus.

Pemeriksaan nekropsi dapat menemukan cairan di dalam rongga tubuh, pembesaran limpa, hati yang pucat atau mengalami kongesti, dan perdarahan pada beberapa bagian tubuh. Namun, perubahan tersebut juga dapat ditemukan pada septikemia akibat infeksi bakteri lainnya. Oleh karena itu, isolasi bakteri secara murni atau dominan dari organ internal ikan yang baru sakit memiliki nilai diagnosis yang lebih kuat dibandingkan isolasi dari permukaan ulkus yang telah lama terbentuk (Austin & Austin, 2016).

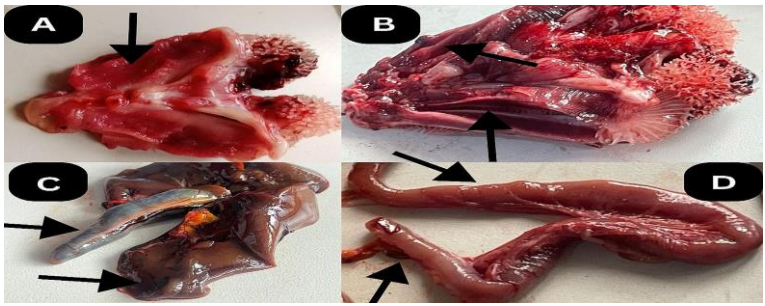
Sampel dari ginjal anterior, limpa, dan hati harus diambil secara aseptik. Pada ulkus, sampel usap (*swab*) diambil dari batas antara jaringan yang masih hidup dan jaringan yang telah rusak. Sampel sebaiknya tidak diambil dari pusat luka karena bagian tersebut lebih mudah terkontaminasi oleh jenis bakteri lainnya.

Hasil pemeriksaan laboratorium perlu dinilai bersama pola lesi dan hasil pemeriksaan histopatologi. Apabila beberapa spesies bakteri tumbuh dalam jumlah yang hampir sama dari ulkus kronis, penyebab penyakit belum dapat langsung ditentukan. Interpretasi perlu menunggu bukti dari organ internal dan informasi mengenai perjalanan kasus.



Gambar 4. 4 Tanda Klinis yang Tampak pada Ikan Lele (*Clarias Gariepinus*) yang Terinfeksi *Aeromonas* Spp. A. Pembesaran Abdomen pada Benih, B. Perdarahan, C. Erosi Kulit, D. Kerusakan Sungut dan Sirip, E. Lepuh, Serta F. Perubahan Warna Tubuh

Sumber: Adah *et al.* (2024).



Gambar 4. 5 Lesi Pascanekropsi yang Mengindikasikan Infeksi *Aeromonas* spp. pada Ikan Lele. A. Perdarahan dan Inflamasi Insang, B. Perdarahan pada Insang, C. Kongesti Ginjal, Perubahan Warna Ginjal dan Hati, Pembesaran Hati, Serta Perubahan pada Kantong Empedu; dan D. Distensi, Perdarahan, Serta Kongesti Usus

Sumber: Adah *et al.* (2024).

Gambar 4.4 dan 4.5 memperlihatkan berbagai perubahan eksternal dan internal yang dapat ditemukan pada aeromoniasis. Perubahan tersebut dapat membantu menentukan lokasi pengambilan sampel, tetapi tidak dapat digunakan untuk memastikan penyebab penyakit. Septikemia akibat bakteri lainnya dapat menghasilkan gambaran yang serupa. Oleh karena itu, diagnosis harus didasarkan pada kesesuaian antara pola lesi, isolasi *Aeromonas* dari organ internal, dan pola kejadian penyakit pada populasi (Adah *et al.*, 2024).

4.4.3 Pengendalian

Pengendalian aeromoniasis dimulai dengan menangani faktor-faktor yang memicu wabah penyakit ini. Tindakan yang dapat dilakukan meliputi pengurangan kepadatan atau biomassa ikan, peningkatan oksigenasi, pengangkatan bangkai ikan, perbaikan sanitasi peralatan, dan penanganan ektoparasit apabila keberadaannya telah dikonfirmasi.

Vaksin dapat digunakan pada kondisi atau komoditas tertentu. Namun, perlindungan yang dihasilkan dapat bergantung pada *strain* bakteri dan metode pemberian vaksin. Jika antimikroba diperlukan, pemilihan obat harus didasarkan pada hasil uji kepekaan, status registrasi obat, spesies ikan, metode pemberian, dan masa henti obat. Resistensi antimikroba telah banyak dilaporkan pada bakteri *Aeromonas*. Oleh karena itu, pemberian obat secara empiris dan berulang sebaiknya dihindari (Miller & Harbottle, 2018).

Bahan alami juga telah diteliti sebagai pendamping dalam pengendalian aeromoniasis. Wahjuningrum *et al.* (2021) melaporkan bahwa pakan yang mengandung 3% ekstrak pelepah pisang dapat menurunkan jumlah *A. hydrophila*, memperbaiki sejumlah indikator imunitas,

dan menghasilkan kelangsungan hidup tertinggi pada perlakuan kuratif dalam uji tantang ikan gurami.

Hasil tersebut menunjukkan potensi ekstrak pelepah pisang untuk membantu pengobatan aeromoniasis. Namun, dosis 3% merupakan dosis yang digunakan pada kondisi penelitian tersebut dan tidak dapat diterapkan sebagai dosis umum. Penggunaan di lapangan tetap perlu mempertimbangkan mutu ekstrak, spesies dan ukuran ikan, kemampuan ikan untuk makan, keamanan penggunaan, dan hasil konfirmasi penyebab penyakit.

4.4.4 Menilai peran Aeromonas pada Kasus Ko-Infeksi

Infeksi *Aeromonas* sering ditemukan bersamaan dengan infestasi parasit, kerusakan kulit, atau infeksi bakteri lainnya. Dalam kondisi tersebut, *Aeromonas* dapat berperan sebagai penyebab utama, penyebab sekunder yang memperluas kerusakan, atau bakteri yang hanya menghuni permukaan tubuh tanpa menentukan perkembangan penyakit.

Peran *Aeromonas* dinilai berdasarkan beberapa bukti. Isolat perlu ditemukan secara berulang dari organ internal beberapa ikan yang baru sakit, tumbuh secara dominan, dan sesuai dengan lesi septikemia yang ditemukan. Sebaliknya, satu koloni yang diperoleh dari sampel usap kulit tanpa bukti lainnya mempunyai nilai diagnosis yang jauh lebih rendah dibandingkan isolasi bakteri secara konsisten dari organ internal (Austin & Austin, 2016).

Pada kasus ko-infeksi, setiap masalah perlu ditangani berdasarkan tingkat kepentingannya. Faktor pemicu seperti hipoksia, parasit, atau trauma harus segera diperbaiki. Pada saat yang sama, sampel perlu

diperiksa untuk menentukan apakah infeksi telah berkembang menjadi sistemik.

Apabila hanya ditemukan lesi lokal dan ikan masih aktif makan, perbaikan lingkungan serta perawatan pada bagian tubuh yang terdampak dapat lebih sesuai dibandingkan pengobatan seluruh populasi. Sebaliknya, peningkatan mortalitas yang disertai isolasi *Aeromonas* secara konsisten dari ginjal atau limpa memerlukan penilaian terapi yang lebih terarah berdasarkan uji kepekaan antimikroba atau *antimicrobial susceptibility testing* (AST).

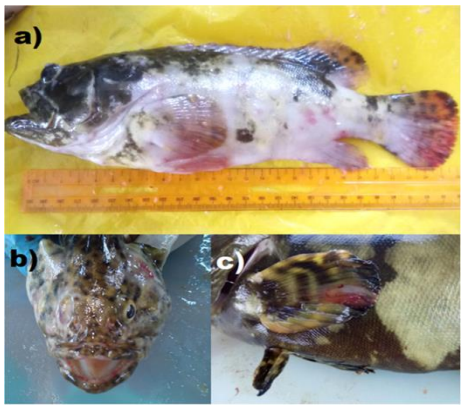
Keberhasilan pengendalian dinilai berdasarkan penurunan jumlah lesi baru dan stabilisasi mortalitas setelah faktor pemicu ditangani. Luka yang telah lama terbentuk membutuhkan waktu untuk sembuh sehingga tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya tanda keberhasilan atau kegagalan penanganan. Ikan yang telah mengalami ulkus yang dalam juga mungkin tetap akan mengalami kematian meskipun tingkat penularan sudah menurun. Oleh karena itu, proporsi ikan dengan lesi baru, konsumsi pakan, dan tren mortalitas lebih bermakna daripada kondisi satu ekor ikan pada satu waktu.

4.5 Vibriosis

Vibriosis merupakan penyakit bakterial utama yang menyerang ikan air laut dan payau. Namun, beberapa bakteri penyebabnya dapat hidup pada kondisi lingkungan yang berbeda sehingga batas ekologinya tidak selalu jelas. *Vibrio anguillarum* dikenal sebagai penyebab vibriosis pada berbagai jenis ikan bersirip. Pada sistem budidaya udang di wilayah tropis, penyakit ini juga sering dikaitkan dengan kelompok *V. harveyi*. Anggota kelompok tersebut memiliki karakter yang hampir sama sehingga proses identifikasinya

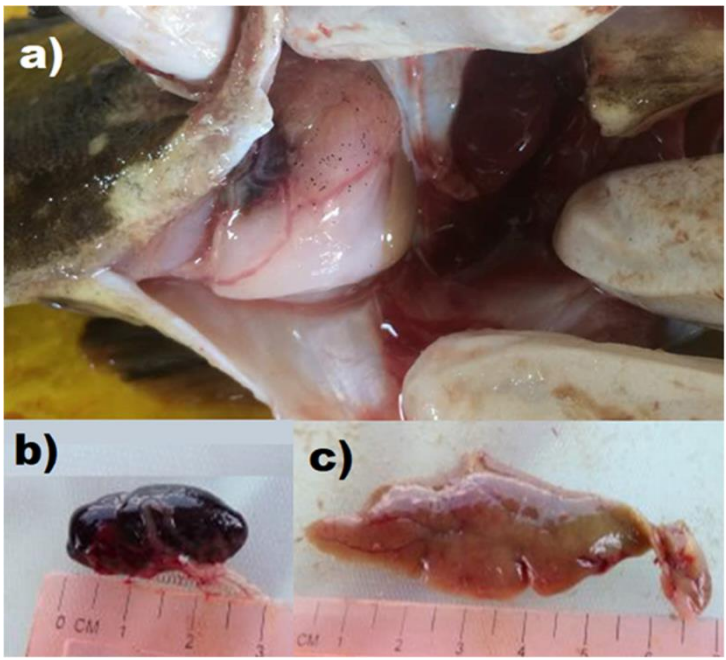
sering sulit dilakukan. Perkembangan penyakit ini dipengaruhi oleh salinitas, suhu, kepadatan ikan, mutu air, dan perpindahan ikan antarlokasi pemeliharaan (Toranzo *et al.*, 2005).

Ikan yang terserang vibriosis umumnya mengalami penurunan nafsu makan, warna tubuh menggelap, perdarahan pada kulit dan pangkal sirip, ulkus, serta eksoptalmia atau mata menonjol. Pada kasus yang parah, kematian dapat terjadi dengan cepat. Pemeriksaan organ dalam dapat menunjukkan pembesaran limpa, perdarahan, atau kongesti, yaitu penumpukan darah pada organ. Infeksi pada sebagian ikan hanya ditemukan pada bagian tubuh tertentu, tetapi pada ikan lainnya dapat menyebar ke berbagai organ. Pada larva dan juvenil, tanda eksternal sering kali tidak terlihat jelas. Oleh karena itu, pola kematian dan hasil pemeriksaan mikroskopis perlu mendapat perhatian lebih besar dalam pengendalian penyakit ini.



Gambar 4. 6 Lesi Eksternal pada Ikan Kerapu yang Terinfeksi *Vibrio* spp. a) Perubahan Warna dan Lesi Kulit Serta Sirip, b) Kerusakan Pada Mata, Serta c) Perdarahan Sirip Pektoral

Sumber: Amalina *et al.* (2019).



Gambar 4. 7 Lesi Internal pada Ikan Kerapu yang Terinfeksi *Vibrio* Spp. a) Asites Bercampur Darah, b) Pembesaran Limpa, dan c) Hati Berwarna Pucat

Sumber: Amalina *et al.* (2019).

Lesi eksternal yang ditampilkan pada Gambar 4.6 dan perubahan organ pada Gambar 4.7 dapat mendukung dugaan terjadinya septikemia atau infeksi yang telah menyebar melalui darah. Namun, kedua gambaran tersebut belum dapat memastikan jenis bakteri penyebabnya. Foto dari suatu gejala klinis yang muncul perlu ditafsirkan bersama informasi mengenai salinitas, perkembangan mortalitas, dan hasil kultur organ internal dari ikan yang baru menunjukkan gejala (Amalina *et al.*, 2019).

Diagnosis vibriosis dilakukan dengan menggabungkan kultur bakteri dari organ internal, pemeriksaan karakter bakteri, dan konfirmasi molekuler apabila diperlukan. Media selektif dapat digunakan untuk membantu memisahkan bakteri pada tahap awal. Meskipun demikian, warna koloni yang tumbuh pada satu jenis media tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk menentukan spesies bakteri. Banyak spesies *Vibrio* membutuhkan kadar garam tertentu untuk tumbuh. Oleh sebab itu, komposisi media, suhu, dan lama inkubasi perlu disesuaikan dengan lingkungan asal ikan. Penemuan *Vibrio* dalam sampel air juga belum cukup untuk memastikan penyebab penyakit karena bakteri tersebut secara alami terdapat di lingkungan laut.

Vaksinasi menjadi salah satu metode untuk mencegah vibriosis pada beberapa kegiatan budidaya ikan air laut. Keberhasilan vaksinasi dipengaruhi oleh kesesuaian antigen vaksin, ukuran ikan, waktu pemberian vaksin, kondisi pemeliharaan, dan ketepatan pelaksanaannya. Vaksinasi tetap perlu didukung oleh penggunaan benih yang sehat, sanitasi, pengurangan stres selama transportasi, dan pengelolaan pakan yang baik. Jika pengobatan melalui pakan diperlukan, kemampuan ikan untuk memakan pakan yang diberikan harus diperiksa terlebih dahulu. Ikan yang mengalami kehilangan nafsu makan yang sangat berat tidak akan memperoleh dosis obat yang mencukupi sehingga pengobatan menjadi kurang efektif.

4.5.1 Membaca Epidemiologi Vibriosis pada Sistem Budiday Air Laut dan Payau

Bakteri *Vibrio* secara alami dapat ditemukan di air, sedimen, dan permukaan tubuh hewan akuatik. Oleh karena itu, penemuan *Vibrio* dalam sampel lingkungan tidak memiliki makna yang sama dengan penemuan bakteri tersebut pada organ internal ikan. Peningkatan jumlah *Vibrio* di air dapat menunjukkan adanya

perubahan kondisi lingkungan, tetapi belum membuktikan bahwa bakteri tersebut menyebabkan kematian. Bukti menjadi lebih kuat apabila bakteri dengan karakter yang sama ditemukan pada organ target dari beberapa ikan yang baru sakit. Hasil tersebut juga harus sesuai dengan tanda klinis dan pola mortalitas yang terjadi (Toranzo *et al.*, 2005).

Wabah vibriosis sering terjadi setelah adanya perpindahan juvenil ikan, perubahan salinitas, peningkatan kepadatan, kerusakan kulit, atau penurunan mutu air. Dalam penyelidikan terjadinya suatu wabah penyakit, hubungan antara unit budidaya berdasarkan sumber air dan urutan penggunaan peralatan perlu dipetakan. Apabila penyakit pertama kali muncul pada unit yang baru menerima ikan setelah transportasi, kemudian menyebar mengikuti penggunaan alat, penularan horizontal patut dicurigai. Sebaliknya, apabila kematian terjadi secara bersamaan setelah mutu air berubah, kondisi lingkungan kemungkinan menjadi pemicu yang memengaruhi beberapa unit sekaligus.

Sampel sebaiknya diambil dari ikan yang baru memasuki tahap awal penyakit. Jika memungkinkan, sampel air dari saluran masuk dan unit yang terdampak juga dikumpulkan untuk membantu penyelidikan epidemiologis. Namun, pemeriksaan air tidak dapat menggantikan pemeriksaan organ ikan. Laboratorium perlu memperoleh informasi tentang salinitas, suhu, spesies ikan, dan bakteri yang dicurigai. Informasi tersebut diperlukan agar media dan kondisi inkubasi dapat dipilih dengan tepat, terutama jika bakteri target membutuhkan garam atau tumbuh lebih lambat dibandingkan jenis bakteri lainnya dalam sampel.

Munculnya vibriosis pada ikan yang telah divaksinasi tidak langsung menunjukkan bahwa aplikasi vaksin tidak efektif. Evaluasi perlu dilakukan terhadap kesesuaian antigen, kondisi rantai dingin, ukuran ikan saat divaksinasi, keseragaman dosis, jarak waktu antara vaksinasi dan paparan bakteri, serta tingkat stres setelah vaksinasi. Pemeriksaan tersebut membantu menentukan apakah kegagalan disebabkan oleh produk vaksin, kesalahan pelaksanaan, atau paparan penyakit yang terlalu berat. Hasil evaluasi selanjutnya digunakan untuk memperbaiki jadwal dan prosedur vaksinasi pada periode produksi berikutnya.

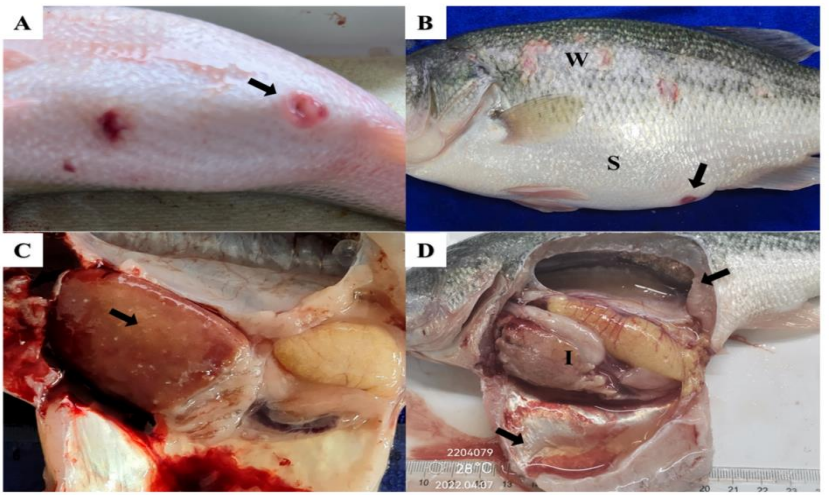
4.6 Edwardsiellosis

Edwardsiellosis pada ikan dapat disebabkan oleh beberapa spesies bakteri, terutama *Edwardsiella tarda*, *E. ictaluri*, dan *E. piscicida*. Perubahan klasifikasi bakteri telah memisahkan sebagian isolat yang sebelumnya diidentifikasi sebagai *E. tarda* menjadi *E. piscicida* dan *E. anguillarum*. Oleh karena itu, laporan lama perlu ditafsirkan secara hati-hati, terutama jika identitas spesies digunakan untuk melacak wabah edwardsiellosis, menilai tingkat keganasan bakteri, atau mengevaluasi efektivitas vaksin (Armwood *et al.*, 2022; Mohanty & Sahoo, 2007).

Edwardsiellosis dapat berkembang sebagai septikemia akut, yaitu infeksi yang menyebar melalui darah, atau sebagai infeksi kronis yang ditandai dengan pembentukan abses dan nodul. Pada beberapa ikan, luka terbuka pada kulit dapat disertai kerusakan jaringan di bawahnya. Secara khusus, *E. ictaluri* dikenal sebagai penyebab *enteric septicemia of catfish* dan dapat menyerang sistem saraf. Ikan yang terinfeksi dapat berenang tidak terarah, mengalami perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, atau menunjukkan mata menonjol. Namun, tanda-tanda tersebut juga dapat ditemukan pada

streptococcosis dan penyakit sistemik lainnya sehingga tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar diagnosis.

Perubahan yang ditampilkan pada Gambar 4.8 dapat membantu mengarahkan pemeriksaan pada rongga tubuh, hati, saluran pencernaan, dan organ penyaring darah. Meskipun demikian, nodul putih bukan merupakan tanda yang khusus untuk edwardsiellosis. Gambaran serupa dapat ditemukan pada mycobacteriosis, nocardiosis, dan penyakit lainnya yang menyebabkan pembentukan granuloma. Oleh karena itu, foto dari gejala klinis yang timbul pada ikan yang sakit dapat digunakan untuk membantu memilih organ atau jaringan yang akan diambil sebagai sampel, sedangkan penyebab penyakit perlu dikonfirmasi melalui kultur bakteri, pemeriksaan histopatologi, dan metode identifikasi yang sesuai (Huang *et al.*, 2024).



Gambar 4. 8 Tanda Klinis dan Lesi Edwardsiellosis Akibat Infeksi *Edwardsiella Piscicida* pada *Largemouth Bass* (*Micropterus Salmoides*). A. Anus Memerah, B. Abdomen Membesar dan Sisik Terlepas, C. Nodul Hati, Serta D. Akumulasi Cairan di Rongga Tubuh

Sumber: Huang *et al.* (2024).

Sampel dapat diambil dari ginjal, limpa, hati, otak, atau jaringan abses dengan menggunakan prosedur aseptik. Beberapa isolat *Edwardsiella* tumbuh lebih lambat dibandingkan bakteri oportunis lainnya. Oleh karena itu, laboratorium perlu memperoleh informasi mengenai tanda klinis yang ditemukan dan asal ikan agar pemeriksaan dapat dilakukan dengan tepat.

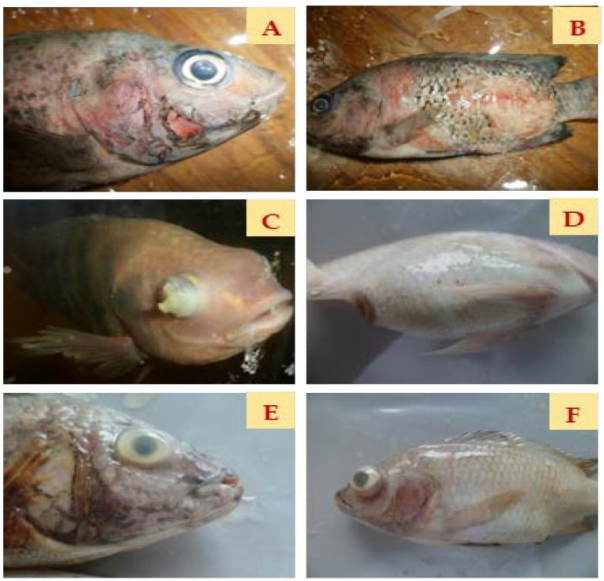
Pengendalian edwardsiellosis dilakukan melalui penggunaan benih yang sehat, pembersihan bahan organik, pemisahan kelompok umur, serta pembatasan perpindahan ikan dan peralatan antarunit budidaya. Vaksinasi juga dapat diterapkan pada sistem budidaya yang telah memiliki produk vaksin yang sesuai. Ikan pembawa dan lingkungan yang telah terkontaminasi dapat mempertahankan siklus infeksi. Oleh sebab itu, penanganan wabah penyakit ini perlu mencakup seluruh unit budidaya dan tidak hanya berfokus pada ikan yang telah menunjukkan gejala.

4.7 Streptococcosis dan Lactococcosis

Streptococcosis dan lactococcosis merupakan penyakit sistemik yang disebabkan oleh bakteri kokus Gram-positif. Kedua penyakit tersebut dapat menghasilkan tanda klinis yang hampir sama. Pada ikan nila, streptococcosis paling sering dihubungkan dengan bakteri *Streptococcus agalactiae* dan *S. iniae*. Sementara itu, lactococcosis pada ikan dapat disebabkan oleh *Lactococcus garvieae*, *L. petauri*, dan *L. formosensis*. Perkembangan klasifikasi dalam kelompok *Lactococcus* perlu diperhatikan karena sebagian isolat yang dahulu dilaporkan sebagai *L. garvieae* dapat teridentifikasi sebagai spesies lainnya setelah diperiksa menggunakan metode genomik (Amal & Zamri-Saad, 2011; Heckman *et al.*, 2024).

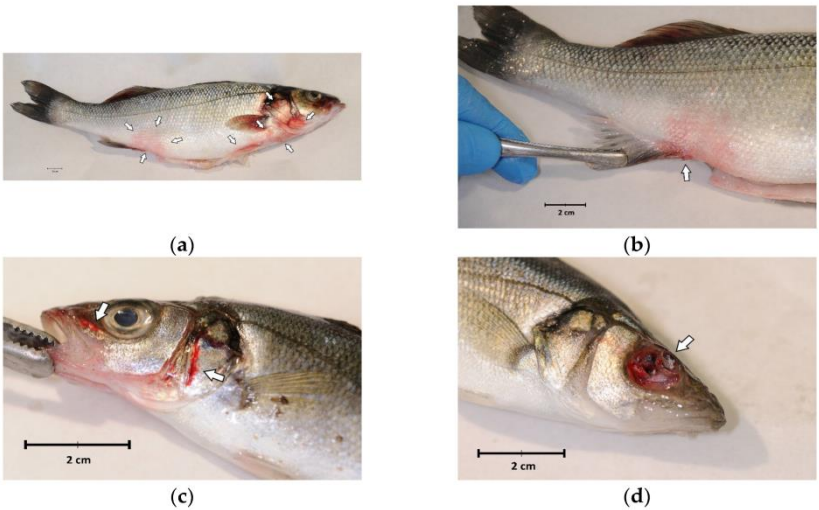
Wabah penyakit ini umumnya menjadi lebih berat ketika suhu air mendukung pertumbuhan bakteri, biomassa ikan

tinggi, kadar oksigen berfluktuasi, dan ikan mengalami stres berkepanjangan. Bakteri dapat masuk melalui insang, saluran pencernaan, atau kulit yang rusak. Setelah memasuki tubuh, bakteri menyebar melalui darah menuju ginjal, limpa, mata, dan otak. Penyebaran ke mata dan otak dapat menyebabkan ikan berenang dengan gerakan berputar (*whirling*), kehilangan keseimbangan, mengalami eksoptalmia atau mata menonjol, kekeruhan pada mata, dan perdarahan pada mata. Namun, tidak semua ikan yang terinfeksi menunjukkan seluruh tanda tersebut.



Gambar 4. 9 Tanda Klinis Streptococcosis pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) yang Terinfeksi *Streptococcus Agalactiae*. A. Hemoragi pada Sirip Dada, B. Hemoragi Pada Permukaan Tubuh, C. Eksoptalmia Bilateral, D. Pembesaran Abdomen; E. Kekeruhan Kornea, dan F. Penonjolan Bola Mata (*Pop-Eye*)

Sumber: Kamble *et al.* (2024).



Gambar 4. 10 Perubahan Eksternal pada *European Seabass* (*Dicentrarchus Labrax*) Selama Wabah Lactococcosis yang Disebabkan oleh *Lactococcus Garvieae*. (a) Kemerahan Menyebar pada Kulit dan Sirip, (b) Area Kemerahan pada Sisi Tubuh di Dekat Sirip Perut, (c) Hemoragi pada Bagian Kepala, dan (d) Ulserasi yang Disertai Kehilangan Bola Mata. Tanda Panah Menunjukkan Lokasi Perubahan Jaringan

Sumber: Salogni *et al.* (2024).

Gambar 4.9 memperlihatkan perubahan pada mata yang sering mengarahkan dugaan awal pada streptococcosis. Gambar 4.10 menunjukkan bahwa lactococcosis juga dapat menyebabkan perubahan pada mata, kulit, dan organ internal. Kesamaan tanda klinis tersebut menunjukkan bahwa foto hanya digunakan untuk membantu menentukan organ yang perlu diambil sebagai sampel, bukan untuk memastikan bakteri penyebabnya. Hipoksia, trauma, keracunan, edwardsiellosis, dan infeksi sistemik lainnya

tetap perlu dipertimbangkan sebagai kemungkinan penyebab (Kamble *et al.*, 2024; Salogni *et al.*, 2024).

Sampel sebaiknya diambil dari ikan hidup yang baru menunjukkan gangguan renang atau perubahan pada mata. Organ yang diperiksa meliputi otak, cairan atau jaringan mata, ginjal anterior, dan limpa. Pengambilan sampel harus dilakukan secara aseptik untuk mencegah kontaminasi. Penemuan bakteri kokus Gram-positif yang tersusun seperti rantai pada preparat langsung dapat memperkuat diagnosis awal, tetapi kultur bakteri dan identifikasi tetap diperlukan untuk memastikan penyebabnya. Pemeriksaan molekuler dapat membantu apabila ikan telah menerima pengobatan atau ketika spesies bakteri sulit dibedakan. Meskipun demikian, hasil positif pada pemeriksaan DNA tidak selalu menunjukkan bahwa bakteri masih hidup.

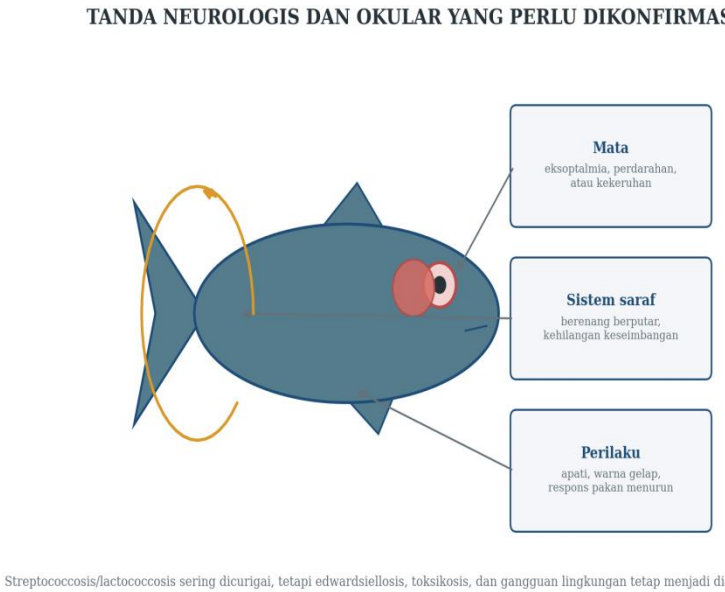
Penelitian Utami *et al.* (2015) memberikan contoh upaya pencegahan streptococcosis melalui pakan. Dalam penelitian terkontrol pada ikan nila, probiotik *Bacillus* sp. NP5 yang dimikroenkapsulasi dan diberikan melalui pakan selama 28 hari dengan dosis 0,5%, 1%, dan 2%. Setelah itu, ikan diuji tantang menggunakan *S. agalactiae*. Dosis 0,5% memberikan hasil terbaik pada kondisi penelitian tersebut, yang ditunjukkan oleh kelangsungan hidup yang lebih tinggi, gambaran darah yang lebih baik, dan jumlah bakteri target yang lebih rendah pada organ. Hasil ini menunjukkan potensi probiotik sebagai tindakan pencegahan. Namun, dosis dan manfaatnya tetap perlu diuji kembali sesuai dengan *strain* bakteri, formulasi pakan, skala produksi, dan cara ikan terpapar bakteri di lapangan.

Pencegahan pada tingkat populasi dilakukan dengan mengendalikan biomassa ikan, menjaga kestabilan suhu dan oksigen, mengurangi stres, serta segera mengangkat bangkai ikan dari unit pemeliharaan. Vaksin dapat membantu mengurangi kerugian apabila antigen, jadwal pemberian, ukuran ikan, dan metode aplikasinya sesuai dengan risiko

penyakit di lokasi budidaya. Jika penggunaan antimikroba dipertimbangkan, pemilihan obat harus didasarkan pada hasil AST, ketentuan penggunaan obat ikan, dan jumlah ikan yang masih mampu menerima makanan. Pengobatan melalui pakan tidak akan mencapai dosis efektif apabila sebagian besar ikan telah mengalami kehilangan nafsu makan yang berat.

4.7.1 Membaca Tanda Neurologis dan Okular Secara Hati-Hati

Gangguan renang sering langsung dianggap sebagai tanda streptococcosis. Padahal, perilaku tersebut juga dapat terjadi akibat hipoksia berat, gangguan keseimbangan garam dan cairan tubuh, paparan bahan beracun, trauma, atau infeksi lainnya yang telah mencapai otak. Perbedaannya dapat diperkirakan dengan mengamati pola kejadian pada populasi. Hipoksia umumnya menyerang banyak ikan dalam waktu singkat dan sering muncul pada waktu tertentu. Sebaliknya, infeksi bakteri kokus Gram-positif cenderung berkembang secara bertahap dan dapat disertai dengan mata menonjol, kekeruhan pada mata, warna tubuh menggelap, serta kerusakan pada organ internal (Amal & Zamri-Saad, 2011).



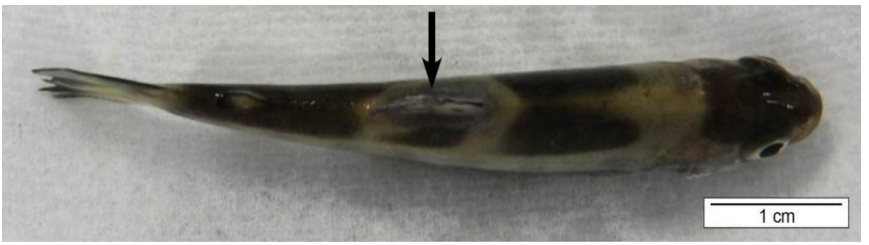
Gambar 4. 11 Ilustrasi Tanda Neurologis dan Okular pada Penyakit Bakterial Sistemik

Mata yang menonjol perlu diperiksa untuk mengetahui apakah perubahan terjadi pada satu sisi atau kedua sisi. Mata menonjol pada satu sisi lebih mengarah pada kemungkinan trauma setempat. Sebaliknya, perubahan pada kedua mata yang disertai gangguan renang lebih mendukung dugaan infeksi sistemik, meskipun belum dapat menjadi bukti yang pasti. Berdasarkan hasil nekropsi, sampel dapat diambil dari cairan mata, jaringan di belakang mata, otak, ginjal, dan limpa. Penemuan sejumlah besar bakteri kokus yang tersusun seperti rantai pada preparat langsung dari mata atau otak dapat memperkuat diagnosis awal sebelum hasil kultur bakteri tersedia (Gambar 4.11).

Suhu air juga perlu diperhatikan karena memengaruhi metabolisme ikan, pertumbuhan bakteri, respons kekebalan tubuh, dan keberhasilan pemberian obat melalui pakan. Pada cuaca panas, ikan dapat mengalami stres suhu dan infeksi secara bersamaan. Dalam kondisi tersebut, pengurangan biomassa dalam unit pemeliharaan, peningkatan aerasi, dan pembatasan aktivitas yang dapat mengganggu ikan dapat membantu memperlambat kematian sambil menunggu hasil pemeriksaan laboratorium. Respons ikan setelah kondisi lingkungan diperbaiki perlu dicatat sebagai bagian dari proses diagnosis.

4.8 Flavobacteriosis dan Columnaris

Flavobacterium columnare merupakan bakteri penyebab columnaris yang terutama menyerang ikan air tawar pada suhu hangat. Penyakit ini dapat menyebabkan kerusakan pada kulit, sirip, atau insang. Perkembangan penyakit umumnya lebih cepat ketika suhu air mendukung pertumbuhan bakteri, kandungan bahan organik tinggi, atau permukaan tubuh ikan mengalami luka dan abrasi. Pada sebagian ikan dapat ditemukan daerah pucat berbentuk seperti pelana di bagian punggung (Gambar 4.12). Namun, tidak ditemukannya lesi tersebut bukan berarti columnaris sudah dapat disingkirkan. Kerusakan insang yang berat bahkan dapat menyebabkan kematian pada ikan yang terserang *columnaris disease* sebelum tanda eksternal terlihat jelas (Declercq *et al.*, 2013).



Gambar 4. 12 Lesi berbentuk pelana pada benih *rainbow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) setelah terinfeksi *Flavobacterium columnare*. Tanda panah menunjukkan perubahan warna kulit pada bagian punggung di sekitar pangkal sirip dorsal; skala = 1 cm.

Sumber: Declercq *et al.* (2013).

Bakteri dari kelompok flavobakteria memerlukan media dan kondisi pertumbuhan yang lebih khusus dibandingkan bakteri enterik pada umumnya. Sampel usap (*swab*) sebaiknya diambil dari tepi lesi yang masih aktif atau dari bagian insang yang baru mengalami perubahan. Sampel kemudian segera ditanam pada media yang sesuai. Pemeriksaan preparat basah dapat menunjukkan kumpulan bakteri berbentuk batang panjang yang bergerak meluncur. Temuan tersebut hanya menjadi petunjuk awal karena permukaan lesi mudah dihuni oleh bakteri jenis lainnya yang tumbuh lebih cepat.

Selain *F. columnare*, beberapa spesies flavobakteria dapat menyebabkan penyakit yang berbeda. *Flavobacterium psychrophilum* berhubungan dengan *bacterial coldwater disease* dan *rainbow trout fry syndrome* pada ikan yang rentan. Sementara itu, *F. branchiophilum* berhubungan dengan *bacterial gill disease*. Nama penyakit dapat memberikan petunjuk mengenai suhu atau bagian tubuh yang terdampak, tetapi penetapan penyebab tetap harus mempertimbangkan hasil identifikasi bakteri dan jenis ikan yang terserang.

Pencegahan dilakukan dengan menghindari kerusakan kulit, mengurangi bahan organik, meningkatkan pertukaran air, dan memperbaiki prosedur penanganan ikan. Perlakuan yang menambah stres atau memperburuk kerusakan insang harus dihindari.

4.8.1 Membedakan Lesi Kulit dan Insang dari Kerusakan Noninfeksius

Kerusakan kulit dan insang tidak selalu diawali oleh infeksi bakteri. Paparan amonia, nitrit, padatan tersuspensi, bahan kimia, perubahan pH, trauma, atau ektoparasit dapat merusak lapisan permukaan jaringan. Bakteri kemudian dapat tumbuh pada jaringan yang telah rusak tersebut. Oleh karena itu, urutan munculnya perubahan perlu diperhatikan.

Apabila ikan dari beberapa kolam mengalami gangguan pernapasan secara bersamaan setelah terjadi perubahan kualitas air, faktor lingkungan perlu ditempatkan sebagai dugaan utama. Sebaliknya, peran infeksi menjadi lebih kuat apabila lesi berkembang secara bertahap dan pemeriksaan jaringan menunjukkan kumpulan bakteri pada batas antara jaringan sehat dan jaringan yang rusak (Declercq *et al.*, 2013; Roberts, 2012).

Insang harus diperiksa segera setelah dilakukan pembedahan pada ikan untuk keperluan pemeriksaan karena struktur filamennya cepat mengalami perubahan. Pemeriksaan dilakukan pada setiap lengkung insang dengan mencatat warna, produksi mukus, penyatuan lamela, perdarahan, dan bagian yang mengalami nekrosis. Preparat basah dapat memperlihatkan parasit, sisa jaringan, atau kumpulan bakteri. Pemeriksaan histologi selanjutnya digunakan untuk mengetahui pola kerusakan jaringan. Sampel usap untuk kultur bakteri diambil dari bagian insang yang

baru mengalami perubahan, bukan dari jaringan yang telah membusuk dan dipenuhi berbagai jenis bakteri.

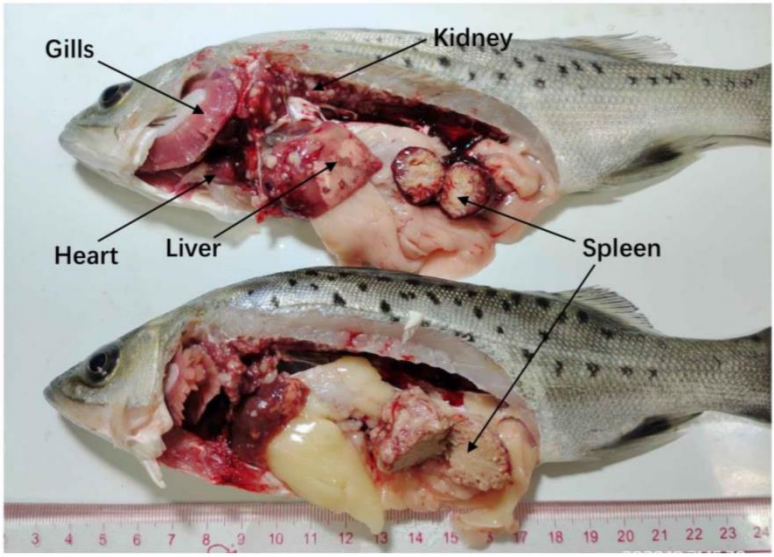
Pada lesi kulit, sampel dari tepi lesi yang masih aktif lebih informatif dibandingkan sampel dari pusat luka. Sampel dapat dibagi untuk pemeriksaan langsung, kultur bakteri, dan histologi. Alat maupun bahan pengawet untuk setiap jenis pemeriksaan tidak boleh tercampur. Apabila hanya tersedia sampel usap dari permukaan tubuh, keterbatasan hasilnya perlu dijelaskan karena bakteri yang paling banyak ditemukan pada permukaan belum tentu menjadi penyebab awal penyakit. Pengambilan ulang sampel dari ikan yang baru sakit dapat membantu membedakan bakteri penyebab penyakit dari bakteri yang tumbuh setelah jaringan mengalami kerusakan.

Tindakan awal ditujukan untuk melindungi kulit dan insang dari kerusakan lebih lanjut. Penanganan ikan perlu dihentikan sementara, sedangkan padatan dan bahan organik dikurangi secara bertahap. Oksigenasi ditingkatkan dan kualitas air diperbaiki tanpa menimbulkan perubahan secara mendadak. Perlakuan perendaman yang dapat mengiritasi insang harus digunakan secara hati-hati karena berisiko memperburuk keadaan hipoksia. Respons ikan setelah perbaikan lingkungan perlu dicatat sebagai bagian dari evaluasi diagnosis.

4.9 Mycobacteriosis

Mycobacteriosis umumnya berkembang secara perlahan dan berlangsung dalam waktu lama. Ikan yang terserang dapat mengalami penurunan bobot tubuh secara bertahap, perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap, penurunan aktivitas, perubahan bentuk tubuh, mata menonjol, ulkus yang sulit sembuh, atau kematian yang terjadi satu per satu.

Pemeriksaan nekropsi dapat memperlihatkan nodul berwarna putih hingga keabu-abuan pada hati, limpa, ginjal, atau jaringan lainnya (Gambar 4.13).



Gambar 4. 13 Nodul Putih-Keabu-Abuan pada Hati, Limpa, dan Ginjal Ikan *Japanese Seabass* (*Lateolabrax Japonicus*) yang Terinfeksi *Mycobacterium Marinum*

Sumber: Huang *et al.* (2023).

Nodul dan lesi granulomatosa tidak hanya disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium*. Oleh karena itu, diagnosis perlu diperkuat melalui pewarnaan tahan asam, pemeriksaan histopatologi, kultur menggunakan media khusus, dan pemeriksaan molekuler. Metode yang digunakan dapat dipilih sesuai dengan tujuan pemeriksaan (Hashish *et al.*, 2018).

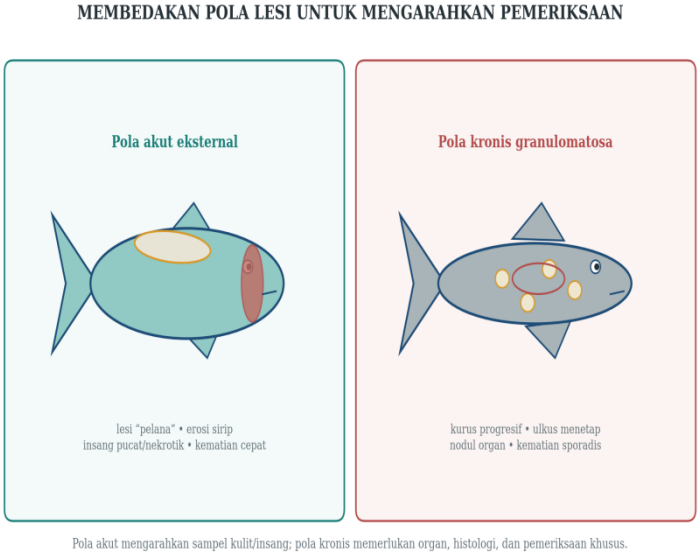
Pertumbuhan bakteri dalam media kultur umumnya memerlukan waktu lama, meskipun beberapa spesies dapat tumbuh lebih cepat. Informasi mengenai dugaan

mycobacteriosis perlu disampaikan kepada laboratorium agar prosedur dekontaminasi, jenis media, suhu, dan lama inkubasi dapat disiapkan dengan tepat. Satu hasil negatif belum tentu menghapus dugaan infeksi *Mycobacterium* karena bakteri dapat tersebar secara tidak merata di dalam jaringan. Pengambilan sampel dari beberapa organ serta penggunaan kultur bakteri dan pengamatan histologi secara bersamaan dapat meningkatkan ketepatan diagnosis.

4.9.1 Arti Perjalanan Akut dan Kronis Bagi Diagnosis

Kecepatan perkembangan penyakit membantu menentukan waktu dan jenis pemeriksaan yang diperlukan. Columnaris dapat merusak kulit atau insang dalam waktu singkat ketika kondisi lingkungan mendukung. Oleh karena itu, sampel perlu diambil sesegera mungkin dari tepi lesi yang masih segar.

Sebaliknya, mycobacteriosis cenderung berkembang secara perlahan. Tubuh kurus dan kematian sporadis mungkin baru terlihat setelah infeksi berlangsung lama. Pada kasus kronis, pemeriksaan yang hanya dilakukan pada satu ikan yang hampir mengalami kematian sering tidak dapat mewakili kondisi populasi. Infeksi sekunder dan autolisis atau kerusakan jaringan setelah kematian dapat menutupi proses penyakit yang terjadi sebelumnya (Declercq *et al.*, 2013; Hashish *et al.*, 2018).



Gambar 4. 14 Perbandingan Skematik Pola Akut Eksternal dan Pola Kronis Granulomatosa

Pada penyakit dengan pola akut eksternal, pemeriksaan diprioritaskan pada insang, mukus, kulit, dan kualitas air. Preparat basah perlu dibuat segera karena bentuk bakteri dan kondisi jaringan dapat berubah selama pengiriman sampel. Pada penyakit kronis dengan pembentukan granuloma, sampel harus mencakup nodul dan batas antara jaringan yang berubah dan jaringan yang masih tampak normal (Gambar 4.14).

Sebagian sampel jaringan difiksasi untuk pemeriksaan histologi. Bagian lainnya disimpan dalam keadaan steril untuk kultur bakteri atau pemeriksaan molekuler. Sampel untuk histologi tidak dapat menggantikan sampel untuk kultur bakteri atau analisis molekuler karena setiap pemeriksaan memberikan informasi yang berbeda.

Granuloma merupakan bentuk respons jaringan terhadap gangguan yang berlangsung lama, bukan nama suatu penyakit. *Mycobacterium* dan *Nocardia* merupakan dua kelompok bakteri yang perlu dipertimbangkan, tetapi agen penyakit lainnya atau benda asing juga dapat menghasilkan struktur yang menyerupai granuloma. Hasil pewarnaan tahan asam yang positif mendukung dugaan mycobacteriosis. Namun, hasilnya dapat dipengaruhi oleh jumlah bakteri di dalam jaringan dan kualitas preparat. Kesimpulan diagnosis menjadi lebih kuat apabila hasil pengamatan histologi, deteksi bakteri, perjalanan penyakit yang kronis, dan pola penyebaran lesi pada beberapa ikan menunjukkan kesesuaian.

4.9.2 Pencegahan dan Pengendalian Mycobacteriosis

Pencegahan mycobacteriosis perlu dilakukan pada tingkat populasi karena penyakit berkembang secara kronis dan ikan pembawa dapat tidak menunjukkan tanda yang jelas. Benih sebaiknya berasal dari sumber yang dapat ditelusuri dan menjalani masa pengamatan sebelum digabungkan dengan stok lama. Kelompok umur dipisahkan, perpindahan ikan dibatasi, bangkai ikan segera dikeluarkan, dan peralatan tidak digunakan antarkolam tanpa melalui pembersihan serta disinfeksi. Pengurangan sedimen, sisa organik, dan *biofilm* juga penting karena bagian tersebut dapat mempertahankan bakteri di dalam sistem pemeliharaan (Hashish *et al.*, 2018; Noga, 2010).

Jika infeksi telah dikonfirmasi, unit yang terdampak dipetakan dan tidak boleh menjadi sumber perpindahan ikan ke unit lainnya. Pemeriksaan ulang dilakukan pada beberapa ikan yang mewakili kelompok berbeda untuk menilai luas penyebaran penyakit. Pengobatan massal umumnya sulit dilakukan dan belum tentu menghilangkan ikan pembawa penyakit, sehingga

pilihan pengendalian dapat mencakup pemisahan stok, pengurangan bertahap populasi terinfeksi, pembersihan sistem, dan pengisian kembali menggunakan benih yang sehat. Keberhasilan tindakan dinilai dari berkurangnya kasus baru, stabilnya mortalitas, dan hasil pemeriksaan ulang setelah sistem dibersihkan (Hashish *et al.*, 2018).

4.10 Penggunaan Antimikroba secara Bertanggung Jawab

Antimikroba bukan tindakan pertama untuk mengatasi setiap peningkatan kematian. Oksigen, suhu, amonia, nitrit, aliran air, kepadatan, dan riwayat penanganan perlu dinilai lebih dahulu. Kondisi yang mengancam kehidupan ikan segera diperbaiki, kemudian sampel dari ikan yang baru menunjukkan gejala diambil sebelum terapi dimulai. Antimikroba dipertimbangkan apabila bukti klinis dan laboratorium mendukung infeksi bakteri serta cara pemberiannya memungkinkan ikan menerima dosis yang memadai (FAO, 2019; WOAH, 2025).

Pemilihan obat sebaiknya didasarkan pada identifikasi agen dan AST yang menggunakan metode terstandar. Hasil AST menunjukkan respons bakteri pada kondisi laboratorium, tetapi tidak menjamin keberhasilan terapi di kolam. Interpretasinya tetap harus mempertimbangkan lokasi infeksi, spesies dan ukuran ikan, suhu air, rute pemberian, kemampuan ikan makan, serta ketersediaan kriteria interpretasi untuk bakteri akuatik yang diuji (CLSI, 2020a, 2020b).

Obat yang dipilih harus memiliki status penggunaan yang sesuai. Dosis, lama pemberian, pencampuran pakan, penyimpanan, dan masa henti obat mengikuti ketentuan yang berlaku serta arahan dari teknisi yang berwenang. Perhitungan dosis perlu menggunakan biomassa ikan dan

konsumsi pakan aktual, bukan hanya jumlah pakan yang direncanakan. Pencatatan sekurang-kurangnya memuat identitas unit, hasil diagnosis dan AST, nama serta nomor *batch* produk, dosis, tanggal pemberian, jumlah pakan termedikasi, mortalitas, respons klinis, dan masa henti obat (KKP, 2024, 2025).

Kebutuhan antimikroba dapat dikurangi melalui tindakan vaksinasi yang sesuai, penggunaan benih yang sehat, pengelolaan kualitas air, kepadatan yang terkendali, nutrisi yang memadai, sanitasi, dan pembatasan perpindahan agen penyakit. Perlindungan vaksin dipengaruhi oleh kecocokan antigen, ukuran dan kondisi ikan, cara aplikasi, serta waktu yang tersedia untuk membentuk kekebalan. Oleh karena itu, vaksin merupakan bagian dari pencegahan terpadu, bukan pengganti biosekuriti dan manajemen lingkungan (Pridgeon & Klesius, 2012).

4.10.1 Alur Pengambilan Keputusan Terapi

Keputusan terapi dapat disusun melalui pertanyaan berurutan pada Tabel 4.2. Urutan ini membantu tim memisahkan tindakan penyelamatan yang harus dilakukan segera dari keputusan antimikroba yang memerlukan bukti. Jika salah satu syarat utama belum terpenuhi, perbaikan lingkungan, pengambilan sampel ulang, atau cara pengendalian lainnya lebih tepat dilakukan daripada mengganti obat secara empiris.

Tabel 4. 2 Alur Keputusan Penggunaan Antimikroba pada Wabah Penyakit Bakterial Ikan

Pertanyaan kunci	Bukti yang diperiksa	Tindakan yang dipilih
Adakah ancaman yang harus segera dikoreksi?	Oksigen, suhu, amonia, nitrit, aliran air, serta pola kematian	Stabilkan kondisi ikan dan ambil sampel sebelum terapi apabila keadaan memungkinkan
Apakah infeksi bakteri cukup kuat diduga?	Riwayat, lesi, preparat langsung, kultur bakteri dari organ internal, dan histologi	Lanjutkan penilaian terapi jika bukti saling mendukung; evaluasi diagnosis lainnya jika bukti lemah
Apakah ikan masih dapat menerima obat?	Konsumsi pakan aktual, sebaran ukuran, dan proporsi ikan yang anoreksia	Gunakan pakan termedikasi hanya jika dosis dapat diterima secara cukup dan merata
Obat apa yang paling tepat?	Identifikasi agen penyakit, hasil AST, organ target, status registrasi, dan masa henti obat	Pilih obat yang diizinkan dan paling sesuai; hindari penggantian obat tanpa dasar
Apakah pemberian berlangsung sesuai rencana?	Biomassa, jumlah pakan yang termakan, homogenitas campuran, dosis, dan lama pemberian	Koreksi kesalahan pelaksanaan tanpa menurunkan dosis atau memperpanjang terapi secara sembarang
Apakah populasi menunjukkan perbaikan?	Tren mortalitas, lesi baru, perilaku, konsumsi pakan, dan kualitas air	Lanjutkan sesuai rencana bila respons sesuai; jika tidak, periksa ulang diagnosis, dosis, dan faktor lingkungan

4.10.2 Memantau Respons dan Mengevaluasi Wabah Penyakit

Respons pengendalian dinilai dari perubahan pada populasi, bukan dari tampilan satu ekor ikan. Indikator utama meliputi penurunan mortalitas harian, berkurangnya lesi baru, perbaikan konsumsi pakan dan perilaku, serta kestabilan kualitas air. Luka lama dapat memerlukan waktu lebih panjang untuk sembuh, sehingga keberadaannya tidak selalu menandakan terapi gagal. Sebaliknya, mortalitas yang tetap meningkat, anoreksia yang meluas, atau munculnya pola lesi baru menunjukkan perlunya penilaian ulang.

Setelah wabah terkendali, catatan kejadian digunakan untuk menelusuri titik awal masalah, jalur penyebaran, waktu pengambilan sampel, tindakan yang diberikan, dan respons populasi. Hasil evaluasi kemudian diterjemahkan menjadi perubahan prosedur, misalnya pengaturan kepadatan, jadwal pemantauan kualitas air, pemisahan peralatan antarkolam, tata cara sortasi, atau rencana vaksinasi. Dengan cara ini, penanganan wabah menghasilkan perbaikan sistem dan tidak berhenti pada turunnya mortalitas saat itu.

DAFTAR PUSTAKA

Adah, D. A., Saidu, L., Oniye, S. J., Adah, A. S., Daoudu, O. B., & Ola-Fadunsin, S. D. (2024). Molecular characterization and antibiotics resistance of Aeromonas species isolated from farmed African catfish Clarias gariepinus Burchell, 1822. *BMC Veterinary Research, 20*, Article 16. https://doi.org/10.1186/s12917-023-03860-5

Amal, M. N. A., & Zamri-Saad, M. (2011). Streptococcosis in tilapia (Oreochromis niloticus): A review. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 34*(2), 195–206.

Amalina, N. Z., Santha, S., Zulperi, D., Amal, M. N. A., Yusof, M. T., Zamri-Saad, M., & Ina-Salwany, M. Y. (2019). Prevalence, antimicrobial susceptibility and plasmid profiling of Vibrio spp. isolated from cultured groupers in Peninsular Malaysia. *BMC Microbiology, 19*, Article 251. https://doi.org/10.1186/s12866-019-1624-2

Armwood, A. R., Griffin, M. J., Richardson, B. M., Wise, D. J., Ware, C., & Camus, A. C. (2022). Pathology and virulence of Edwardsiella tarda, Edwardsiella piscicida, and Edwardsiella anguillarum in channel (Ictalurus punctatus), blue (Ictalurus furcatus), and channel × blue hybrid catfish. *Journal of Fish Diseases, 45*(11), 1683–1698. https://doi.org/10.1111/jfd.13691

Austin, B., & Austin, D. A. (2016). *Bacterial fish pathogens: Disease of farmed and wild fish* (6th ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32674-0

CLSI. (2020a). *Methods for antimicrobial broth dilution and disk diffusion susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals* (3rd ed.; CLSI Standard VET03).

CLSI. (2020b). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals* (3rd ed.; CLSI Supplement VET04).

Declercq, A. M., Haesebrouck, F., Van den Broeck, W., Bossier, P., & Decostere, A. (2013). Columnaris disease in fish: A review with emphasis on bacterium–host interactions. *Veterinary Research, 44*, Article 27. https://doi.org/10.1186/1297-9716-44-27

FAO. (2019). *Aquaculture development: Recommendations for prudent and responsible use of veterinary medicines in aquaculture* (FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 5, Suppl. 8).

Hashish, E., Merwad, A., Elgaml, S., Amer, A., Kamal, H., Elsadek, A., Marei, A., & Sitohy, M. (2018). Mycobacterium marinum infection in fish and man: Epidemiology, pathophysiology and management; a review. *Microbial Pathogenesis, 124*, 163–169. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.08.033

Heckman, T. I., Yazdi, Z., Older, C. E., Griffin, M. J., Waldbieser, G. C., Chow, A. M., Medina Silva, I., Anenson, K. M., García, J. C., LaFrentz, B. R., Slavic, D., Toohey-Kurth, K. L., Yant, P., Fritz, H. M., Henderson, E. E., McDowall, R., Cai, H., Adkison, M., & Soto, E. (2024). Redefining piscine lactococcosis. *Applied and Environmental Microbiology, 90*(5), e02349-23. https://doi.org/10.1128/aem.02349-23

Huang, W., Lin, C., Wen, C., Jiang, B., & Su, Y. (2024). Analysis of the prevalence of bacterial pathogens and antimicrobial resistance patterns of Edwardsiella piscicida in largemouth bass (Micropterus salmoides) from Guangdong, China. *Pathogens, 13*(11), 987. https://doi.org/10.3390/pathogens13110987

Huang, Z., Xu, L., Yang, S., Cai, S., Jian, J., & Huang, Y. (2023). A case of mycobacteriosis in cultured Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) in Southern China. *Fishes, 8*(1), Article 33. https://doi.org/10.3390/fishes8010033

Janda, J. M., & Abbott, S. L. (2010). The genus *Aeromonas*: Taxonomy, pathogenicity, and infection. *Clinical Microbiology Reviews, 23*(1), 35–73. https://doi.org/10.1128/CMR.00039-09

Kamble, M. T., Gallardo, W., Salin, K. R., Pumpuang, S., Chavan, B. R., Bhujel, R. C., Medhe, S. V., Kettawan, A., Thompson, K. D., & Pirarat, N. (2024). Effect of Moringa oleifera leaf extract on the growth performance, hematology, innate immunity, and disease resistance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) against Streptococcus agalactiae biotype 2. *Animals, 14*(6), 953. https://doi.org/10.3390/ani14060953

KKP. (2024). *Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2024 tentang obat ikan*. https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6686

KKP. (2025). *Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2025 tentang nilai ambang batas residu pada ikan konsumsi hasil pembudidayaan*. https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/6809

Miller, R. A., & Harbottle, H. (2018). Antimicrobial drug resistance in fish pathogens. *Microbiology Spectrum, 6*(1). https://doi.org/10.1128/microbiolspec.ARBA-0017-2017

Mohanty, B. R., & Sahoo, P. K. (2007). Edwardsiellosis in fish: A brief review. *Journal of Biosciences, 32*(7), 1331–1344. https://doi.org/10.1007/s12038-007-0143-8

Noga, E. J. (2010). *Fish disease: Diagnosis and treatment* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Pridgeon, J. W., & Klesius, P. H. (2012). Major bacterial diseases in aquaculture and their vaccine development. *CAB Reviews, 7*, Article 048. https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20127048

Roberts, R. J. (Ed.). (2012). *Fish pathology* (4th ed.). Wiley-Blackwell.

Salogni, C., Bertasio, C., Accini, A., Gibelli, L. R., Pigoli, C., Susini, F., Podavini, E., Scali, F., Varisco, G., & Alborali, G. L. (2024). The characterisation of Lactococcus garvieae isolated in an outbreak of septicaemic disease in farmed sea bass (Dicentrarchus labrax, Linnaeus 1758) in Italy. *Pathogens, 13*(1), 49. https://doi.org/10.3390/pathogens13010049

Sudheesh, P. S., Al-Ghabshi, A., Al-Mazrooei, N., & Al-Habsi, S. (2012). Comparative pathogenomics of bacteria causing infectious diseases in fish. *International Journal of Evolutionary Biology, 2012*, Article 457264. https://doi.org/10.1155/2012/457264

Toranzo, A. E., Magariños, B., & Romalde, J. L. (2005). A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems. *Aquaculture, 246*(1–4), 37–61. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.01.002

Utami, D. A. S., Widanarni, & Suprayudi, M. A. (2015). Administration of microencapsulated probiotic at different doses to control streptococcosis in tilapia (Oreochromis niloticus). *Microbiology Indonesia, 9*(1), 17–24. https://doi.org/10.5454/mi.9.1.3

Wahjuningrum, D., Fitrianingrum, I. D. N., Widanarni, & Utami, D. A. S. (2021). Banana (Musa paradisiaca) midrib extract as a curative agent of motile aeromonad septicemia in giant gourami (Osphronemus gouramy). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 21*(12), 589–602. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v21_12_02

WOAH. (2025). *Aquatic animal health code*. https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/

BAB 5
PENYAKIT JAMUR PADA IKAN

Oleh Anwar Hidayat Dahri

Faktor penting yang menjadi hambatan utama dalam usaha budidaya ikan air tawar dan air payau adalah kemunculan penyakit pada ikan. Salah satu penyakit yang bisa terjadi pada ikan adalah penyakit yang disebabkan oleh jamur. Infeksi jamur bisa menyerang bagian-bagian dalam organ baik sebagian atau keseluruhan tubuh ikan. Penyebab diantaranya adalah seperti air kolam budidaya yang buruk serta keadaan lingkungan yang tidak mendukung, bertambah luasnya areal usaha budidaya, pola budidaya yang sangat intensif, kurang monitoring usaha pada areal budidaya, masuknya ikan baru dalam suatu wilayah yang tidak disertai dengan studi Import Risk Analisis (IRA) menunjukkan bahwa beberapa faktor lain lagi seperti pencemaran lingkungan, kurangnya gizi, suhu yang tidak sesuai, oksigen terlarut yang rendah, serta kandungan bahan organik yang tinggi di lingkungan tertentu dapat mempercepat pertumbuhan jamur. Selain itu, jamur juga bisa menghambat kemampuan telur ikan untuk menetas, sehingga mengurangi jumlah ikan yang berhasil berkembang. Infeksi jamur menyerang pada ikan yang tidak sehat seperti ikan yang mengalami luka fisik, ikan yang mengalami stres, penurunan daya tahan tubuh akibat lingkungan air yang kurang baik.

Penyakit jamur tidak saja menyerang ikan yang dewasa juga dapat menyerang pada telur dan benih ikan, jika tidak ditangani sejak awal penyakit ini dapat menyebar secara

keseluruhan dan menyebabkan kematian dalam jumlah yang banyak. Oleh karena itu pemahaman tentang penyakit jamur pada ikan sangat dibutuhkan agar dapat dilakukan upaya pencegahan sedini mungkin dan mengetahui cara penangganannya.

5.1 Karekteristik Jamur

Jamur disebut Mycology, yang berasal dari kata myco dan logy. Myco berarti fungi, Mykes dari bahasa yunani, dan Mashrom berasal dari bahasa Inggris. Ada istilah lain untuk jamur ,yaitu cendawan atau fungi. Jamur memiliki ciri khusus berupa dinding sel dari katin atau selulosa, tidak berkrolil. serta membentuk struktur buah. Kapang adalah kelompok fungi multiseluler yang tumbuh dalam bentuk benang-benang halus berukuran mikroskopis yang disebut dengan hifa, sedangkan khasmir adalah organisme yang tidak membentuk hifa.

Jamur termasuk dalam kategori organisme eurukariotik, nonvascular, nonmitil dan memproduksi spora secara seksual dan aseksual yang mempunyai ciri tidak memiliki klorofil, bersifat heterotrof, dan dinding selnya tersusun atas zat kitin. Umumnya hidup ditempat lembab, Jamur mendapatkan nutrisi dengan cara menyerap zat organik dari lingkungan sekitarnya sehingga tidak bisa melakukan fotosintesis. Jamur mampu menghasilkan exoenzim, menyimpan cadangan makanan dalam bentuk glikogen, dan membran sel mengandung sterol dan ergosterol.

Jamur heterotrop memerlukan bahan organik yang hidup atau bahan organik yang mati sebagai bahan baku untuk pertumbuhan dan reproduksi. Jamur juga mampu hidup pada perairan tawar atau air payau pada suhu dingin atau panas. (Khairyah 2012) menunjukkan ada beberapa jenis jamur yang terdapat pada ikan yaitu : *Penicillium glabrum, Rhizopus oryzae, Aspergillus flayus, A. Niger, A.*

Candidus, Saprolegnia, Fusarium dan Curvalaria Curvularia lunata

Jamur secara nutrisional dapat berperan sebagai saprofita, parasitis dan mutualisme scavenger yang penting dalam siklus karbon, nitrogen, nutrient mineral (selulosa, lignim dan lain-lain), mengubah bahan-bahan tersebut menjadi molekul sederhana yang dapat digunakan oleh jamur atau organisme lainnya

Jamur yang bersifat parasitis, dapat hidup sebagai inang pada diatom, tumbuhan, hewan, manusia, dan memanfaatkan bahan organik dari organisme hidup secara nutrisi. Dalam hubungan simbiosis mutualisme, jamur dapat berkolaborasi dengan akar tumbuhan melalui strultur yang disebut *mycorrhizae*.

5.2 Jamur pada Ikan

Jamur pada ikan disebabkan oleh organisme jamur (fungi) atau jamur yang tubuh pada jaringan tubuh ikan. Penyakit ini biasanya di tandai dengan munculnya benang-benang putih menyerupai kapas pada permukaan tubuh ikan, yang menyebar pada kulit, sirip, telur ikan, juga menyerang ikan yang lemah atau mengalami kerusakan jaringan tubuh.

Masalah jamur selalu banyak ditemui oleh pembudidaya ikan baik dalam skala kecil maupun untuk skala besar. Kekhususnya jamur biasanya bersifat sekunder. Artinya Jamur umumnya tidak menyerang ikan yang dalam kondisi sehat, tetapi lebih cenderung menyerang ikan yang sedang stres, terluka, atau daya tahan tubuhnya menurun karena kualitas air yang tidak baik.

5.3 Manfaat Jamur pada Bidang Perikanan

Manfaat organisme jamur bagi manusia dan lingkungan diantaranya adalah :

1. Mampu menguraikan sisa-sisa bahan organik
   - amur mampu menguraikan sisa pakan pada kotoran ikan, dan organisme yang telah mati di dalam perairan dan menjaga kebersihan lingkungan disekitar kolam.
2. Mampu menjaga keseimbangan ekosistem
   - Jamur mampu mengembalikan unsur hara ke lingkungan perairan yang dapat dimanfaatkan oleh organisme lain
3. Sebagai sumber makanan secara tidak langsung bagi organisme perairan
4. Dapat menunjang kualitas perairan

5.4 Kerugian Jamur pada Bidang Perikanan

Kerugian jamur pada bidang perikanan adalah :

1. Menyebab banyak ikan mengalami kematian bahkan menjadi penyakit pada ikan sehingga ikan menjadi lemah, menghabat pertumbuhan, sehingga menimbulkan kematian
2. Dapat menyebabkan telur-telur ikan membusuk dan gagal panen
3. Produksi perikanan menjadi menurun karena meningkatnya angka kematian ikan.
4. Menyebabkan keerugian ekonomi bagi pembudidaya karena terbebani biaya pengobatan dan hasil panen yang berkurang

5. Dapat menurunkan kualitas ikan yang akan di panen.

5.5 Jenis-jenis Jamur Penyebab Penyakit Pada Ikan

5.5.1 Jamur Saprolegnia

Klarifikasi *Saprolegnia* menurut Mayer (2005) adalah sebagai berikut :

Filum : Heterokonta

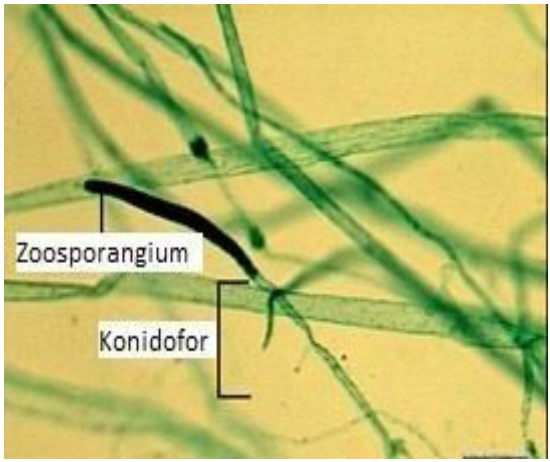
Kelas : Phycomycetes

Orde : Saprolegniales

Famili : Saprolegniaceae

Genus : *Saprolegnia*

Spesies : *Saprolegnia* sp



Gambar 5. 1 Morfologi *Saprolegnea sp.*

(Sumber : Barnet and Hunter (1998)

Penyakit *Saprolegniasis* adalah penyakit yang disebabkan oleh jamur *Saprolegnia*. Jamur *Saprolegnia* hidup di perairan payau dan biasanya ditemukan pada salinitas 2 hingga 3 ppm. Jamur *Saprolegnia* mampu menular pada semua jenis ikan yang hidup di air tawar seperti ikan mas, ikan tawes, ikan gabus, ikan gurami, ikan lele, dan ikan mujahir. Jamur ini sering disebut fish mold karena kemampuannya menyerang ikan dan telur Saprolegnia diserang setelah ikan tersebut terlebih dahulu terinfeksi bakteri dan parasit (*Argulus Lernea*, *Trichodina*) hal ini disebabkan penanganan yang kurang baik.

Saprolegnia sp adalah salah satu jenis jamur yang terdapat di berbagai belahan dunia. Jamur *Saprolegnia sp* berkembang biak dengan cara reproduksi seksual maupun aseksual. Mempunyai hifa yang panjang, bercabang, dan aseptan. Secara aseksual, reproduksi dilakukan dengan spora mengunakan dua buah rabut getar (biflagellata). Pada awalnya ujung mycelium mengalami pertumbuhan kemudian membentuk kantong spora yang berisi ribuan zoospora. Zoospora yang telah matang akan keluar dari sporongia berenang dalam air dengan rambut getar untuk segera menempelkan dirinya pada ikan dan telur ikan.

Secara seksual, Zoospra mampu berkembang biak melalui air, angin, dan lain-lain. Jamur *Saprolegnia* sp hidup pada dibawah 5 derajat celcius, suhu yang paling baik 5 hingga 30 derajat celcius, pertumbuhan jamur ini melambat jika suhunya berada pada 5 derajat hingga 15 derajat celcius, namun tumbuh dengan cepat pada suhu 18 hingga 26 derajat celcius.

Ikan dan telur ikan yang terkena jamur mudah dikenali, karena bagian organ ikan pada bagian luar tampak jelas. Telur yang terinfeksi ditumbuh mycelium jamur yang berbentuk seperti gumpalan benang yang

halus dan putih seperti kapas, sehingga disebut *white cottony growth* biasanya muncul di bagian kepala, tutup insang, atau sekitar sirip. Serangan pada ikan dewasa biasanya terjadi di bagian kulit yang sudah terluka. Telur ikan yang terinfeksi terlihat seperti tertutup kapur.

Ikan yang terinfeksi jamur saprolegnia bisa disembuhkan dengan cara direndam dalam larutan malachite green oxalat dengan konsentrasi 1 ppm selama 1 jam, atau konsentrasi 0,15-0,70 ppm selama 24 jam.Selain itu, bisa juga direndam dalam formalin dengan konsentrasi 100-200 ppm selama 1-3 jam. Cara lain adalah dengan menggunakan NaCl dengan konsentrasi 20 ppm selama 1 jam, atau NaCl dengan konsentrasi 5% selama 1-2 detik, atau NaCl dengan konsentrasi 1,5% selama 20-30 menit. Obat lain yang bisa digunakan adalah malachite green dengan konsentrasi 5 ppm selama 1 jam atau 66,7 ppm selama 10 hingga 30 detik. Obat lain yang bisa digunakan adalah Malachite green dengan konsentrasi 5 ppm selama 1 jam, atau 66,7 ppm selama 10 hingga 30 detik. Formalin sebanyak 100 ppm dicampur dengan Malachite green sebanyak 2,5 ppm selama 1 jam. Ikan yang sakit terapi terpercaya menggapatkan kedalannya 5% acetic acid 30 hingga 60 detik

Telur ikan yang terkena infeksi bisa oleskan menggunakan Betadine dengan konsentrasi 1% selama 10 menit. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencegahan dengan cara merendam telur yang akan ditetaskan ke dalam larutan Ovadine atau Betadine dengan konsentrasi 100 hingga 200 ppm selama 10 hingga 15 menit. Telur yang akan ditetaskan juga bisa direndam dalam larutan formalin atau sulfat koper dengan konsentrasi 150 hingga 250 ppm selama 15 menit. Benih ikan yang akan direndam dalam larutan formalin dengan konsentrasi 150 hingga 250 ppm selama 15 menit, atau

larutan sulfat tembaga ($CuSO_4$) dengan konsentrasi 50 ppm selama 30 hingga 60 menit.

Saprolegnia sp dapat menyerang ikan ketika kondisi air tidak baik, misalnya aliran air tidak cukup, kadar oksigen terlarut rendah, kadar amonia tinggi, atau adanya banyak bahan organik. Bakteri yang hidup di luar tubuh ikan seperti parasit bisa menyebabkan penyakit yang disebut saprolegniasis.

Saprolegnia menyerang kulit ikan, biasanya dimulai di bagian sirip lalu menyebar ke permukaan tubuh. Spora masuk ke dalam tubuh ikan ketika kulit atau insangnya terluka akibat gesekan fisik, infeksi parasit, atau bakteri, terutama saat daya tahan tubuh ikan dalam kondisi yang lemah (Ramaiah, 2006).

5.5.2 Jamur *Asergillus Flayus*

Thorm (1918) in Summerbell (1986) mengklarifikasikan *Asergillus Flayus. Sp* sebagai berikut

Filum : Heterokonta

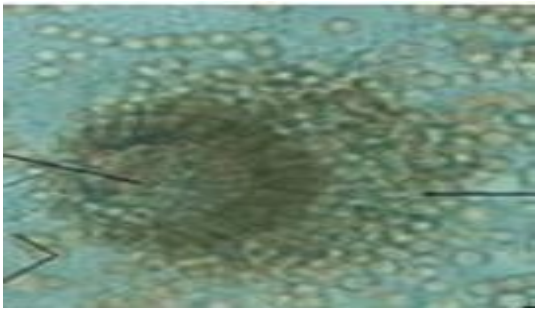
Kelas : Eurotiomycetes

Orde : Eurotiales

Famili : Trichocomaceae

Genus : Aspergillus

Spesies : *Aspergillus flavus*



Gambar 5. 2 Morfologi *Aspergillus Flavus*

(Sumber Safika, 2008)

Aspergillus flavus merupakan kapang (jamur tingkat rendah) yang termasuk dalam filum Ascomycota. Jamur *Aspergillus flavus* terkenal pada penelitian ilmiah dan industri, terutama mempunyai kemampuannya menghasilkan mikotoksik atau racun yang sangat berbahaya bagi manusia dan hewan, namun juga memiliki kegunaa sangat banyak dalam proses fermentasi tertentu. Ciri lain dari *Aspergillus flavus* adalah mempunyai dinding yang tipis bentuknya seperti lingkaran. *A. flavus* mempunyai warna kunin kehijauan (Khairyah, 2012).

A. flavus adalah penghasil utama karsinogenik aflatoksin (Rodrigues *et al,* 2009). Makanan yang tercemar aflatoksin, sulit untuk dibersihkan karena zat tersebut tahan terhadap panas (268-269 derajat celsius). Pemanasan hingga suhu 150 derajat celsius hanya menurunkan konsentrasi aflatoksin 33 hingga 75 persen. Dalam proses pengolahan, seperti penyangraian, penggorengan, dan fermentasi hanya dapat mengurangi kandungan aflatoksin sebesar 73 hingga 87 persen (Safika, 2008). *A. flavus* bisa menyebabkan manusia mengalami aspergillosis klinis (Thakur *et al.,* 2015).

Infeksi *Aspergillus flavus* pada ikan umunnya dipicu oleh kondisi lingkungan kolam atau tempat budaidaya yan buruk antara lain adalah :

1. Kualitas Air Rendah : tingginya kadar amonia, bahan organik menumpuk, oksigen terlarut yang rendah, serta suhu air yang terlalu hangat mempermudah jamur berkembang biak.
2. Kontaminasi Pakan: Penggunaan pakan komersial (pellet) yang disimpan di tempat lembab sehingga berjamur merupakan jalur utama masuknya spora dan racun *aflatoksin* ke dalam pencernaan ikan.
3. Luka Fisik : Gesekan alat tangkap, serangan parasit kulit, atau perkelahian antar-ikan menciptakan celah pada lendir dan sisik terlindung ikan yang menjadi pintu masuk hifa jamur.

Jamur *Aspergillus flavus* dapat menyerang pada bagian dalam tubuh ikan dan juga luar maupun organ bagian dalam tubuh ikan.

a. Gejala eksternal pada bagian kulit, sirip dan imsang
    - Terdapat bercak putih, keabu-abuan, hingga kehijauan (sesuai warna spora *A. flavus*) yang menyerupai kapas atau lapisan beludru pada permukaan kulit, kepala, atau pangkal sirip.
    - Terjadi kerontokan sisik, erosi sirip (sirip geripis/robek), hingga terbentuknya luka terbuka (ulkus).
    - Kerusakan radang pada insang (insang pucat atau mengalami nekrosis/kematian jaringan), membuat ikan sering berenang di permukaan untuk mengambil oksigen.

b. Gejala Internal (organ bagian dalam)

- Hifa jamur dapat menembus pembuluh darah dan menyebar ke organ dalam seperti hati (liver), ginjal, dan limpa.
- Hati ikan yang terinfeksi biasanya mengalami pembengkakan, perubahan warna menjadi pucat/kekuningan, atau mengalami perlemakan hati akibat efek racun aflatoksin.
- Perut ikan tampak membuncit akibat akumulasi cairan di rongga perut (dropsy/asites).

Jamur *Aspergillus flavus* dapat mengubah perilaku ikan menjadi kurang nafsu makan, berenang menjadi melemah, menyendiri pada dasar kolam atau di dekat saluran pembuangan dan pemasukan air

Cara mengobati ikan yang terinfeksi Jamur *Asergillus Flayus* adalah dengan menggunakan perendaman garam dapur (NaCl) selama 3-5 menit dengan dosis 15-30 menit, pemakaian Methylene Blue (MB) dengan cara direndam ikan dengan dosis 1-2 mg/liter air, Kalium Permanganat / PK dengan dosis rendah 2-4 mg/liter air selama 30-60 menit dengan pengawasan yang sangat ketat, pengunaan Kloramin-T digunakan untuk menstrilkan air kolam, dan pindahkan ikan yang sudah menunjukan gejala terinfeksi berat ke kolam karangtina agar spora jamur tidak menular pada ikan yang sakit

5.5.3 Jamur *Penicillum Glabrum*

Link (1809) in Summerbell (1996) mengklarifikasikan *Penicillium glabrum* adalah sebagai berikut :

Filum : Ascomycota

Kelas : Eurotiomycetes

Orde : Eurotiales

Famili : Trichocomaceae

Genus : *Penicillium*

Spesies : *Penicillium gabrum*



Gambar 5. 3 Morfologi *Penicillium Gabrum*

Sumber : Frisyad *and* Samson (2004)

Jamur *Penicillum glabrum* atau sebelumnya dikenal dengan nama *Penicillium frequentans* adalah jamur kapang saprofit yang dapat hidup di air, tanah, udara dan pada bahan organik yang sudah membusuk. Namun secara historis genus *Penicillium* biasa dikenal pada industri keju, beberapa spesiesnya termasuk *P. glabrum* kini diidentifikasi sebagai patogen oportunistik pada ikan air tawar maupun ikan air laut. Serangan jamur dari genus ini pada ikan memicu kondisi penyakit yang disebut Penisiliosis (Penicilliosis).

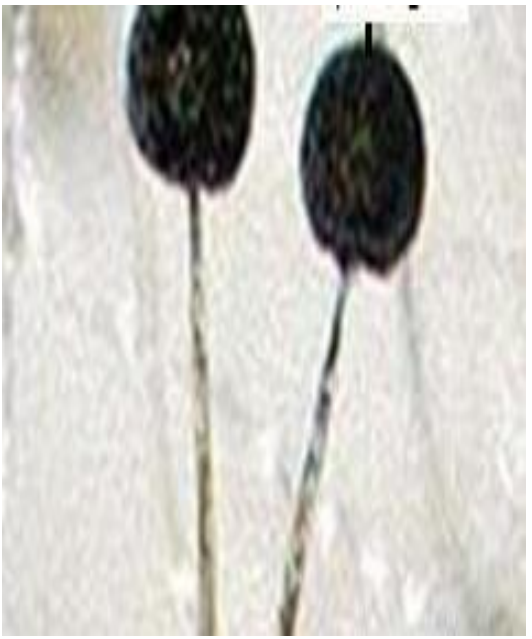
Penicillium sp, sangat dikenal oleh masyarakat karena sering digunakan untuk membuat antibiotik, (Sasrahidayat 2011). *P. glabrum* memiliki koloni yang berwarna hijau tua dan agak abu-abu, memiliki hifa yang terbagi menjadi bagian-bagian, serta membentuk struktur spora yang disebut konidium. Konidium ini memiliki tangkai yang disebut konidofor (Khairyah 2012). Konidofor *P. glabrum* membentuk rantai panjang yang disebut phialid, dengan jumlah mencapai 10 hingga 12 baris. Spora yang dihasilkan phiali disebut dengan konidia. Konidia berbentuk bulat atau agak bulat yang membentuk rantai, memiliki diameter sebesar 3 hingga 3,5 mikrometer. *P. glabrum* bisa tumbuh di berbagai suhu, mulai dari 6^0C sampai 33^0C, tetapi suhu terbaik untuk tumbuhnya adalah 25^0C. *P. Glabrum* bisa mengeluarkan racun mikotoksin yang tidak baik untuk manusia (Sastrahidayat 2011).

Cara mengobati ikan yang terinfeksi Jamur *Penicillum glabrum* segera memindahkan ikan yang terinfeksi agar jamur tidak meyebar ke ikan yang sehat, stabilkan suhu air berkisar antara 28^0C-30 ^{0}C hal ini membantu menghambat pertumbuhan spora jamur, gunakan obat Methylene Blue (MB) sebagai obat anti jamur dengan dosis 1-2 mg/liter air, Garam (NaCl) dengan merendam singkat antara 1-3 gram perliter air selama 5-15 menit, Acriflavine atau Potassium Permanganate (PK) dengan dosis disesuaikan dengan label produk yang digunakan, gantikan air kolam setiap 1-2 hari sebanyak 20-30%, berikan pakan yang kaya akan nutrisi agar ikan cepat pulih kembali.

5.5.4 Jamur *Rhizopus Oryzae*

Ehrenberg (1820) in Summerbell (1996) mengklarifikasikan *Rhizopus oryzae* adalah sebagai berikut :

Divisi : Zygomycota
Kelas : Zygomycota
Ordo : Mucorales
Famili : Mucoraceae
Genus : *Rhizopus*
Spesies : *Rhizopus oryzae*



Gambar 5. 4 Rhizopus *Oryzae*

Sumber: Dewi dan Aziz (2011)

R. oryzae umumya dikenal dengan nama jamur saprofit (misalnya dalam pembuatan tempe). Namun, dalam budidaya perikanan dan kedokteran hewan, jamur ini dapat bertindak sebagai patogen oportunistik yang menyebabkan penyakit Zygomycosis atau Mucormycosis pada ikan ketika kondisi lingkungan

buruk atau ikan mengalami stres dan luka, spora jamur ini dapat menginfeksi jaringan tubuh ikan dan menyebabkan komplikasi serius

Genus Rhizopus mempunyai ciri yang spesial yaitu memiliki hifa yang tidak dibagi oleh sekat dan mempunyai struktur seperti akar yang disebut rhizoid (Listiandiani, 2011). Rhizopus oryzae memiliki ciri yang terlihat dengan mata telanjang, yaitu bentuk koloni yang berwarna hitam dan menyerupai kapas. Ciri mikroskopis dari R.oryzae adalah memiliki bentuk seperti benang, hifa yang tidak bersepta, stolon yang halus, dan berwarna coklat. R.oryzae berukuran 18 µm sampai 1,5 µm (Khairyah, 2012).

R. Oryzae dapat berkembang pada suhu 25°C. pertama tumbuhnya hifa, warnanya terlihat putih abu-abu, dan setelah 3 hari, muncul spora yang mempunyai warna hitam kecoklatan. R. oryzae memiliki ciri khusus berupa rhizoid yang tumbuh dengan baik (Liou *et al*. 2007). R. oryzae adalah jenis jamur yang tidak mengeluarkan zat beracun, dan keberadaannya tidak menghalangi pertumbuhan ikan, bahkan sistem kekebalan tubuh ikan yang terkena infeksi (Khairyah 2012)

Cara mengobati ikan yang terinfeksi Jamur *Rhizopus oryzae* dengan beberapa cara yaitu melakukan isolasi ikan dengan tujuan agar penyebaran jamur tidak cepat menyebar, perendaman dengan mengunakan garam dengan dosis 1-3 gram per liter air, mengunakan obat anti jamur Methylene Blue/ Malachite Green dengan dosis 1-2 mg/liter air, pergantian air secara bertahap 2-3 hari dan memberikan obat yang bervitamin atau imunostimulan pada pakan untuk mempercepat pemulihan jaringan kulit ikan yang telah rusak.

5.5.5 Jamur *Curvularia Lunata*

Menurut Grigorakis (1890) in Summerbell (1929) *Curvularia lunata* diklarifikasikan sebagai berikut

Filum : Ascomycota

Kelas : Euascomycetes

Ordo : Pleosporales

Famili : Pleosporaceae

Genus : *Curvularia*

Spesies : *Curvularia lunata*



Gambar 5. 5 Morfologi *Curvularia Lunata*

Sumber : Refai and Yasid (2014)

Jamur *Curvularia lunata* merupakan jamur yang dikategorikan sebagai jamur patogen yaitu jamur yang memicu penyakit infeksi secara internal maupun ekternal yang dikenal dengansebutan misosis (mycosis).

Curvularia lunata merupakan adalah jenis jamur berfilamen (Kapang) termasuk dalam kelompok Dematiaceous fungi (jamur berfigmen gelap/ melanin).

Pada bidang perikanan, jamur ini bersifat patogen oportunistik artinya, jamur ini biasanya hidup bebas di lingkungan air atau tanah, namun akan menyerang ikan ketika kondisi tubuh ikan sedang lemah, stres, atau mengalami luka.

Curvularia lunata termasuk dalam filum Ascomycota karena menghasilkan konidia dalam kantung, termasuk dalam kelas Euascomycetes karena mempunyai ciri berfilamen dan memiliki lubang septum (Gandjar dkk.2006). Koloni *C. lunata* memiliki bentuk seperti kapas. Pada awal tumbuhnya, warna koloni terlihat abu-abu kecoklatan, sedangkan koloni yang sudah lama akan terlihat berwarna coklat kehitam-hitaman. Hifa pada *C. lunata* berwarna coklat, konidiofor juga berwarna coklat, dan menghasilkan septa yang bercabang. Konidia lurus, multisepta dengan susunan melintang. Sel inti lebih gelap dan lebih besar dibandingkan septa di ujung awal dan akhir, sehingga ketika konidium dilihat secara keseluruhan, bentuknya tampak sedikit melengkung. *Curvularia lunata* bisa tumbuh dengan baik jika suhunya sekitar 25 derajat Celsius. *Curvularia* diketahui dapat menimbulkan infeksi pada manusia serta hewan (Refai and Yasid 2014). Infeksi yang disebabkan oleh *C. lunata* bisa menginfeksi kulit (Qureshi *et al*. 2006)

Pengobatan ikan terinfeksi Jamur *Curvularia lunata* ada beberapa hal yang dilakukan adalah dengan memisahkan ikan terinfeksi ke wadah yang yang lain, perendaman garam dapur dengan dosis 1-10 gram perliter air selama beberapa jam ulangi setiap 2-3 hari. Atau melakukan pengobatan dengan memberikan obat anti jamur seperti Methylene Blue dengan dosis 1-2 mg per liter air, Malachite green digunakan sesuai dosis obat yang digunakan

5.5.7 Jamur *Fusarium*

Link (1809) *in* Summerbell (1996) mengklasifikasikan *Fusarium* berikut:

Divisi : Amastigomycota

Kelas : Deuteromycetes

Ordo : Melanconiales

Famili : Melanconiaceae

Genus : *Fusarium*

Spesies : *Fusarium* sp.



Gambar 5. 6 Morfologi *Fusarium* sp.

Sumber : Fausi dkk., (2009)

Koloni *Fusarium* mempunyai warna putih sampai kekuningan, memiliki tepi yang bergerigi, dan atas permukaan yang datar (Ngittu 2014). Spesies *Fusarium* dapat menghasilkan makrokonidia dan mikrokonidia dari struktur phialid yang ramping. Makrokonidia hialin memiliki bentuk seperti sabit dan memiliki tiga bagian. Mikrokonidia memiliki satu hingga dua sel, bentuknya hialin, berbentuk telur, dan bisa lurus atau melengkung

(Afriyeni.2013). Warna beragam, mulai dari putih sampai warna kuning, coklat, merah muda, ungu muda, dan merah. *Fusarium* tumbuh dengan baik dalam suhu antara 37 derajat celsius (Fausi dkk., 2009).

Penyebaran jamur *Fusarium* sangat luas dan menjangkau berbagai jenis organ (Ngitu, 2014). Beberapa jenis *Fusarium* bisa menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan karena memproduksi mikotoksin (Moretti, 2009).

Pengobatan ikan yang terinfeksi jamur *Fusarium* dapat dilakukan antara lain dengan melakukan perendaman garam yang sangat membantu mengotrol pertumbuhan jamur. Rendam dapat dilakukan ikan selama 10-30 menit. Jamur *Fusarium* dapat diobati dengan mengunakan Methylene Blue dengan dosis 1-2 mg perliter air bertujuan untuk mencegah terjadinya infeksi sekunder dan mematikan spora, perendaman Malachite Green juga bisa digunakan dengan dosis 0,1 mg/l. Pemberian Povidone Iodine pada bagian luka ikan dengan menggunakan cotton bud lalu biarkan 30 detik sebelum mengembalikan ikan ke air.

5.5.8 Jamur *Brachiomycosis*

Klarifikasi *Brachiomycosis. Sp* menurut Mayer (2005) adalah sebagai berikut :

Filum : Eukaryota

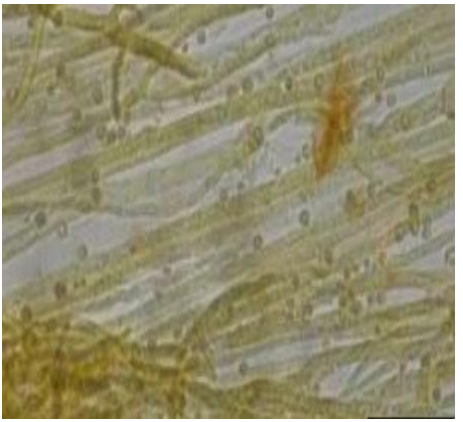
Kelas : Incertae sedis

Orde : Branchiomycetales

Famili : Branchiomycetaceae

Genus : Branchiomyce

Spesies : Branchiomyces sanguinis



Gambar 5. 7 Morfologi *Brachiomycosis*

(Sumber : Barnet and Hunter (1998)

Branchiomycosis adalah penyakit yang sangat berbahaya bagi ikan yang hidup di perairan tawar. Penyakit *brachiomycosis* terjadi karena adanya jamur Brachyomyces *sanguinis* yang biasanya terdapat pada saluran darah pada insang ikan serta jamur *Brachyomyces demigrans* yang biasanya ditemukan di luar saluran darah dan dapat menyebabkan kematian pada sel-sel jaringan. Penyakit ini biasanya muncul di kolam yang mengalami pembusukan tanaman secara berlebihan dan suhu airnya sudah melebihi 20 derajat Celsius. Oleh karena itu, penyakit ini pun sering disebut penyakit busuk ikan.

Ikan yang terinfeksi jamur bisa disembuhkan dengan menggunakan Malachite green dalam dosis 0,1 mg per liter atau 0,3 mg /per liter selama 12 jam dengan cara direndam. Bisa juga direndam dalam larutan formalin dengan konsentrasi 15 hingga 25 ml per liter.

5.5.9 Jamur *Ichthyosporidosis*

Menurut Grigorakis (1890) in Summerbell (1929) *Curvularia lunata* diklarifikasikan sebagai berikut :

Filum : Mesomycetozoea

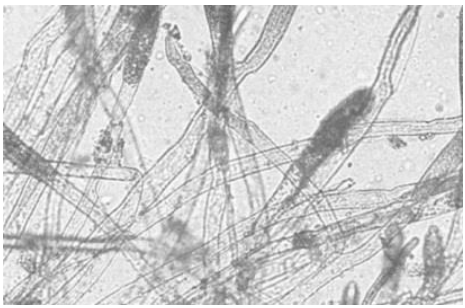
Kelas : Ichthyosporea

Ordo : Ichthyophonida

Famili : Ichthyophonidae

Genus : Ichthyophonus

Spesies : Ichthyophonus hoferi



Gambar 5. 8 Morfologi *Ichthyosporidosis*

(Sumber : Barnet and Hunter (1998)

Penyakit *Ichthyosporidosis* disebabkan oleh jamur *Ichthyosporidium sp*, yaitu jenis jamur yang menyerang organ dalam pada semua ikan yang dipelihara, baik ikan air tawar maupun ikan laut. Biasanya jamur menyerang ikan ketika ada luka di tubuh ikan tersebut, dan akhirnya luka itu menjadi lubang. Mengenali penyakit ini terasa sulit, karena selain tidak terlihat, perkembangannya perkembangannya juga sangat lambat.

Hingga saat ini belum ada obat yang tepat untuk mengobati penyakit ini. Oleh karena itu, menjaga kualitas air dan kesehatan ikan agar ikan tetap dalam kondisi yang baik adalah cara paling baik untuk mencegah serangan jamur ini

Tindakan Pengobatan secara Internal dapat dilakukan melalui pakan yaitu mencampurkan pakan dengan obat anti jamur sistemik seperti Griseofulvin atau Ketoconazole dengan dosisi 10 sampai 20 mg per kg bobot ikab (dicampur halus ke dalam pakan basah/pelet yang dilembutkan) dan diberikan selama 10–14 hari dan juga obat tambahan seperti *Oxytetracycline* dapat membantu memperkuat daya tahan tubuh ikan.

Langkah karangtina dan sanitasi yang ketat dengan cara memisahkan ikan yang terkena gejala penyakit tubuh ikan membengkok, gerakan berenang tidak seimbang/letargis, sisik berdiri (*rough skin* / "tulang amplas"), atau perut membengkak/cekung ekstrem. Bagi kasus ikan yang terinfeksi parah (organ dalam rusak berat) dapat dilakukan tindakan isolasi total atau tindakan eutanasia yang manusiawi yang sering direkomendasikan untuk mencegah spora jamur pecah dan menulari seluruh isi kolam. Pergantian air pada kolam dapat dilakukan sampai 30%-50% hal ini bertujuan agar air tetap sehat dan membersihkan sisa pakan dan kotoran yang ada didasar kolam

5.5.10 Jamur *Achlyasis*

Klarifikasi *Brachiomycosis. Sp* menurut Mayer (2005) adalah sebagai berikut :

Filum : Oomycota

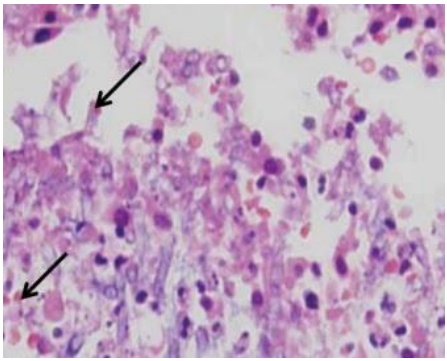
Kelas : Oomycota

Ordo : Saprolegniales

Famili : Saprolegniaceae

Genus : Achlya

Spesies : Achlyasis



Gambar 5. 9 Morfologi *Achlyasis*

(Sumber : Barnet and Hunter (1998)

Penyakit *achlyasis* terjadi karena adanya jamur yang bernama Achlya sp. Jamur ini menyebabkan penyakit pada bagian luar tubuh ikan seperti kulit, sirip, dan insang. Serangan oleh Achlya juga bisa terlihat dengan mudah, karena organ ikan yang terkena serangan tersebut tumbuh dengan sekumpulan benang halus yang terlihat seperti kapas. Perlu diketahui bahwa Achlya bukan merupakan jenis jamur sejati, melainkan termasuk dalam kategori omycetes, yang juga dikenal sebagai jamur air, organisme ini sering ditemukan. Infeksi yang disebabkan oleh Achlya dikenal sebagai achlyasis, dan gejalanya adalah munculnya benang putih seperti kapas di tubuh ikan atau telur ikan. Penyakit achlyasis diatasi dengan cara merendam ikan yang sakit dalam larutan Formalin dengan konsentrasi 100–200 ppm selama 1–3 jam, atau menggunakan campuran

Formalin 100 ppm dan Malachite green 2,5 ppm selama 1 jam.

5.6 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur

5.6.1 Kelembaban

Kelembaban merupakan tingkat keberadaan air didalam udara. Setiap jamur memiliki tingkat kelembaban tertentu yang mendukung pertumbuhannya, misalnya jamur tumbuh dengan baik dalam kondisi pada kelembaban antara 70% hingga 90%.

Kelembaban tanah adalah banyaknya air yang terdapat di dalam tanah dan kegiatan air tersebut. Kelembapan membuat hifa jamur tumbuh lebih cepat, sehingga bisa menyebar ke tempat yang kering atau muncul di atas permukaan bahan baku. Suhu yang dingin dan kelembaban yang cukup tinggi sangat berhubungan dengan curah hujan yang banyak

5.6.2 Suhu

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur salah satunya adalah suhu. Jamur bisa dibagi menjadi tiga jenis yaitu psikrofil, mesofil dan termofil. Jamur psikrofil tumbuh pada suhu 0-20 derajat celsius, jamur mesofil tumbuh pada suhu 10 hingga 35 derajat celsius, dan jamur termofil dapat tumbuh pada suhu 20 hingga 60 derajat celsius. Suhu tertinggi untuk pertumbuhan jamur adalah 30 hingga 40 derajat celsius sedangkan suhu yang paling baik untuk pertumbuhan adalah 20 derajat celsius hingga 30 derajat celsius

5.6.3 pH (Derajat Keasaman)

Konsentrasi pH pada substrat dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur, meskipun tidak langsung, hal ini berdampak terhadap ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan atau bekerja langsung di permukaan sel. Hal ini memungkinkan nutrisi yang dibutuhkan jamur untuk tumbuh dengan baik tersedia cukup. Jamur dapat berkembang dengan baik dalam kondisi pH hingga netral (Carlile dkk, 1995.

Enzim yang dihasilkan oleh jamur mampu memecahkan substrat secara cepat sesuai dengan tingkat keasaman yang paling sesuai. Makadari itu, pH media tumbuh jamur harus diperhatikan. Umumnya, jamur tumbuh pada pH dibawah 7.

5.6.4 Bahan Kimia

Bahan Kimia yang digunakan dalam media pertumbuhan harus diperhatikan dengan baik. Beberapa bahan kimia dapat menghambat pertumbuhan jamur. Jamur bisa mengeluarkan zat-zat yang membantu melindungi dirinya dari serangan mikroorganisme lain.

5.6.5 Kualitas Air yang Buruk

Kualitas air yang berubah tidak baik adalah salah satu yang menyebabkan ikan terinfeksi jamur. Kualitas air kolam yang buruk merupakan tempat yang sangat disukai jamur untuk berkembang biak. Maka dari itu penting untuk pemilik ikan dalam memantau kualitas air baik dari segi kebersihan air, kadar pH dan kadar amonia yang terkandung dalam air secara rutin.

5.6.6 Luka yang Dialami Ikan

Ikan yang memiliki luka atau cedera pada tubuhnya memiliki persentase yang lebih tinggi untuk terserang jamur. Luka atau cedera yang dialami ikan dapat terjadi akibat serangan ikan lain.

DAFTAR PUSTAKA

Afriyeni Y., N. Nazir, Periadnadi, dan Jumjunidang. 2013. Jenis-jenis Jamur pada Pembusukan Buah Kakao (*Theobroma cacao*, L.) di Sumatra Barat. Journal. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Andalas..

Barnet, H. L. and B. B. Hunter. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota..

Dewi, R. S., dan S. Aziz. 2011. Isolasi *Rhizopus oligosporus* Pada Beberapa Inokulum Tempe di Kabupaten Banyumas. Jurnal molekul 6 (2)

Fausi M. T., Murdan, dan I. Muthahanas. 2009. Potensi Jamur *Fusarium* sp. Sebagai Agen Pengendali Hayati Gulma Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Muthahanas.

Frisvad J. C., and R. A. Samson. 2004. Polyhasic Taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium* A Guide to Identification of Foof and Air-Borne Terverticillate Penicillia and Their Mycotoxin. Mocrobial Biocentrum. Technical University of Denmark. 49:1-174.

Gandjar, I., W. Sjamsiridzal, dan A. Oetari. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan.

Yayasan Obor. Jakarta. Hal

Khairyah, U. 2012. Identifikasi dan Prevalensi Jamur Pada Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy)* di Desa Ngrajek, Kecamatan Mungkid, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Skripsi. Fakultas Perikanan. Universitas Airlangga.

Liou G. Y., S. R. Chen, Y. H. Wei., F. L. Lee, H. M. Fu, G. F. Yuan, J. A.

Stalpers. 2007. Polyphasic Approach to the Taxonomy of the *Rhizopus stolonifer* Group. Research. Bioresource Collection. Taiwan.

Mayer, K. 2005. *Saprolegnia*: There's a Fungus Among Us. Paper. Department of Fisheries and Wildlife. Oregon.

Moretti A. N. 2009. Taxonomy Of *Fusarium* Genus, A Continuous Fight Between Lumpers and Splitters. Institute Of Sciences Of Food Production. Italy. ISSN 0352-4906.

Ngittu, Y. S., F. R. Mantiri, T. E. Tallei, F. E. F. Kandou. 2014. Identifikasi genus jamur *Fusarium* sp. yang menginfeksi Eceng Gondok di Danau Tondano. Universitas Sam Ratulangi. Ontario Ministry of Health. Pennsylvania State University.

Ramaiah N. 2006. A Review On Fungal Diseases of Algae, Marine Fishes, Shrimps and Coral. Journal Biological Oceanography Division. India..

Rodrigues, P., C. Soares, Z. Kozakiewicz, R. R. M. Paterson, N. Lima, and A.Venancio. 2009. Indentification and Characterization *Aspergillus flavus* and Alfatoxsin. Licture. University do Minho. Portugal

Refai M., and H. A. E. Yasid. 2014. Monograph on Dematiaceous Fungi. Research. Fakulty of Veterinary Medicine. Cairo University. .

Safika. 2008. Korelasi *Aspergillus flavus* Dengan Konsentrasi Aflatoksin B1 Pada Ikan Kayu. Unsyiah Banda Aceh. Jurnal Kedokteran Hewan

Sastrahidayat, I. R. 2011. Mikologi. Universitas Brawijaya Press. Malang.

Summerbell, R. 1996. Identifying Filamentous Fungi: A Clinical Laboratory.

Qureshi S., S. A. Wani, and S. Beg. 2006. *Curvularia dermatomycosis* In a Jersey Heifer. Article. Division of Veterinay Microbiology and Immunology. Sher Kashmir University.

BAB 6

TEKNIK PENCEGAHAN PENYAKIT PADA IKAN

Oleh Anna Heirina

6.1 Konsep Dasar Pencegahan Penyakit

Penyakit merupakan salah satu faktor pembatas utama dalam keberhasilan usaha budidaya ikan di seluruh dunia. Seiring meningkatnya intensifikasi akuakultur untuk memenuhi kebutuhan protein hewani global, kejadian penyakit infeksius yang disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, maupun parasit juga mengalami peningkatan. Kepadatan tebar yang tinggi, perubahan kualitas lingkungan, serta meningkatnya mobilitas benih dan induk antarwilayah memperbesar peluang masuk dan menyebarnya agen penyakit pada sistem budidaya. Kondisi tersebut menyebabkan kesehatan ikan menjadi salah satu aspek terpenting dalam pengelolaan budidaya modern. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) menegaskan bahwa pengendalian penyakit merupakan komponen utama dalam mewujudkan akuakultur yang produktif, berkelanjutan, dan mampu menjamin ketahanan pangan global. Oleh karena itu, pendekatan kesehatan ikan saat ini tidak lagi hanya berorientasi pada pengobatan, tetapi lebih menitikberatkan pada tindakan preventif melalui manajemen kesehatan yang terintegrasi (Aly & Fathi, 2024).

Dampak penyakit ikan tidak hanya ditunjukkan oleh meningkatnya angka mortalitas, tetapi juga oleh penurunan laju pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, kualitas produk, dan produktivitas usaha budidaya secara keseluruhan. Kerugian ekonomi akibat wabah penyakit mencakup biaya pengobatan, kehilangan hasil panen, meningkatnya biaya operasional, hingga terganggunya perdagangan komoditas perikanan. Selain kerugian ekonomi, penggunaan antibiotik dan bahan kimia yang tidak terkendali dalam upaya pengobatan berpotensi menyebabkan resistensi antimikroba, akumulasi residu di lingkungan perairan, serta gangguan terhadap keseimbangan ekosistem. Oleh sebab itu, konsep pembangunan akuakultur modern mengedepankan pendekatan *One Health*, yaitu pengelolaan kesehatan yang mempertimbangkan keterkaitan antara kesehatan ikan, kesehatan manusia, dan kesehatan lingkungan. Pendekatan ini semakin mendapat perhatian dalam berbagai kebijakan internasional karena mampu mendukung produksi perikanan yang berkelanjutan sekaligus menjaga kualitas lingkungan (Elgendy *et al*. 2024).

Secara ilmiah, pencegahan penyakit pada ikan didasarkan pada konsep segitiga epidemiologi (epidemiological triangle) yang menjelaskan bahwa terjadinya penyakit merupakan hasil interaksi antara tiga komponen utama, yaitu inang (*host*), agen penyebab penyakit (*pathogen*), dan lingkungan (*environment*). Penyakit akan muncul apabila patogen memiliki tingkat virulensi yang tinggi, ikan sebagai inang mengalami penurunan daya tahan tubuh, serta kondisi lingkungan mendukung perkembangan patogen. Sebaliknya, apabila salah satu komponen dapat dikendalikan—misalnya melalui peningkatan sistem imun ikan, penurunan kepadatan patogen, atau perbaikan kualitas lingkungan—maka peluang terjadinya penyakit dapat ditekan secara signifikan. Konsep ini menjadi dasar dalam seluruh strategi manajemen kesehatan ikan, termasuk

penerapan biosekuriti, pengelolaan kualitas air, vaksinasi, penggunaan probiotik, dan monitoring kesehatan secara berkala (Aly & Fathi, 2024).

Prinsip dasar dalam kesehatan ikan modern adalah *prevention is better than cure* atau pencegahan lebih baik daripada pengobatan. Pendekatan preventif dinilai lebih efektif dibandingkan tindakan kuratif karena mampu menekan risiko munculnya penyakit sebelum terjadi wabah. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan biosekuriti yang baik, penggunaan benih bebas penyakit, pengelolaan kualitas air yang optimal, pemberian nutrisi seimbang, aplikasi probiotik, serta program vaksinasi mampu meningkatkan ketahanan ikan terhadap infeksi sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap antibiotik. Selain menekan angka mortalitas, strategi preventif juga mendukung efisiensi produksi, meningkatkan kesejahteraan ikan (*fish welfare*), serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, paradigma pencegahan kini menjadi fondasi utama dalam sistem budidaya ikan berkelanjutan dan menjadi bagian penting dari implementasi Cara Budidaya Ikan yang Baik (CBIB) (Fachri *et al*. 2024).

Perkembangan teknologi dalam bidang kesehatan ikan turut memperkuat efektivitas upaya pencegahan penyakit. Saat ini, deteksi dini berbasis biomarker, biosensor, kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), analisis citra, hingga sistem pemantauan kualitas air secara real-time mulai diterapkan dalam industri akuakultur untuk mengidentifikasi perubahan kondisi fisiologis ikan sebelum gejala klinis muncul. Integrasi teknologi tersebut memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam mencegah terjadinya wabah penyakit. Dengan demikian, konsep pencegahan penyakit pada ikan tidak lagi dipahami sebagai tindakan tunggal, melainkan sebagai sistem manajemen kesehatan yang komprehensif, melibatkan aspek biologis, lingkungan, teknologi, dan manajemen budidaya

secara terpadu. Pendekatan ini menjadi fondasi bagi pembahasan subbab-subbab berikutnya mengenai teknik pencegahan penyakit pada ikan (Islam *et al*. 2024).

6.2 Manajemen Kualitas Air sebagai Upaya Pencegahan Penyakit

Manajemen kualitas air merupakan komponen fundamental dalam pencegahan penyakit pada ikan karena media air tidak hanya berfungsi sebagai habitat, tetapi juga sebagai tempat berlangsungnya berbagai proses fisiologis, metabolisme, dan interaksi antara ikan dengan mikroorganisme. Perubahan kualitas air secara langsung memengaruhi keseimbangan fisiologis ikan, respons imun, serta dinamika populasi patogen di lingkungan budidaya. Dalam sistem akuakultur intensif, akumulasi sisa pakan, feses, dan bahan organik dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang berujung pada peningkatan konsentrasi amonia, nitrit, karbon dioksida, serta penurunan oksigen terlarut. Kondisi tersebut memicu stres kronis pada ikan sehingga menurunkan efektivitas sistem imun bawaan (*innate immunity*) maupun adaptif, yang akhirnya meningkatkan kerentanan terhadap infeksi bakteri, virus, jamur, dan parasit. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air dipandang sebagai strategi preventif utama dalam sistem kesehatan ikan modern dan menjadi bagian penting dalam penerapan budidaya berkelanjutan (Islam *et al*. 2024; Yusoff *et al*. 2024).

Parameter kualitas air yang harus dipantau secara rutin meliputi suhu, pH, oksigen terlarut (*dissolved oxygen*), amonia (NH_3), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), alkalinitas, kesadahan, karbon dioksida, serta padatan tersuspensi. Masing-masing parameter memiliki pengaruh spesifik terhadap fisiologi ikan maupun perkembangan patogen. Sebagai contoh, peningkatan suhu di luar kisaran optimum dapat

mempercepat metabolisme ikan sehingga kebutuhan oksigen meningkat, sementara kelarutan oksigen dalam air justru menurun. Di sisi lain, suhu yang tinggi juga mampu meningkatkan virulensi beberapa bakteri patogen seperti *Aeromonas hydrophila* dan *Streptococcus* spp. Konsentrasi amonia bebas yang tinggi bersifat toksik terhadap insang, mengganggu proses osmoregulasi, serta menurunkan kemampuan fagositosis leukosit sehingga ikan lebih mudah mengalami infeksi oportunistik. Oleh sebab itu, pemantauan kualitas air secara berkala dengan alat ukur yang terkalibrasi merupakan langkah penting untuk mendeteksi perubahan lingkungan sebelum menimbulkan dampak terhadap kesehatan ikan (Abdella *et al*. 2024).

Pengelolaan kualitas air tidak hanya berfokus pada pemantauan parameter fisika dan kimia, tetapi juga mencakup pengendalian aspek biologis melalui pengelolaan komunitas mikroba. Pendekatan ini semakin berkembang seiring meningkatnya penggunaan probiotik dalam sistem budidaya ikan. Mikroorganisme probiotik, seperti spesies dari genus *Bacillus*, *Lactobacillus*, dan *Pseudomonas*, mampu memperbaiki kualitas air melalui dekomposisi bahan organik, menurunkan konsentrasi senyawa nitrogen beracun, serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen melalui kompetisi nutrien dan produksi senyawa antimikroba. Selain memperbaiki kondisi lingkungan, probiotik juga berkontribusi dalam meningkatkan kesehatan saluran pencernaan dan sistem imun ikan. Integrasi manajemen kualitas air dengan teknologi probiotik menjadi salah satu pendekatan ramah lingkungan yang banyak direkomendasikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap antibiotik dan bahan kimia dalam akuakultur modern (Fachri *et al*. 2024).

Perkembangan teknologi akuakultur turut mendorong inovasi dalam pengelolaan kualitas air melalui penerapan sistem pemantauan berbasis sensor, Internet of Things (IoT),

serta *recirculating aquaculture system* (RAS). Sensor digital memungkinkan pengukuran parameter seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan amonia secara real-time**,** sehingga perubahan kondisi lingkungan dapat segera direspons sebelum berkembang menjadi faktor pemicu penyakit. Pada sistem RAS, kombinasi filtrasi mekanik, filtrasi biologis, sterilisasi ultraviolet, dan ozonisasi mampu mempertahankan kualitas air secara stabil sekaligus mengurangi masuknya patogen dari lingkungan luar. Teknologi tersebut mendukung konsep *precision aquaculture*, yaitu pengelolaan budidaya berbasis data untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, kesejahteraan ikan, dan keberhasilan pencegahan penyakit. Implementasi teknologi ini menjadi semakin penting seiring meningkatnya intensifikasi budidaya dan tuntutan terhadap sistem produksi yang berkelanjutan (Gupta *et al*. 2024).

Secara keseluruhan, keberhasilan manajemen kualitas air bergantung pada penerapan pendekatan terpadu yang mengombinasikan pemantauan rutin, pengelolaan limbah budidaya, pengaturan kepadatan tebar, pemberian pakan secara efisien, penggunaan probiotik, serta pemanfaatan teknologi pemantauan modern. Pendekatan ini tidak hanya menjaga kondisi fisiologis ikan tetap optimal, tetapi juga mampu memutus rantai interaksi antara patogen, inang, dan lingkungan yang menjadi dasar terjadinya penyakit. Dengan demikian, manajemen kualitas air bukan sekadar upaya mempertahankan parameter lingkungan dalam kisaran normal, melainkan merupakan fondasi utama dalam sistem biosekuriti dan manajemen kesehatan ikan yang mendukung produktivitas, efisiensi usaha, dan keberlanjutan akuakultur (Elgendy *et al*. 2024; Yusoff *et al*. 2024).

6.3 Penerapan Biosekuriti dalam Budidaya Ikan

Biosekuriti merupakan pendekatan preventif yang bertujuan untuk mencegah masuknya agen penyakit, membatasi penyebaran patogen di dalam unit budidaya, serta mengurangi risiko penyebaran penyakit ke unit atau lingkungan lain. Dalam sistem akuakultur, biosekuriti memiliki posisi strategis karena ikan hidup dalam media air yang memungkinkan agen infeksius berpindah secara relatif mudah melalui air, ikan, organisme pembawa, peralatan, manusia, maupun bahan biologis lainnya. Intensifikasi produksi, peningkatan kepadatan tebar, perdagangan dan perpindahan benih antarwilayah, serta interaksi antara ikan budidaya dan ikan liar dapat meningkatkan peluang introduksi dan transmisi patogen. Oleh karena itu, biosekuriti tidak dapat dipandang hanya sebagai tindakan desinfeksi ketika penyakit telah muncul, tetapi sebagai suatu sistem manajemen risiko yang diterapkan sejak perencanaan lokasi, pengadaan benih, pemeliharaan, hingga panen. Kajian Aly dan Fathi (2024) menunjukkan bahwa rencana biosekuriti yang efektif mencakup pencegahan, deteksi dini, pengendalian penyakit, serta koordinasi respons terhadap wabah. Pendekatan tersebut diperlukan untuk menekan dampak ekonomi dan ekologis penyakit sekaligus meningkatkan keberlanjutan produksi akuakultur.

Penerapan biosekuriti dapat dilakukan melalui pengendalian terhadap sumber dan jalur masuk patogen**.** Salah satu langkah penting adalah memilih benih dan induk yang memiliki status kesehatan yang jelas serta berasal dari sumber yang menerapkan pemeriksaan penyakit. Ikan atau organisme akuatik yang baru masuk ke fasilitas produksi sebaiknya tidak langsung dicampurkan dengan populasi yang telah ada, tetapi ditempatkan pada unit karantina untuk observasi dan pemeriksaan kesehatan. Selain ikan, sumber air, pakan hidup, peralatan, kendaraan, manusia, dan organisme liar juga harus dipertimbangkan sebagai

kemungkinan jalur masuk patogen. Pada tingkat fasilitas, pemisahan antara area bersih dan area berisiko, pengaturan aliran air, penggunaan peralatan khusus untuk setiap unit, serta pembatasan akses pengunjung merupakan tindakan penting untuk mengurangi kemungkinan kontaminasi silang. Pendekatan berbasis risiko seperti ini sejalan dengan *Progressive Management Pathway for Aquaculture Biosecurity* yang menempatkan surveilans, diagnostik, manajemen kesehatan, serta evaluasi risiko sebagai komponen utama biosekuriti akuakultur (FAO, 2023).

Aspek penting berikutnya adalah biosekuriti operasional**,** yaitu penerapan prosedur rutin yang dilakukan oleh pembudidaya dan pekerja. Peralatan seperti jaring, ember, seser, wadah transportasi, selang, dan alat pengukur kualitas air berpotensi menjadi media perpindahan patogen apabila digunakan secara bergantian tanpa prosedur pembersihan dan desinfeksi. Oleh karena itu, peralatan perlu dibersihkan dari bahan organik, dicuci, didesinfeksi menggunakan bahan yang sesuai, dan dikeringkan sebelum digunakan kembali. Demikian pula, pekerja perlu menerapkan prosedur higienis, termasuk penggunaan pakaian dan alas kaki khusus di area produksi serta pengaturan urutan pekerjaan dari unit dengan risiko penyakit rendah menuju unit dengan risiko lebih tinggi. Ikan yang sakit atau mati harus segera dipisahkan dan dikeluarkan dari unit produksi untuk mencegah peningkatan paparan patogen. Biosekuriti operasional juga harus dituangkan dalam *standard operating procedures* (SOP), sehingga tindakan pencegahan tidak bergantung pada kebiasaan individu. Literatur terbaru menekankan bahwa praktik higiene, manajemen pakan, pengelolaan lingkungan, serta tindakan pencegahan nonterapeutik merupakan komponen penting dalam pengendalian penyakit dan pengurangan penggunaan antimikroba pada akuakultur (Elgendy *et al*. 2024; Le *et al*. 2026).

Biosekuriti juga harus terintegrasi dengan manajemen kualitas air dan kesehatan ikan**.** Kondisi lingkungan yang buruk dapat meningkatkan stres fisiologis ikan dan menyebabkan ikan lebih rentan terhadap infeksi, sementara perubahan parameter lingkungan tertentu dapat memengaruhi pertumbuhan maupun virulensi patogen. Sebagai contoh, interaksi antara suhu, pH, kualitas air, kondisi inang, dan karakteristik virulensi dapat memengaruhi risiko penyakit bakteri seperti *Aeromonas hydrophila*. Karena itu, pemantauan suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, nitrit, bahan organik, serta parameter penting lainnya merupakan bagian dari strategi biosekuriti. Penerapan biosekuriti biologis juga dapat diperkuat melalui penggunaan ikan yang memiliki ketahanan penyakit, vaksinasi, probiotik, dan imunostimulan yang sesuai dengan spesies dan sistem budidaya. Dengan demikian, biosekuriti tidak hanya berfungsi sebagai "penghalang fisik" terhadap patogen, tetapi juga meningkatkan kemampuan sistem budidaya dalam mempertahankan kesehatan ikan (Abdella *et al*. 2024).

Keberhasilan biosekuriti pada akhirnya sangat ditentukan oleh monitoring, deteksi dini, pencatatan, dan kesiapsiagaan menghadapi wabah**.** Pembudidaya perlu melakukan pengamatan rutin terhadap nafsu makan, perilaku berenang, perubahan warna tubuh, kondisi insang dan kulit, luka, abnormalitas morfologi, serta mortalitas ikan. Perubahan yang tidak biasa harus dicatat dan ditindaklanjuti melalui pemeriksaan diagnostik apabila diperlukan. Sistem biosekuriti yang baik juga memiliki rencana tanggap darurat yang menjelaskan tindakan ketika terjadi dugaan wabah, seperti isolasi unit terdampak, penghentian perpindahan ikan dan peralatan, peningkatan pemeriksaan kesehatan, serta pelaporan kepada pihak yang berwenang sesuai ketentuan. Perkembangan sensor, diagnostik molekuler, kecerdasan buatan, dan sistem pemantauan digital memberikan peluang untuk memperkuat deteksi dini dan pengambilan keputusan

berbasis data. Dengan penerapan yang konsisten, biosekuriti dapat menjadi fondasi manajemen kesehatan ikan yang tidak hanya menekan kejadian penyakit, tetapi juga meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi penggunaan antimikroba, melindungi lingkungan, dan mendukung prinsip One Health dalam pembangunan akuakultur berkelanjutan (Aly & Fathi, 2024; Oladimeji *et al*. 2024).

6.4 Manajemen Pakan dan Nutrisi untuk Meningkatkan Ketahanan Ikan

Pakan merupakan salah satu komponen utama dalam manajemen kesehatan ikan karena kecukupan dan keseimbangan nutrien berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan, metabolisme, fungsi fisiologis, serta kemampuan ikan dalam menghadapi tekanan lingkungan dan infeksi patogen. Protein, lipid, karbohidrat, vitamin, mineral, dan asam amino tidak hanya berfungsi sebagai sumber energi dan bahan pembangun jaringan, tetapi juga terlibat dalam pembentukan komponen sistem imun. Kekurangan atau ketidakseimbangan nutrien dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan, penurunan fungsi fisiologis, serta melemahkan respons pertahanan ikan. Sebaliknya, formulasi pakan yang sesuai dengan kebutuhan spesies, ukuran, dan fase perkembangan ikan dapat mendukung kondisi tubuh dan kompetensi imun secara optimal. Kajian mengenai *nutritional immunomodulation* menunjukkan bahwa nutrisi merupakan salah satu pendekatan nonfarmakologis yang potensial untuk meningkatkan ketahanan ikan terhadap patogen sekaligus meningkatkan kemampuan ikan menghadapi stres lingkungan (Kari, 2025).

Pengelolaan pakan untuk meningkatkan ketahanan ikan harus memperhatikan kualitas bahan baku, keseimbangan nutrien, jumlah pakan, frekuensi pemberian, dan metode pemberian pakan. Pemberian pakan secara berlebihan tidak

hanya meningkatkan biaya produksi, tetapi juga menghasilkan sisa pakan dan feses yang dapat memperburuk kualitas air dan meningkatkan tekanan lingkungan terhadap ikan. Sebaliknya, pemberian pakan yang terlalu sedikit dapat menyebabkan defisiensi nutrisi dan menurunkan kondisi fisiologis ikan. Beberapa nutrien tertentu, seperti asam amino, asam lemak esensial, vitamin, mineral, dan nukleotida, diketahui memiliki fungsi imunomodulator yang dapat mendukung aktivitas antioksidan, respons inflamasi, serta kemampuan ikan menghadapi infeksi. Oleh karena itu, strategi pemberian pakan harus diarahkan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi secara tepat, bukan sekadar meningkatkan jumlah konsumsi pakan. Review mengenai *nutrient immunostimulants* menunjukkan bahwa asam amino, asam lemak, vitamin, mineral, dan nukleotida berpotensi meningkatkan fungsi imun dan resistensi ikan terhadap infeksi. (2023).

Selain nutrien esensial, penggunaan pakan fungsional dan bahan tambahan pakan (*functional feed additives*) menjadi strategi penting dalam pencegahan penyakit. Bahan yang banyak dikaji antara lain probiotik, prebiotik, sinbiotik, imunostimulan, β-glukan, nukleotida, asam organik, fitogenik, serta postbiotik. Bahan-bahan tersebut dapat bekerja melalui beberapa mekanisme, antara lain memperbaiki struktur dan fungsi saluran pencernaan, memodulasi komposisi mikrobiota usus, meningkatkan aktivitas enzim pencernaan, memperkuat imunitas mukosal, serta meningkatkan respons imun sistemik. Probiotik, misalnya, dapat membantu mempertahankan keseimbangan mikrobiota usus dan meningkatkan respons imun sehingga ikan memiliki kemampuan lebih baik dalam menghadapi infeksi. Kajian Fachri *et al*. (2024) menunjukkan bahwa probiotik dan paraprobiotik berpotensi meningkatkan pertumbuhan, pemanfaatan nutrien, respons imun, dan

resistensi ikan terhadap penyakit bakteri, virus, maupun parasit.

Penerapan manajemen pakan dan nutrisi sebagai strategi pencegahan penyakit harus dilakukan secara terukur dan spesifik terhadap spesies serta kondisi budidaya. Penggunaan imunostimulan atau bahan tambahan pakan tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan asumsi bahwa semakin tinggi dosis akan semakin baik, karena efektivitasnya dipengaruhi oleh spesies ikan, umur atau ukuran ikan, kondisi lingkungan, komposisi pakan dasar, dosis, serta lama pemberian. Penelitian dan meta-analisis pada ikan nila menunjukkan bahwa suplementasi probiotik dalam pakan secara umum dapat meningkatkan pertumbuhan, respons imun, dan resistensi terhadap penyakit, tetapi besarnya manfaat dapat bervariasi antarproduk dan kondisi pemeliharaan (Saba *et al*., 2024). Oleh karena itu, manajemen pakan untuk meningkatkan ketahanan ikan sebaiknya menjadi bagian dari pendekatan terpadu bersama pengelolaan kualitas air, biosekuriti, kepadatan tebar yang sesuai, dan monitoring kesehatan. Dengan pendekatan tersebut, pakan tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan, tetapi juga sebagai salah satu instrumen penting dalam manajemen kesehatan ikan dan pencegahan penyakit secara berkelanjutan.

6.5 Pengelolaan Kepadatan Tebar dan Lingkungan Budidaya

Kepadatan tebar merupakan salah satu faktor manajemen yang sangat menentukan keberhasilan budidaya dan kesehatan ikan. Kepadatan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kompetisi ikan terhadap ruang, oksigen, dan pakan, serta meningkatkan akumulasi metabolit seperti amonia dan bahan organik. Kondisi tersebut dapat

menyebabkan stres fisiologis yang berkepanjangan dan pada akhirnya menurunkan kemampuan ikan dalam mempertahankan diri terhadap agen penyakit. Meta-analisis terhadap berbagai penelitian akuakultur menunjukkan bahwa kepadatan tebar berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan ikan dan memiliki hubungan dengan perubahan kondisi lingkungan, termasuk oksigen terlarut. Dengan demikian, kepadatan tebar sebaiknya tidak ditentukan hanya berdasarkan target produksi, tetapi harus mempertimbangkan spesies, ukuran ikan, sistem budidaya, kapasitas daya dukung lingkungan, dan kemampuan sistem dalam mempertahankan kualitas air (Li *et al*., 2023; Han *et al*., 2021).

Kepadatan tebar yang berlebihan dapat menjadi stressor kronis yang memengaruhi respons fisiologis dan sistem imun ikan. Kondisi overcrowding dapat meningkatkan kompetisi dan interaksi antarikannya, mengubah perilaku alami, serta meningkatkan respons stres yang ditandai dengan perubahan aktivitas hormonal dan metabolisme. Penelitian komparatif pada ikan salmon dan nila menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan pemeliharaan dapat memengaruhi jalur respons imun, termasuk peningkatan ekspresi penanda stres dan penurunan ekspresi sejumlah gen yang berkaitan dengan imunitas bawaan. Kondisi stres tersebut berpotensi meningkatkan kerentanan ikan terhadap infeksi sehingga pengaturan kepadatan menjadi bagian penting dari strategi pencegahan penyakit. Oleh karena itu, indikator kesehatan seperti nafsu makan, pertumbuhan, perilaku berenang, kondisi tubuh, mortalitas, dan respons terhadap gangguan lingkungan perlu digunakan bersama data kepadatan untuk menentukan apakah kondisi pemeliharaan masih berada dalam batas yang dapat ditoleransi ikan (Dai *et al*., 2021).

Pengelolaan kepadatan tebar harus dilakukan bersamaan dengan pengelolaan lingkungan budidaya**,** terutama kualitas air. Peningkatan biomassa ikan akan

meningkatkan konsumsi oksigen dan produksi limbah metabolik sehingga sistem budidaya harus memiliki kapasitas aerasi, pergantian air, filtrasi, dan pengolahan limbah yang memadai. Parameter seperti suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, nitrit, alkalinitas, kekeruhan, dan beban bahan organik perlu dipantau secara berkala karena perubahan parameter tersebut dapat meningkatkan tekanan fisiologis pada ikan. Dalam sistem intensif, pengelolaan lingkungan juga dapat dilakukan melalui filtrasi mekanis dan biologis, aerasi, pengelolaan padatan, serta pengaturan pemberian pakan. Li *et al*. (2023) menegaskan bahwa kepadatan yang tinggi dapat meningkatkan konsumsi oksigen dan ekskresi amonia, sedangkan sistem pengolahan air yang efektif dapat membantu mempertahankan kondisi lingkungan sehingga memungkinkan produksi dengan biomassa yang lebih tinggi secara lebih aman.

Selain aspek fisika dan kimia air, lingkungan budidaya juga perlu dikelola untuk mendukung kesejahteraan dan ketahanan ikan terhadap penyakit. Kepadatan optimal pada dasarnya bukan merupakan satu nilai yang berlaku untuk seluruh spesies, melainkan merupakan hasil interaksi antara spesies, ukuran dan umur ikan, teknologi budidaya, kualitas air, ketersediaan pakan, serta kapasitas pengelolaan sistem. Karena itu, pembudidaya perlu melakukan penyesuaian biomassa secara berkala melalui grading, pemindahan ikan, pengurangan kepadatan, atau panen parsial apabila kapasitas lingkungan mulai terlampaui. Pemantauan perilaku ikan dan indikator kesehatan dapat menjadi sistem peringatan dini terhadap kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Pendekatan tersebut sejalan dengan paradigma manajemen kesehatan ikan modern yang menempatkan pengurangan stres, pemeliharaan lingkungan optimal, dan pengaturan kepadatan sebagai bagian dari strategi pencegahan penyakit. Dengan demikian, pengelolaan kepadatan tebar dan lingkungan budidaya bukan sekadar strategi meningkatkan

produktivitas, tetapi merupakan upaya preventif untuk mempertahankan homeostasis, kesejahteraan, respons imun, dan resistensi ikan terhadap penyakit (Wright *et al*., 2023; Ojewole *et al*., 2026).

6.6 Pencegahan Penyakit Berdasarkan Jenis Agen Penyebab

Pencegahan penyakit pada ikan perlu disusun berdasarkan karakteristik agen penyebab karena setiap kelompok patogen memiliki mekanisme infeksi, jalur penularan, dan respons terhadap tindakan pengendalian yang berbeda. Agen penyebab penyakit pada ikan secara umum meliputi bakteri, virus, jamur, dan parasit. Bakteri umumnya dapat berkembang sebagai patogen primer maupun oportunistik ketika terjadi gangguan pada kondisi inang dan lingkungan. Sementara itu, virus memiliki karakteristik khusus karena bergantung pada sel inang untuk bereplikasi sehingga pengendaliannya lebih banyak diarahkan pada pencegahan masuknya agen, biosekuriti, penggunaan induk atau benih dengan status kesehatan yang baik, dan vaksinasi pada penyakit yang vaksinnya tersedia. Jamur dan parasit juga membutuhkan strategi khusus karena sebagian memiliki fase hidup bebas di lingkungan atau melibatkan organisme lain dalam siklus hidupnya. Oleh sebab itu, pendekatan pencegahan penyakit tidak dapat menggunakan satu metode untuk seluruh kelompok patogen, melainkan harus mempertimbangkan karakter biologis dan epidemiologis masing-masing agen (Pérez-Sánchez *et al*., 2023).

Pada penyakit bakterial, pencegahan terutama diarahkan pada pengurangan faktor predisposisi yang memungkinkan bakteri oportunistik berkembang menjadi patogen. Pengelolaan kualitas air, pengaturan kepadatan tebar, pemberian pakan yang seimbang, pengurangan stres,

penggunaan benih sehat, serta penerapan biosekuriti merupakan langkah penting untuk mempertahankan kondisi fisiologis ikan. Penggunaan antibiotik sebagai tindakan pencegahan rutin sebaiknya dihindari karena penggunaan antimikroba yang tidak tepat dapat mendorong terbentuknya resistensi antimikroba (AMR). Sebagai alternatif, vaksinasi terhadap bakteri tertentu, probiotik, prebiotik, imunostimulan, bakteriofag, dan senyawa antimikroba alami mulai dikembangkan sebagai bagian dari strategi pengendalian yang lebih berkelanjutan. Kajian terbaru menunjukkan bahwa kombinasi biosekuriti, manajemen lingkungan, vaksinasi, nutrisi, dan pendekatan biologis lebih sesuai untuk mengurangi ketergantungan terhadap antibiotik dalam pengelolaan penyakit bakterial pada akuakultur (Wright *et al*., 2023; Fachri *et al*., 2024).

Pada penyakit virus, strategi pencegahan harus lebih menekankan biosekuriti karena pengobatan terhadap infeksi virus pada ikan umumnya memiliki keterbatasan. Penggunaan induk dan benih dengan status kesehatan yang jelas, pemeriksaan diagnostik sebelum perpindahan ikan, karantina, pengendalian lalu lintas ikan dan peralatan, sanitasi fasilitas, serta pengelolaan sumber air merupakan komponen penting untuk mencegah introduksi virus ke dalam unit budidaya. Vaksinasi merupakan salah satu strategi preventif yang penting untuk virus yang telah memiliki vaksin efektif. Vaksin dapat diberikan melalui injeksi, perendaman, maupun oral, bergantung pada spesies ikan, umur, jenis vaksin, dan karakter penyakit. Perkembangan teknologi vaksin rekombinan, DNA, nanopartikel, dan adjuvan memberikan peluang untuk meningkatkan efektivitas perlindungan terhadap berbagai penyakit virus. Namun, karena tidak semua penyakit virus telah memiliki vaksin yang efektif dan tersedia secara komersial, penerapan vaksin tetap harus menjadi bagian dari sistem biosekuriti dan

manajemen kesehatan yang terpadu (Erkinharju *et al*., 2021; 2024).

Pada penyakit jamur dan parasit, pencegahan terutama diarahkan pada pengelolaan lingkungan, sanitasi, pengendalian organisme pembawa, dan pengurangan kondisi yang menyebabkan ikan mengalami stres atau kerusakan jaringan. Infeksi jamur sering berkembang sebagai infeksi sekunder pada ikan yang mengalami luka, stres, atau penurunan kondisi tubuh sehingga pencegahan harus mencakup penanganan ikan secara hati-hati, pemeliharaan kualitas air, dan pengurangan faktor penyebab luka. Pada penyakit parasitik, strategi pencegahan dapat meliputi penggunaan benih sehat, karantina, pemeriksaan rutin, pengendalian inang perantara apabila terdapat dalam siklus hidup parasit, serta pengelolaan kualitas air dan kebersihan fasilitas. Penggunaan probiotik juga semakin mendapat perhatian karena beberapa strain dapat membantu meningkatkan respons imun dan menghambat kolonisasi patogen, termasuk beberapa kelompok parasit dan mikroorganisme penyebab penyakit. Dengan demikian, pencegahan penyakit jamur dan parasit sebaiknya tidak hanya mengandalkan bahan kimia antiparasit atau antijamur, tetapi mengutamakan pendekatan terpadu yang menggabungkan biosekuriti, manajemen lingkungan, kesehatan ikan, dan pengendalian biologis (Fachri *et al*., 2024; Elgendy *et al*., 2024).

DAFTAR PUSTAKA

Abdella, B., Shokrak, N. M., Abozahra, N. A., Elshamy, Y. M.

Kadir, H. I., & Mohamed, R. A. (2024). Aquaculture and *Aeromonas hydrophila*: A complex interplay of environmental factors and virulence. *Aquaculture International, 32*(6), 7671–7681.

Almazán-Rueda, P., Puello-Cruz, A. C., & Martínez-Yáñez, R. (2024). Fish behaviour and welfare. *Frontiers in Veterinary Science*.

Aly, S. M., & Fathi, M. (2024). Advancing aquaculture biosecurity: A scientometric analysis and future outlook for disease prevention and environmental sustainability. *Aquaculture International, 32*, 8763–8789. https://doi.org/10.1007/s10499-024-01589-y

Dai, W., Panserat, S., & others. (2021). Comparative transcriptomics reveal conserved impacts of rearing density on immune response of two important aquaculture species. *Fish & Shellfish Immunology, 115*, 1–10.

Elgendy, M. Y., Ali, S. E., Abdal Dayem, A., Khalil, R. H., Moustafa, M. M., & Abdelsalam, M. (2024). Alternative therapies recently applied in controlling farmed fish diseases: Mechanisms, challenges, and prospects. *Aquaculture International, 32*(7), 9017–9078.

Fachri, M. F., Amoah, K. A., Huang, Y., Cai, J., Alfatat, A. A., Ndandala, C. B., Shija, V. M., Jin, X., Bissih, F., & Chen, H. (2024). Probiotics and paraprobiotics in aquaculture: A sustainable strategy for enhancing fish growth, health and disease prevention—A review. *Frontiers in Marine Science, 11*, 1499228. https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1499228

Gupta, S., Makridis, P., Henry, I., *et al*. (2024). Recent developments in recirculating aquaculture systems: A review. *Aquaculture Research, 2024*(1), 6096671. https://doi.org/10.1155/are/6096671

Han, D., *et al*. (2021). Effect of different stocking densities on fish growth performance: A meta-analysis. *Aquaculture, 544*, 737152. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737152

Islam, S. I., Ahammad, F., & Mohammed, H. (2024). Cutting-edge technologies for detecting and controlling fish diseases: Current status, outlook, and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society, 55*(2), e13051.

Kari, Z. A. (2025). Nutritional immunomodulation in aquaculture: Functional nutrients, stress resilience, and sustainable health strategies. *Aquaculture International, 33*, 441. https://doi.org/10.1007/s10499-025-02122-5

Le, H. T., Truong, D. T., Caro III, D., Gordoncillo, M. J., Mader, R., & Goutard, F. L. (2026). Antimicrobial stewardship and infection prevention and control in Asian swine, poultry, and aquaculture sectors: A scoping review and situational analysis. *Preventive Veterinary Medicine*, 106805.

Li, X., *et al*. (2023). A review of influencing factors on a recirculating aquaculture system: Environmental conditions, feeding strategies, and disinfection methods. *Journal of the World Aquaculture Society*. https://doi.org/10.1111/jwas.12976

Ojewole, A. E., Badmus, O., Ndimele, P. E., Toromade, A. S., Akande, O. S., & Ojewole, C. O. (2026). A review of the environmental and health impact of biotechnology applications in sustainable aquaculture and fish health management. *Frontiers in Aquaculture, 5*, 1771129. https://doi.org/10.3389/faquc.2026.1771129

Pérez-Sánchez, T., Ruiz-Zarzuela, I., de Blas, I., & Balcázar, J. L. (2023). Current risks of microbial infections in fish and their prevention methods: A review. *Microbial Pathogenesis, 185*, 106400.

Saba, A. O., Md Yasin, I. S., & Azmai, M. N. A. (2024). Meta-analyses indicate that dietary probiotics significantly improve growth, immune response, and disease resistance in tilapia. *Aquaculture International, 32*, 4841–4867.

Vallejos-Vidal, E., Reyes-López, F., Teles, M., & MacKenzie, S. (2016). The response of fish to immunostimulant diets. *Fish & Shellfish Immunology, 56*, 34–69. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.06.028

Woo, P. T. K., & Buchmann, K. (2020). *Fish parasites: Pathobiology and protection*. CABI.

Wright, A. C., *et al*. (2023). Disease prevention and mitigation in US finfish aquaculture: A review of current approaches and new strategies. *Reviews in Aquaculture, 15*(4), 1638–1653. https://doi.org/10.1111/raq.12807

Yusoff, F. M., Umi, W. A. D., Ramli, N., & Harun, R. (2024). Water quality management in aquaculture. *Cambridge Prisms: Water*.

Zhang, Y., *et al*. (2023). Beneficial roles of nutrients as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture Reports*.

BAB 7

PENGOBATAN DAN TERAPI PENYAKIT IKAN

Oleh Nisa Hakimah

Pengobatan penyakit ikan dalam akuakultur modern perlu dipahami sebagai bagian dari manajemen kesehatan akuatik yang terencana, bukan sekadar tindakan kuratif ketika kematian mulai terjadi. Kolam budidaya merupakan ekosistem padat dengan interaksi antara ikan, mikroorganisme, kualitas air, pakan, dan tekanan lingkungan. Oleh karena itu, setiap keputusan terapi harus diawali dengan diagnosis yang akurat melalui pengamatan gejala klinis, evaluasi kualitas lingkungan, serta pemeriksaan laboratoris, termasuk deteksi mikrobiologis atau molekuler apabila diperlukan (Anggara *et al*., 2024).

Bab ini membahas prinsip dasar, metode aplikasi, serta implikasi penggunaan obat dan bahan terapeutik pada penyakit ikan. Pemilihan jenis obat, dosis, frekuensi, lama pemberian, dan cara aplikasi harus mempertimbangkan spesies ikan, ukuran, tingkat keparahan penyakit, suhu, kualitas air, serta kondisi fisiologis ikan. Pendekatan tersebut penting karena efektivitas terapi sangat dipengaruhi oleh aspek farmakokinetik, farmakodinamik, dan masa henti obat sebelum ikan dikonsumsi (Corum *et al*., 2023).

Metode pemberian obat dapat dilakukan melalui perendaman, pencampuran dalam pakan, maupun injeksi. Masing-masing metode memiliki keunggulan dan keterbatasan sehingga penggunaannya perlu disesuaikan

dengan jenis patogen, kondisi populasi, dan sistem budidaya. Penggunaan antibiotik dan bahan kimia harus dilakukan secara rasional karena pemakaian yang tidak tepat dapat meninggalkan residu, mengganggu keamanan pangan, mencemari lingkungan, serta meningkatkan risiko resistensi antimikroba (Ferri *et al*., 2022).

Selain terapi konvensional, bab ini juga mengulas alternatif pendukung seperti fitofarmaka, probiotik, imunostimulan, dan bahan alami lain yang berpotensi meningkatkan respons imun serta menekan ketergantungan terhadap antibiotik (Veedu & Thomas, 2026). Pada bagian akhir, pembahasan diarahkan pada manajemen pasca terapi, meliputi pemantauan pemulihan, pencatatan penggunaan obat, pengelolaan limbah, kepatuhan terhadap *withdrawal period*, serta penerapan regulasi keamanan pangan. Tujuannya adalah menjaga kesehatan ikan, melindungi konsumen, dan mempertahankan keberlanjutan sistem produksi budidaya secara bertanggung jawab. Dengan demikian, terapi penyakit ikan merupakan tindakan presisi yang menuntut dasar ilmiah, kehati-hatian teknis, dan tanggung jawab ekologis di tingkat lapangan budidaya.

7.1 Prinsip Dasar Pengobatan Ikan

Pengobatan penyakit ikan dalam akuakultur harus dilakukan secara terencana, berbasis diagnosis, dan mempertimbangkan aspek kesehatan ikan, keamanan pangan, keselamatan operator, serta keberlanjutan lingkungan. Terapi tidak hanya bertujuan menekan kematian, tetapi juga memastikan bahwa obat yang digunakan tepat jenis, dosis, cara aplikasi, dan lama pemberiannya. Penggunaan obat yang tidak rasional dapat menyebabkan kegagalan terapi, residu pada produk perikanan, pencemaran lingkungan, serta meningkatnya risiko resistensi antimikroba (Okocha *et al*., 2018; Ferri *et al*., 2022; Milijasevic *et al*., 2024).

7.1.1 Etika dan Prosedur Keselamatan dalam Pengobatan Ikan

Aspek etika dalam pengobatan ikan berkaitan dengan upaya mengurangi stres, cedera, dan penderitaan selama proses terapi. Penangkapan, pemindahan, penyortiran, maupun pemberian obat harus dilakukan secara hati-hati dan efisien agar tidak memperburuk kondisi fisiologis ikan. Pemilihan metode terapi, seperti perendaman, pemberian melalui pakan, atau injeksi, perlu disesuaikan dengan jenis penyakit, ukuran ikan, kondisi populasi, dan tingkat keparahan infeksi. Metode yang kurang tepat dapat menurunkan efektivitas pengobatan dan meningkatkan risiko stres pada ikan (Dara *et al*., 2023).

Keselamatan operator juga menjadi bagian penting dalam prosedur pengobatan. Beberapa bahan terapeutik, seperti antibiotik, formalin, desinfektan, dan antiparasit, berpotensi menyebabkan iritasi, alergi, atau efek toksik apabila digunakan tanpa perlindungan yang memadai. Oleh karena itu, penggunaan alat pelindung diri, pemahaman petunjuk penggunaan obat, penyimpanan bahan kimia secara aman, serta penerapan prosedur pertolongan pertama harus menjadi standar kerja di unit budidaya (Tavares-Dias, 2021).

Selain itu, limbah pasca terapi perlu dikelola dengan benar. Air bekas perendaman atau sisa larutan obat tidak boleh dibuang langsung ke lingkungan karena dapat memengaruhi organisme non-target dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Setiap kegiatan pengobatan sebaiknya didukung oleh Prosedur Operasional Standar yang mencakup penyimpanan, aplikasi, pencatatan, dan pembuangan limbah obat secara bertanggung jawab. Penggunaan antibiotik juga harus dilakukan secara bijak dan, bila memungkinkan, berdasarkan uji sensitivitas untuk menekan risiko resistensi antimikroba dalam

kerangka *One Health* (Ferri *et al*., 2022; Milijasevic *et al*., 2024).

7.1.2 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Efektivitas Terapi

Efektivitas terapi ikan dipengaruhi oleh interaksi antara obat, ikan sebagai inang, patogen, dan lingkungan perairan. Dari sisi obat, faktor farmakokinetik dan farmakodinamik menentukan kemampuan bahan terapeutik mencapai konsentrasi efektif pada jaringan target. Perbedaan rute pemberian, seperti oral, perendaman, atau injeksi, dapat menghasilkan respon terapi yang berbeda sehingga dosis tidak dapat disamakan untuk semua spesies, ukuran ikan, atau sistem budidaya.

Kondisi ikan juga berpengaruh besar terhadap keberhasilan pengobatan. Ikan yang mengalami stres akibat kualitas air buruk, kepadatan tinggi, nutrisi tidak seimbang, atau penanganan berlebihan cenderung memiliki daya tahan tubuh yang rendah. Akibatnya, proses penyembuhan dapat terhambat meskipun obat yang digunakan sudah sesuai. Oleh karena itu, terapi harus disertai dengan perbaikan manajemen budidaya, terutama pengendalian kualitas air, kepadatan tebar, sanitasi, dan pemberian pakan yang memadai.

Lingkungan perairan juga dapat memengaruhi stabilitas, toksisitas, dan efektivitas obat. Parameter seperti suhu, pH, oksigen terlarut, amonia, nitrit, salinitas, kesadahan, dan kandungan bahan organik perlu dikendalikan sebelum dan selama terapi. Bahan organik yang tinggi dapat menurunkan efektivitas beberapa bahan kimia, sedangkan kualitas air yang buruk dapat meningkatkan stres dan memperbesar risiko toksisitas. Selain itu, riwayat penggunaan obat dan potensi resistensi patogen perlu diperhatikan agar terapi

tidak dilakukan secara berulang tanpa dasar yang jelas (Tavares-Dias, 2021; Ferri *et al*., 2022).

7.1.3 Pentingnya Diagnosis Akurat Sebelum Menentukan Dosis Pengobatan

Diagnosis yang akurat merupakan dasar utama dalam menentukan strategi pengobatan ikan. Gejala klinis seperti ikan lesu, nafsu makan menurun, berenang tidak normal, luka pada tubuh, insang pucat, atau kematian mendadak sering kali tidak spesifik dan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk bakteri, virus, parasit, jamur, gangguan kualitas air, atau masalah nutrisi. Oleh karena itu, pemberian obat tanpa diagnosis yang jelas berisiko menyebabkan salah terapi, pemborosan biaya, peningkatan kematian, dan munculnya resistensi antimikroba (Anggara *et al*., 2024).

Diagnosis sebaiknya dilakukan secara bertahap, mulai dari pengamatan perilaku dan gejala klinis, pencatatan mortalitas, pemeriksaan kualitas air, hingga pemeriksaan laboratoris. Pemeriksaan mikroskopis pada kulit, insang, dan sirip dapat membantu mendeteksi parasit, sedangkan kultur bakteri, uji biokimia, histopatologi, PCR, atau metode molekuler lainnya diperlukan untuk mengonfirmasi agen penyebab penyakit secara lebih spesifik (Mahmud *et al*., 2025).

Hasil diagnosis menjadi dasar dalam menentukan jenis obat, dosis, frekuensi, durasi terapi, dan metode aplikasi. Dosis yang terlalu rendah dapat menyebabkan pengobatan tidak efektif dan mendorong seleksi patogen resisten, sedangkan dosis berlebihan dapat menimbulkan toksisitas, kerusakan organ, kematian ikan, residu pada produk, dan pencemaran lingkungan. Dengan demikian, diagnosis bukan hanya tahap awal, tetapi menjadi pedoman utama agar pengobatan berlangsung efektif, aman, dan bertanggung jawab.

7.2 Metode Pemberian Obat (Administrasi Terapi)

Memilih agen terapeutik yang tepat hanyalah separuh dari pertempuran dalam mengobati penyakit ikan. Separuh lainnya, yang sama pentingnya, adalah memastikan obat tersebut sampai ke target di dalam tubuh ikan dengan konsentrasi yang cukup untuk memberantas patogen tanpa membahayakan inang. Metode pemberian obat, atau administrasi terapi, merupakan aspek praktis dari farmakologi akuakultur yang menentukan bioavailabilitas dan efikasi pengobatan. Tiga rute utama, melalui media air, pakan, dan injeksi, masing-masing memiliki protokol, kelebihan, dan kekurangan yang harus dipahami secara mendalam oleh praktisi untuk dapat diaplikasikan sesuai dengan konteks penyakit, skala budidaya, dan spesies yang ditangani.

7.2.1 Teknik Pengobatan Melalui Media Air (*Bath* dan *Dip Treatment*)

Pengobatan melalui media air adalah salah satu metode yang paling umum digunakan dalam akuakultur, terutama untuk mengatasi ektoparasit, infeksi jamur eksternal, dan penyakit bakterial pada insang atau permukaan tubuh. Teknik ini melibatkan penambahan agen terapeutik langsung ke dalam air tempat ikan dipelihara. Terdapat dua variasi utama dari metode ini: *bath treatment* (perendaman jangka panjang) dan *dip treatment* (celup singkat). *Bath treatment* biasanya dilakukan dengan dosis obat yang lebih rendah untuk periode waktu yang lebih lama, seringkali beberapa jam hingga beberapa hari, dan diaplikasikan langsung di kolam atau tangki pemeliharaan. Metode ini cocok untuk menangani seluruh populasi secara serentak tanpa perlu memindahkan ikan.

Sebaliknya, dip treatment menggunakan konsentrasi obat yang jauh lebih tinggi untuk durasi yang sangat singkat, berkisar dari beberapa detik hingga beberapa menit. Untuk melakukan ini, ikan harus dipindahkan dari habitatnya ke dalam wadah terpisah yang berisi larutan obat pekat, kemudian dikembalikan lagi ke air bersih. Teknik ini sangat efektif untuk eradikasi cepat parasit eksternal yang menempel kuat, namun memerlukan penanganan ikan yang intensif dan dapat menyebabkan stres akut yang signifikan. Pemantauan ketat terhadap respons ikan selama dip treatment sangat krusial, karena risiko toksisitas akibat konsentrasi tinggi sangat nyata dan ikan harus segera dipindahkan jika menunjukkan tanda-tanda kesulitan bernapas atau kehilangan keseimbangan.

Efektivitas pengobatan melalui air sangat dipengaruhi oleh parameter kualitas air. Faktor-faktor seperti pH, suhu, kesadahan, dan kandungan bahan organik dapat mengubah sifat kimia, ketersediaan, dan toksisitas obat (Anand & Ghatpande, 2025). Sebagai contoh, beberapa senyawa seperti tembaga sulfat menjadi lebih toksik pada air dengan kesadahan rendah. Bahan organik yang terlarut atau tersuspensi di dalam air juga dapat mengikat molekul obat, sehingga mengurangi konsentrasi efektif yang tersedia untuk bekerja melawan patogen. Oleh karena itu, sebelum melakukan pengobatan, penting untuk mengurangi laju pergantian air, mematikan sistem sterilisasi UV, dan membersihkan sebanyak mungkin bahan organik dari sistem.

Meskipun praktis untuk pengobatan massal, metode ini memiliki keterbatasan. Pengobatan melalui air umumnya hanya efektif untuk patogen eksternal atau yang berada di permukaan insang. Obat sulit untuk diserap melalui kulit atau insang dalam konsentrasi yang cukup tinggi untuk mengobati infeksi sistemik internal

secara efektif. Selain itu, metode ini memerlukan volume obat yang besar, yang bisa menjadi sangat mahal untuk sistem budidaya skala besar. Ada juga implikasi lingkungan yang signifikan, karena pembuangan air yang mengandung residu obat harus dikelola dengan hati-hati untuk mencegah dampak negatif pada ekosistem perairan sekitar (Thiang *et al*., 2021).

7.2.2 Prosedur Pengobatan Melalui Pakan (*Oral Medication*)

Pemberian obat melalui pakan (*oral medication*) adalah metode pilihan untuk mengobati penyakit sistemik internal, terutama infeksi bakteri, pada skala populasi. Prosedur ini melibatkan pencampuran agen terapeutik, biasanya antibiotik, ke dalam pakan ikan. Metode ini dianggap lebih efisien dari segi biaya dan lebih rendah stres bagi ikan dibandingkan dengan penanganan individu. Obat dapat diberikan kepada seluruh populasi secara bersamaan selama periode makan rutin, memungkinkan pengobatan massal tanpa perlu memindahkan atau mengganggu ikan secara berlebihan. Keberhasilan metode ini sangat bergantung pada palatabilitas pakan berobat; jika ikan menolak untuk memakannya, maka terapi tidak akan efektif.

Proses penyiapan pakan berobat memerlukan perhatian khusus untuk memastikan dosis yang homogen dan stabilitas obat. Obat biasanya dicampurkan dengan minyak ikan atau gelatin sebagai bahan perekat (*binder*) sebelum disemprotkan secara merata ke permukaan pelet pakan. Penggunaan perekat penting untuk mencegah obat larut ke dalam air sebelum pakan dikonsumsi oleh ikan, sebuah fenomena yang dikenal sebagai leaching. Setelah dicampur, pakan harus segera diberikan atau disimpan dengan benar di tempat yang sejuk dan kering untuk menjaga potensi obat,

karena beberapa antibiotik dapat terdegradasi oleh panas, cahaya, atau kelembaban.

Tantangan utama dalam pengobatan oral adalah memastikan setiap ikan mendapatkan dosis yang tepat. Dalam populasi ikan, hierarki dominasi sosial sering terjadi, di mana ikan yang lebih besar dan lebih agresif akan memakan lebih banyak pakan, sementara ikan yang sakit parah seringkali kehilangan nafsu makan (*anorexia*) dan tidak makan sama sekali. Fenomena ini dapat menyebabkan ikan yang sehat mengalami overdosis sementara ikan yang paling membutuhkan pengobatan justru tidak menerima obat sama sekali. Hal ini dapat mengakibatkan kegagalan terapi pada sebagian populasi dan secara tidak sengaja mempromosikan resistensi antimikroba karena sebagian patogen terpapar dosis subletal (Wang *et al*., 2025).

Efektivitas penyerapan obat dari saluran pencernaan ke dalam aliran darah (*bioavailabilitas*) juga bervariasi antar spesies ikan dan jenis obat. Beberapa obat mungkin tidak diserap dengan baik atau dimetabolisme terlalu cepat di hati sebelum mencapai jaringan target. Studi farmakokinetik sangat penting untuk menentukan dosis oral yang benar-benar mencapai konsentrasi terapeutik di dalam tubuh ikan (Jia *et al*., 2024). Meskipun memiliki tantangan, pengobatan melalui pakan tetap menjadi metode yang paling praktis dan umum untuk menangani wabah penyakit bakterial sistemik dalam operasi akuakultur komersial.

7.2.3 Tata Cara Pengobatan Melalui Injeksi (Suntikan) pada Ikan

Pengobatan melalui injeksi adalah metode administrasi obat yang paling presisi dan efektif, terutama untuk ikan berharga tinggi seperti induk, ikan

hias mahal, atau dalam konteks penelitian. Melalui suntikan, dosis obat yang akurat dapat dikirimkan langsung ke dalam tubuh ikan, melewati barrier eksternal dan saluran pencernaan, sehingga memastikan bioavailabilitas yang hampir 100%. Ini sangat penting untuk obat-obatan yang penyerapannya buruk melalui rute lain atau ketika respons terapeutik yang cepat sangat dibutuhkan. Injeksi juga merupakan metode utama dalam program vaksinasi untuk mencegah penyakit virus dan bakteri tertentu.

Terdapat dua rute injeksi utama yang umum digunakan pada ikan: injeksi intraperitoneal (IP) dan injeksi intramuskular (IM). Injeksi IP dilakukan dengan menyuntikkan obat ke dalam rongga perut ikan. Rute ini lebih disukai untuk volume injeksi yang lebih besar dan memungkinkan penyerapan obat yang cepat melalui membran peritoneum yang kaya akan pembuluh darah. Injeksi IM melibatkan penyuntikan obat langsung ke dalam jaringan otot, biasanya di daerah dorsal di bawah sirip punggung. Rute ini umumnya digunakan untuk volume yang lebih kecil dan memberikan penyerapan yang sedikit lebih lambat tetapi lebih berkelanjutan. Pemilihan rute tergantung pada jenis obat, volume dosis, dan spesies ikan.

Prosedur injeksi memerlukan teknik aseptik dan penanganan ikan yang hati-hati untuk meminimalkan stres dan cedera. Ikan biasanya perlu dianestesi (dibius) terlebih dahulu untuk membuatnya tidak bergerak selama prosedur, mengurangi risiko melukai ikan atau operator dengan jarum suntik. Penggunaan anestesi yang tepat, seperti MS-222 atau minyak cengkeh, harus sesuai dosis untuk menghindari overdosis yang fatal. Setelah disuntik, ikan harus ditempatkan di air pemulihan yang bersih dan beroksigenasi baik sampai sadar sepenuhnya. Teknik yang buruk dapat menyebabkan kerusakan jaringan lokal, infeksi

sekunder di lokasi suntikan, atau stres parah yang dapat menghambat pemulihan.

Meskipun sangat efektif, metode injeksi memiliki keterbatasan signifikan yang membuatnya tidak praktis untuk pengobatan massal pada ikan konsumsi skala besar. Prosedur ini sangat padat karya, memakan waktu, dan mahal karena memerlukan penanganan setiap ikan secara individual. Selain itu, tingkat stres yang ditimbulkan oleh penangkapan, anestesi, dan injeksi bisa menjadi kontraproduktif bagi ikan yang sudah lemah karena sakit. Oleh karena itu, penggunaannya terbatas pada situasi di mana nilai individu ikan membenarkan biaya dan tenaga yang dikeluarkan, atau ketika metode pengobatan lain terbukti tidak efektif.

7.3 Jenis-Jenis Agen Pengobatan (Farmakologi Ikan)

Arsenal terapeutik dalam akuakultur sangat beragam, mencerminkan spektrum patogen yang luas yang dapat mengancam kesehatan ikan. Pemilihan agen pengobatan yang tepat merupakan keputusan kritis yang harus didasarkan pada diagnosis yang akurat, pemahaman tentang mekanisme kerja obat, serta pertimbangan terhadap dampak ekologis dan keamanan pangan. Farmakologi ikan mencakup berbagai kelas senyawa, mulai dari antibiotik sintetik yang kuat untuk melawan infeksi bakteri, agen antiparasit dan fungisida untuk mengatasi wabah spesifik, hingga meningkatnya minat pada pemanfaatan senyawa bioaktif dari bahan-bahan alami sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan.

7.3.1 Penggunaan Antibiotik dan Agen Antibakteri Sintetik

Antibiotik dan agen antibakteri sintetik telah lama menjadi andalan dalam akuakultur untuk mengendalikan penyakit bakterial yang dapat menyebabkan mortalitas massal dan kerugian ekonomi yang besar. Senyawa seperti oksitetrasiklin, florfenikol, dan sulfonamida adalah beberapa contoh yang umum digunakan dan diberikan terutama melalui pakan berobat untuk mengatasi infeksi sistemik. Mekanisme kerja mereka bervariasi, mulai dari menghambat sintesis protein bakteri hingga mengganggu pembentukan dinding sel, yang secara efektif menghentikan pertumbuhan dan membunuh patogen bakteri. Penggunaan yang tepat dari agen-agen ini dapat secara dramatis mengurangi tingkat kematian selama wabah penyakit akut.

Akan tetapi, efektivitas antibiotik semakin terancam oleh meningkatnya prevalensi resistensi antimikroba (AMR). Penggunaan antibiotik yang berlebihan, tidak sesuai dosis, atau tanpa diagnosis yang tepat di masa lalu telah menciptakan tekanan selektif yang kuat, memunculkan galur-galur bakteri yang tidak lagi responsif terhadap pengobatan standar (Au-Yeung *et al*., 2025). Masalah ini tidak hanya menjadi ancaman bagi keberlanjutan industri akuakultur tetapi juga memiliki implikasi serius bagi kesehatan manusia, karena gen resistensi dapat berpindah dari bakteri lingkungan ke patogen manusia melalui berbagai jalur, sebuah konsep yang terangkum dalam pendekatan One Health (Milijasevic *et al*., 2024).

Studi modern menunjukkan dampak penggunaan antibiotik yang lebih luas dari sekadar menargetkan patogen. Pemberian florfenikol pada ikan lele kanal, misalnya, terbukti secara signifikan mengubah

komposisi komunitas mikroba pada insang, usus, dan kulit ikan (Wang *et al*., 2025). Perubahan pada mikrobioma ini dapat memiliki konsekuensi jangka panjang terhadap kesehatan imun dan pencernaan ikan, menyoroti bahwa antibiotik adalah alat yang kuat namun tidak spesifik. Hal ini memperkuat argumen untuk penggunaan yang lebih bijaksana dan terbatas, hanya untuk kasus-kasus di mana intervensi tersebut mutlak diperlukan dan didukung oleh hasil uji sensitivitas.

Mengingat tantangan ini, ada pergeseran global menuju pengurangan ketergantungan pada antibiotik. Banyak negara telah memperketat regulasi, membatasi jenis antibiotik yang dapat digunakan dalam akuakultur dan mewajibkan resep dari profesional kesehatan akuatik. Fokus industri saat ini beralih ke strategi pencegahan, seperti vaksinasi, perbaikan manajemen budidaya, penggunaan probiotik, dan pengembangan alternatif non-antibiotik untuk mengendalikan penyakit (Bondad-Reantaso *et al*., 2023). Antibiotik tetap menjadi alat penting dalam kotak peralatan terapeutik, tetapi perannya berubah dari solusi rutin menjadi pilihan terakhir dalam kerangka manajemen kesehatan ikan yang terintegrasi.

7.3.2 Aplikasi Agen Antiparasit dan Senyawa Fungsida

Penyakit yang disebabkan oleh parasit dan jamur merupakan masalah yang persisten dalam banyak sistem akuakultur di seluruh dunia. Infestasi ektoparasit seperti Cryptocaryon irritans (penyebab white spot pada ikan laut) atau Ichthyophthirius multifiliis (pada ikan air tawar) dapat menyebar dengan cepat dan menyebabkan iritasi parah, kerusakan insang, dan kematian (Li *et al*., 2021). Infeksi jamur, seringkali oleh genus Saprolegnia, biasanya bersifat sekunder, menyerang ikan yang sudah

stres atau memiliki luka pada permukaan tubuhnya. Untuk mengatasi patogen-patogen ini, serangkaian agen antiparasit dan fungisida spesifik digunakan, umumnya melalui metode pengobatan perendaman.

Senyawa kimia seperti formalin, tembaga sulfat, dan kalium permanganat adalah beberapa agen tradisional yang telah lama digunakan. Meskipun efektif, senyawa-senyawa ini memiliki indeks terapeutik yang sempit, yang berarti rentang antara dosis efektif dan dosis toksik sangat kecil. Penggunaannya memerlukan perhitungan dosis yang sangat cermat dan pemantauan kualitas air, karena toksisitasnya dapat meningkat secara signifikan dengan perubahan suhu, pH, atau kesadahan. Kesalahan dalam aplikasi dapat dengan cepat menyebabkan kematian massal pada ikan yang diobati. Selain itu, ada kekhawatiran mengenai dampak lingkungan dari pelepasan senyawa-senyawa ini ke perairan.

Di sisi lain, agen yang lebih modern dan lebih spesifik seperti praziquantel telah menjadi pilihan utama untuk mengobati infeksi cacing parasit (trematoda dan cestoda) pada insang dan kulit. Praziquantel memiliki margin keamanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan banyak bahan kimia tradisional dan sangat efektif melawan parasit target. Akan tetapi, penggunaannya yang luas di beberapa area juga mulai menimbulkan kekhawatiran tentang perkembangan resistensi parasit, sebuah fenomena yang memerlukan penelitian lebih lanjut dan strategi rotasi penggunaan obat untuk menjaga efektivitasnya dalam jangka panjang (Norbury *et al*., 2022).

Pengembangan agen antiparasit dan fungisida baru terus berlanjut, dengan fokus pada produk yang lebih aman bagi ikan, operator, dan lingkungan. Ini termasuk penelitian tentang senyawa-senyawa sintetis baru dengan target molekuler yang lebih spesifik pada

patogen, serta eksplorasi senyawa bioaktif dari sumber-sumber alami. Sebagai contoh, beberapa minyak atsiri dari tumbuhan telah menunjukkan aktivitas antiparasit dan antifungi yang menjanjikan (Dawood *et al*., 2021). Pendekatan terpadu, yang menggabungkan manajemen lingkungan untuk memutus siklus hidup parasit dengan penggunaan terapeutik yang bijaksana, tetap menjadi strategi yang paling efektif untuk mengendalikan penyakit parasit dan jamur di akuakultur.

7.3.3 Pemanfaatan Bahan Alami dan Ekstrak Herbal (Fitofarmaka)

Seiring dengan meningkatnya kekhawatiran terhadap resistensi antibiotik dan dampak lingkungan dari bahan kimia sintetis, terjadi lonjakan minat yang signifikan terhadap pemanfaatan bahan alami, khususnya ekstrak herbal atau fitofarmaka, dalam akuakultur. Pendekatan ini, yang sering disebut sebagai fitoterapi, memanfaatkan senyawa bioaktif yang ditemukan dalam tumbuhan untuk meningkatkan kesehatan ikan dan mengobati penyakit. Tumbuhan telah mengembangkan berbagai macam metabolit sekunder, seperti alkaloid, flavonoid, fenol, dan terpenoid, sebagai mekanisme pertahanan alami, dan banyak dari senyawa ini memiliki sifat antimikroba, antiparasit, anti-inflamasi, dan imunostimulan (Pandey *et al*., 2025).

Berbagai penelitian telah mendemonstrasikan efektivitas ekstrak herbal dalam melawan patogen akuakultur. Sebagai contoh, ekstrak dari daun ketapang (*Terminalia catappa*) telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri dan antijamur, dan aplikasinya dalam budidaya ikan menjadi semakin populer di seluruh dunia (Wang *et al*., 2024). Minyak atsiri (essential oils) dari tumbuhan seperti oregano, timi, dan bawang putih juga

telah menunjukkan kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen seperti *Aeromonas hydrophila* dan berfungsi sebagai agen antiparasit (Dawood *et al*., 2022; Semwal *et al*., 2023). Keunggulan utama dari fitofarmaka adalah profil keamanannya yang umumnya lebih baik, biodegradabilitas yang lebih tinggi, dan risiko pengembangan resistensi yang dianggap lebih rendah karena mengandung campuran kompleks senyawa aktif.

Penerapan fitofarmaka dalam akuakultur biasanya melalui suplementasi dalam pakan. Penambahan ekstrak herbal atau minyak atsiri ke dalam formulasi pakan tidak hanya berfungsi sebagai agen terapeutik selama wabah penyakit, tetapi juga sebagai agen profilaksis atau pencegahan. Banyak fitokomponan yang terbukti dapat merangsang sistem kekebalan non-spesifik ikan, meningkatkan ketahanan mereka terhadap stres dan infeksi (Rahimi *et al*., 2022). Dengan meningkatkan kesehatan dasar ikan, kebutuhan akan intervensi menggunakan antibiotik dapat dikurangi secara signifikan, sejalan dengan prinsip akuakultur berkelanjutan.

Meskipun sangat menjanjikan, pemanfaatan fitofarmaka juga menghadapi beberapa tantangan. Standardisasi ekstrak merupakan salah satu kendala utama; konsentrasi senyawa aktif dalam tumbuhan dapat bervariasi tergantung pada faktor genetik, musim panen, dan metode ekstraksi. Selain itu, penelitian lebih lanjut mengenai farmakokinetik, dosis optimal, dan potensi efek samping jangka panjang masih diperlukan untuk banyak produk herbal (Elgendy *et al*., 2024). Namun demikian, dengan penelitian yang terus berkembang, fitofarmaka dipandang sebagai salah satu pilar utama dalam strategi manajemen penyakit alternatif dan komplementer, menawarkan jalan menuju akuakultur yang lebih hijau dan aman.

7.4 Penanganan Pasca Terapi dan Dampak Lingkungan

Tanggung jawab dalam pengobatan penyakit ikan tidak berakhir saat gejala klinis menghilang. Periode pasca-terapi adalah fase kritis yang menentukan keberhasilan jangka panjang dari intervensi yang telah dilakukan, serta memitigasi dampak yang tidak diinginkan. Fase ini mencakup tiga area utama yang saling terkait: manajemen residu obat untuk melindungi ekosistem dan kesehatan konsumen, implementasi strategi untuk memulihkan kesehatan holistik ikan yang selamat, dan penanggulangan ancaman resistensi mikroba yang mungkin timbul akibat penggunaan obat. Mengabaikan aspek-aspek ini dapat meniadakan manfaat dari pengobatan itu sendiri dan menciptakan masalah baru yang lebih sulit diatasi.

7.4.1 Manajemen Residu Obat di Lingkungan Kolam dan Budidaya

Setelah aplikasi terapeutik, terutama melalui metode perendaman atau pakan, residu obat dan metabolitnya dapat tertinggal di dalam air, sedimen, dan bahkan dalam jaringan tubuh organisme non-target di lingkungan budidaya. Senyawa-senyawa ini, terutama antibiotik, dapat tetap aktif secara biologis untuk waktu yang lama, memberikan tekanan selektif yang konstan pada populasi mikroba di lingkungan. Kehadiran antibiotik pada konsentrasi subletal di lingkungan perairan diketahui sebagai salah satu pendorong utama akuisisi dan penyebaran gen resistensi antimikroba (AMR) di antara bakteri akuatik (Nallaiah *et al*., 2021).

Manajemen residu yang efektif dimulai dengan pemilihan obat yang tepat dan penggunaannya sesuai dosis. Obat yang mudah terurai secara hayati (biodegradable) lebih diutamakan daripada senyawa yang persisten di lingkungan. Selanjutnya, praktik

manajemen air selama dan setelah pengobatan sangat penting. Untuk sistem berbasis tangki atau resirkulasi (RAS), air bekas pengobatan dapat ditampung dan diolah secara khusus sebelum dibuang, misalnya melalui filtrasi karbon aktif atau degradasi ozon. Untuk sistem kolam tanah atau keramba jaring apung, opsinya lebih terbatas, sehingga pencegahan dan penggunaan obat yang minimal menjadi strategi terbaik.

Studi kasus dari berbagai negara menunjukkan bahwa residu antibiotik dari fasilitas akuakultur dapat dideteksi di sungai dan wilayah pesisir di sekitarnya, menimbulkan risiko ekologis (Thiang *et al*., 2021). Dampak ekologis ini dapat berupa toksisitas langsung terhadap alga, zooplankton, atau fauna bentik yang merupakan dasar dari jaring-jaring makanan akuatik. Oleh karena itu, pengembangan kebijakan dan teknologi untuk pengolahan limbah cair dari fasilitas akuakultur menjadi semakin mendesak. Penerapan zona penyangga vegetatif di sekitar kolam atau penggunaan sistem budidaya polikultur terintegrasi adalah beberapa pendekatan ekologis yang dapat membantu menyerap dan mendegradasi residu obat sebelum mencapai perairan terbuka.

Pada akhirnya, manajemen residu adalah komponen integral dari akuakultur yang bertanggung jawab. Ini melibatkan perencanaan yang cermat sebelum pengobatan, implementasi praktik terbaik selama aplikasi, dan pengelolaan limbah yang bijaksana setelahnya. Pendekatan proaktif ini tidak hanya melindungi lingkungan tetapi juga menjaga citra dan keberlanjutan industri akuakultur dalam jangka panjang, memastikan bahwa produksi pangan tidak dilakukan dengan mengorbankan kesehatan ekosistem.

7.4.2 Strategi Pemulihan Kesehatan Ikan Pasca-Pengobatan

Ikan yang selamat dari wabah penyakit dan telah menjalani terapi seringkali berada dalam kondisi fisiologis yang rentan. Proses penyakit itu sendiri, ditambah dengan stres akibat penanganan dan potensi efek samping dari obat, dapat menguras cadangan energi, menekan sistem kekebalan, dan mengganggu keseimbangan mikrobiota usus. Oleh karena itu, periode pasca-terapi harus difokuskan pada pemulihan kesehatan secara holistik untuk mengembalikan kebugaran ikan dan mencegah kekambuhan penyakit atau timbulnya infeksi sekunder.

Nutrisi memainkan peran sentral dalam proses pemulihan. Pemberian pakan berkualitas tinggi yang diperkaya dengan imunostimulan, vitamin (terutama Vitamin C dan E), dan mineral sangat direkomendasikan. Imunostimulan seperti beta-glukan, nukleotida, atau ekstrak herbal dapat membantu memulihkan dan memperkuat respons imun non-spesifik ikan, membuatnya lebih tahan terhadap tantangan patogen di masa depan (Elgendy *et al*., 2024). Suplementasi pakan dengan probiotik (bakteri menguntungkan) juga terbukti efektif dalam memulihkan keseimbangan mikroflora usus yang mungkin terganggu oleh pengobatan antibiotik, sehingga meningkatkan kesehatan pencernaan dan penyerapan nutrisi.

Manajemen lingkungan budidaya selama fase pemulihan juga tidak kalah penting. Menjaga kualitas air pada parameter optimal, termasuk oksigen terlarut yang tinggi, serta kadar amonia dan nitrit yang rendah, sangat krusial untuk mengurangi stres fisiologis tambahan pada ikan. Mengurangi kepadatan tebar untuk sementara waktu juga dapat memberikan ruang lebih bagi ikan untuk pulih dan mengurangi kompetisi untuk pakan dan

oksigen. Stresor lingkungan dan operasional, seperti fluktuasi suhu yang drastis atau penanganan yang tidak perlu, harus dihindari sebisa mungkin selama periode ini.

Pemantauan kesehatan ikan secara berkelanjutan setelah pengobatan adalah langkah penting untuk mendeteksi tanda-tanda awal masalah baru. Ini termasuk pengamatan visual harian terhadap perilaku dan nafsu makan ikan, serta pengambilan sampel secara berkala untuk pemeriksaan kesehatan. Strategi pemulihan yang komprehensif ini memastikan bahwa upaya dan biaya yang telah dikeluarkan untuk pengobatan tidak sia-sia. Dengan membantu ikan pulih sepenuhnya, pembudidaya tidak hanya mengamankan investasi mereka tetapi juga menghasilkan populasi yang lebih kuat dan lebih tangguh untuk siklus produksi selanjutnya.

7.4.3 Penanggulangan Masalah Resistensi Mikroba Akibat Penggunaan Obat

Resistensi antimikroba (AMR) adalah salah satu tantangan paling serius yang dihadapi kesehatan global, dan industri akuakultur memiliki peran penting dalam penanggulangannya. Setiap kali antibiotik digunakan, ada potensi bagi bakteri untuk mengembangkan mekanisme resistensi. Penggunaan yang tidak tepat, seperti dosis yang terlalu rendah, durasi yang terlalu singkat, atau penggunaan untuk infeksi non-bakterial, mempercepat proses ini secara dramatis. Gen-gen yang menyandikan resistensi ini seringkali berada pada elemen genetik bergerak (seperti plasmid) dan dapat dengan mudah ditransfer antar spesies bakteri, menyebarkan resistensi dari bakteri lingkungan ke patogen ikan, dan bahkan berpotensi ke patogen manusia (Milijasevic *et al*., 2024).

Strategi penanggulangan AMR yang paling fundamental adalah pengurangan ketergantungan pada antibiotik. Ini dicapai melalui penekanan kuat pada pencegahan penyakit (disease prevention). Praktik manajemen budidaya yang baik (Good Aquaculture Practices), termasuk menjaga kualitas air, memberikan nutrisi optimal, dan menerapkan biosekuriti yang ketat, adalah garis pertahanan pertama untuk mencegah timbulnya penyakit. Program vaksinasi yang efektif juga telah terbukti secara signifikan mengurangi kebutuhan akan antibiotik untuk beberapa penyakit bakterial utama, seperti yang ditunjukkan oleh keberhasilannya dalam industri salmon (Irshath *et al*., 2023).

Ketika penggunaan antibiotik tidak dapat dihindari, prinsip penggunaan yang bijaksana (*prudent use*) harus diterapkan secara ketat. Ini berarti antibiotik hanya boleh digunakan setelah diagnosis definitif dan berdasarkan hasil uji sensitivitas, yang mengidentifikasi antibiotik mana yang paling efektif melawan patogen spesifik yang diisolasi. Penggunaan antibiotik spektrum luas atau "koktail" antibiotik tanpa panduan diagnostik harus dihindari. Selain itu, mengikuti dosis dan durasi pengobatan yang direkomendasikan secara penuh sangat penting untuk memastikan eradikasi patogen dan meminimalkan seleksi bakteri resisten.

Eksplorasi dan adopsi alternatif antibiotik adalah pilar ketiga dalam strategi penanggulangan AMR. Bidang ini berkembang pesat, dengan penelitian yang menjanjikan tentang penggunaan probiotik, prebiotik, bakteriofag (virus yang menginfeksi bakteri), dan berbagai produk fitofarmaka (Bondad-Reantaso *et al*., 2023; Pandey *et al*., 2025). Alternatif-alternatif ini bekerja melalui mekanisme yang berbeda dari antibiotik, seperti meningkatkan kekebalan inang atau bersaing dengan patogen, sehingga tidak memberikan tekanan selektif yang sama untuk pengembangan resistensi.

Dengan mengintegrasikan berbagai pendekatan ini, pencegahan, penggunaan bijak, dan alternatif, industri akuakultur dapat berkontribusi secara signifikan dalam upaya global untuk menjaga efektivitas antibiotik bagi generasi mendatang.

7.5 Regulasi dan Keamanan Pangan

Penggunaan obat dalam budidaya ikan tidak hanya merupakan masalah kesehatan hewan dan lingkungan, tetapi juga merupakan isu sentral dalam keamanan pangan dan perdagangan internasional. Konsumen berhak mendapatkan produk perikanan yang aman dan bebas dari residu kimia berbahaya. Untuk memastikan hal ini, serangkaian regulasi yang ketat diberlakukan oleh pemerintah nasional dan badan internasional. Kepatuhan terhadap kerangka regulasi ini bukan hanya kewajiban hukum bagi pembudidaya, tetapi juga kunci untuk mendapatkan akses pasar dan membangun kepercayaan konsumen. Regulasi ini mencakup pengawasan terhadap obat-obatan yang dilarang, penetapan masa henti obat yang aman, serta sistem sertifikasi dan perizinan untuk produk farmasi akuatik.

7.5.1 Keputusan Terhadap Standar Penggunaan Obat Terlarang (*Illegal Drugs*)

Di seluruh dunia, otoritas regulator pangan telah menyusun daftar obat-obatan dan senyawa kimia yang penggunaannya dilarang secara mutlak dalam produksi hewan pangan, termasuk ikan. Senyawa-senyawa ini dilarang karena terbukti memiliki risiko kesehatan yang serius bagi manusia, seperti bersifat karsinogenik (memicu kanker), menyebabkan anemia aplastik, atau memicu reaksi alergi parah. Contoh klasik dari obat terlarang ini adalah kloramfenikol, nitrofuran (seperti furazolidon), dan malakit hijau (malachite green). Tidak

ada tingkat paparan yang dianggap aman (*zero tolerance*) untuk residu dari senyawa-senyawa ini dalam produk makanan.

Kepatuhan terhadap larangan ini adalah syarat mutlak. Penggunaan obat terlarang, meskipun mungkin efektif dalam mengobati penyakit tertentu, akan secara otomatis membuat produk ikan yang dihasilkan menjadi ilegal untuk diperdagangkan dan tidak aman untuk dikonsumsi. Otoritas pemerintah secara rutin melakukan program pemantauan residu, di mana sampel produk perikanan dari pasar atau peternakan diuji untuk keberadaan senyawa-senyawa terlarang ini. Temuan positif dapat mengakibatkan konsekuensi yang berat, termasuk penarikan produk, pemusnahan massal, sanksi ekonomi yang besar bagi pembudidaya, dan bahkan tuntutan pidana.

Bagi negara-negara pengekspor produk perikanan, kepatuhan terhadap standar internasional menjadi lebih kompleks karena peraturan di negara tujuan ekspor mungkin lebih ketat daripada peraturan domestik. Uni Eropa, Amerika Serikat, dan Jepang, misalnya, memiliki program pengujian impor yang sangat ketat. Satu temuan residu obat terlarang dapat menyebabkan penolakan seluruh kontainer pengiriman dan bahkan larangan impor dari negara atau perusahaan tertentu (import alert). Oleh karena itu, seluruh rantai pasok, mulai dari produsen pakan, pembudidaya, hingga pengolah, harus memastikan dan dapat membuktikan bahwa tidak ada obat terlarang yang digunakan di setiap tahap produksi.

Edukasi dan kesadaran di kalangan pembudidaya adalah kunci untuk memastikan kepatuhan. Banyak pembudidaya, terutama skala kecil, mungkin tidak menyadari status ilegal atau bahaya dari beberapa produk yang tersedia di pasar informal. Program penyuluhan dari pemerintah dan asosiasi industri, serta

promosi penggunaan produk yang terdaftar dan disetujui secara resmi, sangat penting untuk mencegah penggunaan obat terlarang secara tidak sengaja dan melindungi reputasi serta akses pasar bagi seluruh industri akuakultur nasional.

7.5.2 Penentuan Waktu Henti Obat (*Withdrawal Period*) Sebelum Panen

Untuk obat-obatan yang diizinkan penggunaannya pada ikan konsumsi, regulasi menetapkan periode waktu wajib yang disebut sebagai waktu henti obat (withdrawal period). Ini adalah interval waktu yang harus berlalu antara pemberian obat terakhir dan saat ikan dipanen untuk konsumsi. Tujuan dari waktu henti obat adalah untuk memastikan bahwa tubuh ikan memiliki cukup waktu untuk memetabolisme dan mengeluarkan residu obat dan metabolitnya hingga mencapai tingkat yang berada di bawah Batas Maksimum Residu (BMR) yang ditetapkan oleh otoritas keamanan pangan. BMR adalah konsentrasi residu maksimum yang secara ilmiah dianggap tidak menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen.

Penentuan waktu henti obat didasarkan pada studi farmakokinetik yang teliti. Penelitian ini mengukur laju penipisan (depletion rate) residu obat dari jaringan yang dapat dimakan (terutama otot dan kulit) pada spesies ikan tertentu dan pada suhu air tertentu. Suhu air adalah faktor yang sangat penting, karena metabolisme ikan bersifat poikilotermik (bergantung pada suhu lingkungan); pada suhu yang lebih dingin, metabolisme melambat, dan ikan memerlukan waktu lebih lama untuk menghilangkan residu obat. Oleh karena itu, waktu henti obat yang ditetapkan untuk suatu produk seringkali spesifik untuk kombinasi spesies-obat-suhu tertentu.

Kepatuhan yang ketat terhadap waktu henti obat adalah kewajiban hukum dan etis. Memanen ikan sebelum waktu henti obat selesai dapat mengakibatkan produk mengandung residu di atas BMR, yang membuatnya tidak layak untuk dikonsumsi dan ilegal untuk dijual. Hal ini tidak hanya membahayakan kesehatan konsumen tetapi juga merusak kepercayaan publik terhadap keamanan produk akuakultur. Pembudidaya harus menyimpan catatan (logbook) yang akurat tentang semua penggunaan obat, termasuk tanggal pemberian, dosis, populasi yang diobati, dan tanggal kapan waktu henti obat selesai.

Sistem ketertelusuran (*traceability*) dalam rantai pasok akuakultur memainkan peran penting dalam memverifikasi kepatuhan terhadap waktu henti obat. Kemampuan untuk melacak suatu produk kembali ke kolam atau peternakan asalnya memungkinkan regulator untuk menyelidiki kasus pelanggaran residu dan memastikan akuntabilitas. Dengan mematuhi waktu henti obat, industri akuakultur menunjukkan komitmennya terhadap produksi pangan yang bertanggung jawab dan aman, yang merupakan fondasi untuk keberlanjutan jangka panjang.

7.5.3 Sertifikasi Obat Ikan dan Perizinan Sesuai Regulasi Pemerintah

Untuk memastikan keamanan, kualitas, dan efikasi, semua produk farmasi veteriner, termasuk yang digunakan dalam akuakultur, harus melalui proses registrasi dan perizinan yang ketat oleh otoritas regulator pemerintah sebelum dapat dipasarkan secara legal. Di Indonesia, proses ini diawasi oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) atau Kementerian Pertanian, tergantung pada yurisdiksinya. Proses ini

melibatkan evaluasi data ilmiah yang komprehensif yang diserahkan oleh produsen obat.

Data yang diperlukan untuk registrasi biasanya mencakup beberapa area utama. Pertama, data kualitas dan manufaktur, yang memastikan bahwa produk dibuat secara konsisten sesuai dengan standar *Good Manufacturing Practices* (GMP) dan mengandung bahan aktif dalam jumlah yang benar. Kedua, data keamanan, yang mengevaluasi potensi efek samping pada ikan target, keamanan bagi operator yang menangani produk, dampak terhadap lingkungan, dan keamanan bagi konsumen (melalui studi residu). Ketiga, data efikasi, yang berasal dari uji klinis di laboratorium dan lapangan untuk membuktikan bahwa obat tersebut efektif dalam mengobati penyakit yang diklaim pada labelnya.

Hanya produk yang telah berhasil melewati evaluasi ini dan terbukti memiliki profil risiko-manfaat yang dapat diterima yang akan diberikan nomor registrasi dan izin edar. Label produk obat ikan yang terdaftar secara resmi akan berisi informasi penting bagi pengguna, termasuk spesies target, indikasi penyakit, dosis yang benar, cara pemberian, peringatan keamanan, dan yang paling krusial, waktu henti obat (*withdrawal period*). Menggunakan produk obat yang tidak terdaftar adalah ilegal dan berisiko tinggi, karena tidak ada jaminan atas kualitas, keamanan, atau efektivitasnya.

Bagi para praktisi akuakultur, menggunakan produk bersertifikat dan berizin adalah bentuk perlindungan. Ini memastikan bahwa mereka menggunakan alat yang telah teruji dan sesuai dengan standar nasional, serta mengurangi risiko kegagalan pengobatan atau masalah keamanan pangan. Regulasi ini juga mendorong industri farmasi untuk berinovasi dan mengembangkan produk-produk baru yang lebih aman dan lebih efektif. Dengan demikian, sistem sertifikasi dan perizinan merupakan pilar fundamental dalam

ekosistem manajemen kesehatan akuatik, yang menghubungkan ilmu pengetahuan, industri, dan kebijakan publik untuk tujuan bersama yaitu produksi akuakultur yang sehat, aman, dan berkelanjutan.

Pengobatan dan terapi penyakit ikan dalam akuakultur telah berevolusi menjadi sebuah disiplin ilmu yang menuntut pendekatan multidimensional. Keberhasilan tidak lagi hanya diukur dari kemampuan untuk menekan mortalitas, tetapi juga dari tanggung jawab dalam menerapkan praktik yang etis, aman secara ekologis, dan berkelanjutan. Bab ini telah membedah berbagai lapisan kompleksitas yang terlibat, mulai dari prinsip dasar yang menggarisbawahi pentingnya diagnosis akurat sebagai fondasi setiap tindakan terapeutik. Tanpa identifikasi patogen yang benar, setiap intervensi berisiko menjadi tidak efektif dan bahkan kontraproduktif, mempercepat munculnya masalah resistensi antimikroba, sebuah tantangan global yang mengancam kesehatan hewan dan manusia.

Pemilihan metode administrasi obat yang tepat, baik melalui media air, pakan, maupun injeksi, harus didasarkan pada pemahaman yang mendalam tentang farmakokinetik, konteks penyakit, dan skala operasional. Masing-masing metode menawarkan kelebihan dan keterbatasan yang berbeda, dan keputusan yang diambil secara langsung memengaruhi efikasi pengobatan dan tingkat stres pada ikan. Arsenal farmakologi yang tersedia, mulai dari antibiotik konvensional hingga alternatif fitofarmaka yang inovatif, mencerminkan pergeseran paradigma dalam industri menuju pengurangan ketergantungan pada agen kimia sintetis. Pemanfaatan bahan alami bukan hanya tren, melainkan sebuah strategi penting dalam menanggulangi resistensi dan mempromosikan pendekatan yang lebih holistik terhadap kesehatan ikan.

Pada akhirnya, tanggung jawab tidak berhenti setelah ikan sembuh. Manajemen pasca-terapi, yang mencakup pengelolaan residu lingkungan, pemulihan kesehatan ikan,

dan penaatan regulasi keamanan pangan seperti waktu henti obat, merupakan komponen krusial yang menentukan keberlanjutan praktik budidaya. Kepatuhan terhadap kerangka regulasi nasional dan internasional adalah jaminan bahwa produk akuakultur yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi dan dapat diterima di pasar global. Dengan mengintegrasikan seluruh elemen ini, diagnosis presisi, terapi yang bijaksana, manajemen pasca-perawatan yang bertanggung jawab, dan kepatuhan regulasi, praktisi akuakultur dapat secara efektif mengelola penyakit, sekaligus berkontribusi pada industri yang tangguh, aman, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Anand, S. K., & Ghatpande, A. C. (2025). Overview of Fish Diseases and Their Treatment. International Journal on Science and Technology. https://doi.org/10.71097/ijsat.v16.i1.1461

Anggara, A.S., Kudoasmoro, K., Sudaryatma, P. E., Dewi, I.A.M.M., & Wiradana, P.A. (2024). Physical and Molecular Identification of Fish and Shrimp Diseases in Some Farms of West Jawa, Banten and Jakarta, Indonesia, Jurnal Akuakultur Indonesia, 23 (2), 157-167. https://doi.org/10.19027/jai.23.2.157-167

Au-Yeung, C., Tsui, Y.-L., Choi, M.-H., Chan, K.-W., Wong, S.-N., Ling, Y.-K., Lam, C.-M., Lam, K. L., & Mo, W.-Y. (2025). Antibiotic Abuse in Ornamental Fish: An Overlooked Reservoir for Antibiotic Resistance. Microorganisms, 13. https://doi.org/10.3390/microorganisms13040937

Bondad-Reantaso, M., MacKinnon, B., Karunasagar, I., Fridman, S., Alday-Sanz, V., Brun, E., Groumellec, M. L., Li, A., Surachetpong, W., Karunasagar, I., Hao, B., Dall'Occo, A., Urbani, R., & Caputo, A. (2023). Review of alternatives to antibiotic use in aquaculture. Reviews in Aquaculture. https://doi.org/10.1111/raq.12786

Corum, O., Corum, D. D., Terzi, E., & Uney, K. (2023). Pharmacokinetics, Tissue Residues, and Withdrawal Times of Oxytetracycline in Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) after Single- and Multiple Dose Oral Administration. Animals, 13. https://doi.org/10.3390/ani13243845

Dara, M., Carbonara, P., Corte, C. L., Parrinello, D., Cammarata, M., & Parisi, M. G., 2023. Fish Welfare in Aquaculture: Physiological and Immunological Activities for Diets, Social, and Spatial Stress on Mediterranean Aqua Cultured Species. Fishes, 8, 414. https://doi.org/10.3390/fishes8080414

Dawood, M., Basuini, M. E. F., Yılmaz, S., Abdel-Latif, H. M., Alagawany, M., Kari, Z., Razab, M. K. A. A., Hamid, N. K. A., Moonmanee, T., & Van Doan, H. (2022). Exploring the Roles of Dietary Herbal Essential Oils in Aquaculture: A Review. Animals : an Open Access Journal from MDPI, 12. https://doi.org/10.3390/ani12070823

Dawood, M., Basuini, M. E. F., Zaineldin, A. I., Yılmaz, S., Hasan, M. T., Ahmadifar, E., Asely, A. E. M., Abdel-Latif, H. M., Alagawany, M., Abu-Elala, N. M., Van Doan, H., & Sewilam, H. (2021). Antiparasitic and Antibacterial Functionality of Essential Oils: An Alternative Approach for Sustainable Aquaculture. Pathogens, 10. https://doi.org/10.3390/pathogens10020185

Elgendy, M., Ali, S. E., Dayem, A. A., Khalil, R., Moustafa, M., & Abdelsalam, M. (2024). Alternative therapies recently applied in controlling farmed fish diseases: mechanisms, challenges, and prospects. Aquaculture International, 32, 9017 - 9078. https://doi.org/10.1007/s10499-024-01603-3

Ferri, G., Lauteri, C., & Vergara, A. (2022). Antibiotic Resistance in the Finfish Aquaculture Industry: A Review. Antibiotics, 11. https://doi.org/10.3390/antibiotics11111574

Irshath, A., Rajan, A., Vimal, S., Prabhakaran, V., & Ganesan, R. (2023). Bacterial Pathogenesis in Various Fish Diseases: Recent Advances and Specific Challenges in Vaccine Development. Vaccines, 11. https://doi.org/10.3390/vaccines11020470

Jia, B., Zhao, Y., Deng, J., Chen, S., Li, C., Qi, B., Hu, X., & Li, L. (2024). Enrofloxacin pharmacokinetics in yellow catfish (Pelteobagrus fulvidraco): A comparative analysis of oral, intramuscular, and bath administration. Journal of veterinary pharmacology and therapeutics. https://doi.org/10.1111/jvp.13425

Li, Y., Jiang, B., Mo, Z., Li, A., & Dan, X. (2021). Cryptocaryon irritans (Brown, 1951) is a serious threat to aquaculture of marine fish. Reviews in Aquaculture. https://doi.org/10.1111/raq.12594

Mahmud, M. N., Ansary, A. A., Ritu, F. Y., Hasan, N. A., & Haque, M. M. (2025). An Overview of Fish Disease Diagnosis and Treatment in Aquaculture in Bangladesh. Aquaculture Journal. https://doi.org/10.3390/aquacj5040018

Milijasevic, M., Vesković-Moračanin, S., Milijasevic, B. J., Petrović, J., & Nastasijević, I. (2024). Antimicrobial Resistance in Aquaculture: Risk Mitigation within the One Health Context. Foods, 13. https://doi.org/10.3390/foods13152448

Nallaiah, H., Aran, S. S., Ayyathurai, K., Agarwal, D., Venkatachalam, K., & Eswaran, S. (2021). A critical review on the antimicrobial resistance, antibiotic residue and metagenomics-assisted antimicrobial resistance gene detection in freshwater aquaculture environment. Aquaculture Research. https://doi.org/10.1111/are.15601

Norbury, L., Shirakashi, S., Power, C., Nowak, B., & Bott, N. (2022). Praziquantel use in aquaculture – Current status and emerging issues. International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance, 18, 87 - 102. https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2022.02.001

Okocha, R. C., Olatoye, I. O., & Adedeji, O. B. (2018). Food Safety Impacts of Antimicrobial Use and Their Residues in Aquaculture, Public Health Reviews, 39 (21), 1-22. https://doi.org/10.1186/s40985-018-0099-2

Pandey, S., Singh, G., Verma, S., Dahiya, T., Singh, A., Shahi, S., & Tiwari, P. K. (2025). Phytotherapy as a natural alternative to antibiotics in aquaculture. INDIAN JOURNAL OF ANIMAL HEALTH. https://doi.org/10.36062/ijah.2025.01925

Rahimi, N. N. M. N., Natrah, I., Loh, J., Ranzil, F. K. E., Gina, M., Lim, S., Lai, K., & Chong, C. (2022). Phytocompounds as an Alternative Antimicrobial Approach in Aquaculture. Antibiotics, 11. https://doi.org/10.3390/antibiotics11040469

Semwal, A., Kumar, A., & Kumar, N. (2023). A review on pathogenicity of Aeromonas hydrophila and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. Heliyon, 9. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14088

Tavares-Dias, M. (2021). Toxicity, Physiological, Histopathological, and Antiparasitic Effects of the Formalin, a Chemotherapeutic of Fish Aquaculture. Aquaculture Research, 52, 1803-1823. https://doi.org/10.1111/are.15069

Thiang, E. L., Lee, C.-W., Takada, H., Seki, K., Takei, A., Suzuki, S., Wang, A.-J., & Bong, C. (2021). Antibiotic residues from aquaculture farms and their ecological risks in Southeast Asia: a case study from Malaysia. Ecosystem Health and Sustainability, 7. https://doi.org/10.1080/20964129.2021.1926337

Veedu, A.K. & Thomas, J. (2026). Probiotics and Prebiotics as Alternatives to Antibiotics in Aquaculture: a Systematic and Bibliometric Review of Antimicrobial and Antioxidant Mechanisms. Frontiers in Microbiology, 17. https://doi.org/10.3389/fmicb.2026.1784036

Wang, H., Sheng, L., Yazdi, Z., Li, X., Liu, Z., Canakapalli, S., Zhou, Y., Liao, C., Emami, S., Kelly, A. M., Roy, L. A., Soto, E., & Wang, L. (2025). The impact of florfenicol treatment on the microbial populations present in the gill, intestine, and skin of channel catfish (Ictalurus punctatus). Animal Microbiome, 7. https://doi.org/10.1186/s42523-025-00433-9

Wang, X., Taufek, N. M., & Arshad, N. (2024). Recent advances of Terminalia catappa and its application in fish culture: A review. Reviews in Aquaculture. https://doi.org/10.1111/raq.12920

INDEKS

A

Adhesin, 53
Aeromonas hydrophila, 2, 6, 18, 19, 30, 32, 34, 35, 36, 48, 61, 133, 137, 146, 164, 180
Aeromoniasis, iii, 61, 63
Aflatoksin, 126
Amonia, 27
Aphanomyces invadans, 25

B

Bakteremia, 54
Biosekuriti, ii, v, 10, 32, 135, 136, 137
Branchiomycosis, 118

D

Deuteromycetes, 116
Diagnosis Diferensial, iii, 58
Dip Treatment, v, 154

E

Edwardsiellosis, iii, viii, 62, 73, 74, 96
Ektoparasit, vii, 21, 40, 41, 49
Endoparasit, vii, 40, 42
Epizootic Ulcerative Syndrome (EUS), 25

F

Faktor Abiotik, ii, 26
Faktor Biotik, ii, 18
Flavobacteriosis, iii, 81

G

Granuloma, 88

H

Hifa, vii, 109, 115
Histopatologi, iii, vii, 46, 47
Homeostasis, iii, 55

I

Ichthyosporidosis, iv, ix, 119
Imunostimulan, 167
In-Pond Raceway System (IPRS), 31

K

Kepadatan Tebar (Stocking Density), ii, 30
Koi Herpes Virus (KHV), 20, 45

L

Lactococcosis, iii, ix, 75, 77
Lesi, iii, vii, viii, ix, 20, 58, 60, 64, 65, 69, 70, 74, 82, 83

M

Major Histocompatibility Complex class II (MHC-II), 28
Megalocytivirus, 21
Mortalitas, 56
Motile Aeromonas Septicemia (MAS), 18, 63
Mycobacteriosis, iii, iv, 62, 84, 88

O

One Health, 130, 138, 152, 160, 179
Oral Medication, 156

P

Polymerase Chain Reaction (PCR), 21, 46

Prevalensi, 125
Probiotik, 11, 139

S

Saprolegniasis, 104
Septikemia, vii, 59, 62, 66
Streptococcosis, iii, viii, 62, 75, 76, 93

V

Vibriosis, iii, 62, 68, 71
Viral Nervous Necrosis (VNN), 21

W

White Spot Syndrome Virus (WSSV), 2

GLOSARIUM

A

Abrasi Kulit: Luka lecet atau erosi pada permukaan kulit ikan akibat gesekan fisik, trauma penanganan, atau infeksi awal patogen.

Adhesin: Komponen struktural atau molekul permukaan pada bakteri patogen yang berfungsi untuk melekatkan bakteri pada jaringan inang.

Aeromonas hydrophila: Bakteri Gram-negatif dari famili Aeromonadaceae yang hidup tersebar luas di ekosistem perairan dan merupakan penyebab utama penyakit Motile Aeromonas Septicemia pada ikan budidaya, khususnya pada kondisi padat tebar tinggi dan kualitas air buruk.

Aeromoniasis: Penyakit infeksi bakterial pada ikan yang disebabkan oleh bakteri dari genus *Aeromonas* (seperti *Aeromonas hydrophila*).

Aflatoksin: Mikotoksin toksik dan karsinogenik yang dihasilkan oleh jamur *Aspergillus flavus*, sering mengkontaminasi pakan ikan yang lembap.

Aktivitas Fagositik: Kemampuan sel-sel imun (seperti makrofag/neutrofil) untuk menelan dan menghancurkan patogen asing.

Alkalinitas: Kapasitas air untuk menetralkan asam, dinyatakan dalam kadar karbonat dan bikarbonat untuk menjaga kestabilan pH perairan.

Ambang Penyakit (Disease Threshold): Batas kondisi fisiologis/lingkungan di mana ketahanan tubuh ikan

tidak lagi mampu menahan tekanan patogen sehingga muncul gejala klinis.

Amonia (NH_3): Senyawa nitrogen toksik hasil metabolisme dan sisa pakan dalam media budidaya yang dapat merusak jaringan insang dan menekan sistem kekebalan tubuh ikan.

Anamnesis Epidemiologi: Wawancara dan pengumpulan riwayat kesehatan populasi ikan serta kondisi lingkungan sebelum diagnosis dilakukan.

Anoreksia: Kondisi di mana ikan kehilangan nafsu makan, menjadi salah satu petunjuk umum terjadinya stres atau infeksi penyakit.

Antibiotik: Senyawa kimia, baik alami maupun sintetik, yang memiliki kemampuan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri. Dalam akuakultur, antibiotik digunakan untuk mengobati infeksi bakteri sistemik.

Antigen: Molekul penyusun patogen yang merangsang pembentukan respons imun spesifik (antibodi) pada tubuh inang.

Antimicrobial Susceptibility Testing (AST): Pengujian laboratorium untuk menentukan tingkat kepekaan bakteri patogen terhadap berbagai jenis antibiotik.

Antiparasit: Bahan atau obat yang digunakan untuk mengendalikan atau membunuh parasit yang menginfeksi ikan.

Aphanomyces invadans: Jamur parasitik penyebab Epizootic Ulcerative Syndrome (EUS) yang ditandai dengan benang halus menyerupai kapas pada luka eksternal ikan.

Asites (Dropsy): Penimbunan cairan berlebih di dalam rongga perut ikan yang menyebabkan abdomen membengkak.

Autolisis: Penghancuran diri sel atau jaringan oleh enzimnya sendiri yang terjadi setelah kematian ikan.

B

Bakteremia: Kondisi ditemukannya bakteri hidup di dalam aliran darah ikan tanpa pembentukan toksin sistemik yang meluas.

Bakteriofag: Virus yang secara spesifik menginfeksi dan menghancurkan sel bakteri, digunakan sebagai terapi biologis alternatif antibiotik.

Batas Maksimum Residu (BMR / MRL): Konsentrasi maksimum residu obat atau bahan kimia yang diperbolehkan terdapat dalam produk pangan asal hewan berdasarkan standar keamanan pangan.

Bath Treatment (Perendaman): Metode pengobatan di mana ikan direndam dalam larutan obat dengan konsentrasi rendah untuk periode waktu yang relatif lama (beberapa jam hingga hari) di dalam tangki atau kolam pemeliharaan.

Bioavailabilitas: Ukuran persentase dan laju penyerapan obat dari dosis yang diberikan yang berhasil mencapai sirkulasi sistemik (aliran darah) dalam bentuk aktif.

Biofilm: Kumpulan sel mikroorganisme yang melekat pada permukaan dan terbungkus oleh lapisan matriks polimer ekstraseluler.

Biosekuriti: Perangkat manajerial praktis berupa kebijakan dan tindakan untuk mencegah masuk dan menyebarnya patogen dalam sistem budidaya, mencakup pengendalian lalu lintas organisme, sanitasi, dan kualitas indukan.

Branchiomycosis: Penyakit busuk insang pada ikan yang disebabkan oleh infeksi jamur genus *Branchiomyces*.

C

Columnaris Disease: Infeksi bakterial akut hingga kronis pada kulit dan insang ikan air tawar yang disebabkan oleh *Flavobacterium columnare*.

Cycle Threshold (Ct): Jumlah siklus pencapaian sinyal fluoresensi pada uji real-time PCR yang berbanding terbalik dengan jumlah target materi genetik.

D

Deuteromycetes: Kelompok jamur yang belum diketahui fase reproduksi seksualnya (jamur imperfek).

Diagnosis Diferensial: Proses membedakan beberapa kemungkinan penyakit yang memiliki gambaran gejala klinis serupa.

Diagnosis: Proses penentuan penyakit berdasarkan gejala klinis, kondisi lingkungan, riwayat penyakit, dan pemeriksaan laboratorium.

Dip Treatment (Celup Singkat): Metode pengobatan di mana ikan dicelupkan ke dalam larutan obat dengan konsentrasi sangat tinggi untuk periode waktu yang sangat singkat (beberapa detik hingga menit).

Disease Triangle (Segitiga Penyakit): Konsep interaksi antara inang (host), agen penyakit (pathogen), dan lingkungan (environment) yang menentukan kemunculan penyakit.

Dissolved Oxygen (DO / Oksigen Terlarut): Parameter kualitas air yang menunjukkan kadar oksigen terlarut yang tersedia bagi organisme akuatik, dipengaruhi oleh suhu, salinitas, dan kandungan bahan organik.

Droplet Digital PCR (ddPCR): Metode PCR canggih yang membagi sampel menjadi ribuan droplet mikroskopis untuk kuantifikasi absolut DNA/RNA patogen.

E

Edwardsiellosis: Penyakit bakterial sistemik yang disebabkan oleh agen genus *Edwardsiella* (seperti *E. tarda*, *E. ictaluri*, *E. piscicida*).

Efikasi: Tingkat kemampuan suatu obat atau tindakan terapi dalam menghasilkan efek pengobatan yang diharapkan.

Eksoptalmia (Exophthalmia / Pop-eye): Kondisi mata ikan menonjol keluar dari rongga mata akibat akumulasi cairan atau infeksi sistemik di belakang mata.

Ektoparasit: Parasit yang menyerang permukaan tubuh, sirip, dan insang ikan, dengan prevalensi yang umumnya berasosiasi dengan kondisi habitat tertentu seperti tipe kolam dan kualitas air.

ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay): Uji serologis berdasarkan reaksi spesifik antigen-antibodi berlabel enzim untuk deteksi patogen.

Endoparasit: Parasit yang hidup di dalam organ atau jaringan internal tubuh inang, seperti saluran pencernaan, ginjal, atau darah.

Epizootic Ulcerative Syndrome (EUS): Penyakit pada ikan yang disebabkan oleh jamur *Aphanomyces invadans*, dengan gejala klinis berupa luka eksternal/borok mendalam dan perubahan warna sirip serta tubuh menjadi kemerahan.

Erosi Kulit / Sirip: Kerusakan atau pengikisan bertahap pada jaringan kulit atau sirip akibat luka fisik atau infeksi patogen.

F

Faktor Abiotik: Kelompok faktor non-hayati seperti suhu, pH, oksigen terlarut, salinitas, dan kandungan senyawa beracun yang bekerja secara tidak langsung dengan menurunkan daya tahan tubuh ikan terhadap patogen.

Faktor Biotik: Kelompok faktor penyebab penyakit ikan yang berasal dari organisme hidup penyerang tubuh ikan, meliputi bakteri, virus, parasit, dan jamur.

Farmakodinamik: Ilmu yang mempelajari efek biokimia dan fisiologis obat serta mekanisme kerja obat terhadap tubuh organisme atau patogen target.

Farmakokinetik: Studi tentang perjalanan obat di dalam tubuh, mencakup proses absorpsi (penyerapan), distribusi, metabolisme (biotransformasi), dan ekskresi (pengeluaran).

Fitofarmaka / Fitobiotik: Produk obat atau bahan tambahan pakan yang berasal dari bahan-bahan alami tumbuhan, seperti ekstrak herbal atau minyak atsiri, yang mengandung senyawa bioaktif untuk pengobatan atau pencegahan penyakit.

Flavobacteriosis: Infeksi bakterial yang disebabkan oleh genus *Flavobacterium* yang sering menyerang insang atau kulit ikan.

G

Gill Slipping: Prosedur pengambilan preparat filamen insang secara terpisah untuk pemeriksaan ektoparasit mikroskopis.

Granuloma: Nodul jaringan peradangan kronis yang terbentuk ketika sistem imun mengurung agen asing/bakteri yang sulit dihancurkan (misal *Mycobacterium*).

H

Hemoragi (Perdarahan): Keluarnya darah dari pembuluh darah akibat kerusakan jaringan, terlihat sebagai bintik (petekie) atau lesi merah pada kulit/organ.

Heterotrof: Organisme yang tidak dapat memproduksi makanan sendiri dan memperoleh nutrisi dari bahan organik lain.

Hifa: Struktur berbentuk benang halus yang menyusun vegetatif jamur (fungi).

Hiperplasia: Peningkatan jumlah sel dalam suatu jaringan atau organ yang menyebabkan pembesaran ukuran (misal pada epitel insang).

Histopatologi: Pemeriksaan mikroskopis terhadap jaringan organ yang dipotong tipis dan diwarnai untuk melihat perubahan kelainan seluler.

Homeostasis: Kemampuan tubuh ikan untuk mempertahankan kestabilan kondisi fisiologis internal di tengah perubahan lingkungan eksternal.

I

Ichthyophthiriasis (White Spot): Penyakit bintik putih pada kulit/insang ikan yang disebabkan oleh protozoa bersilia *Ichthyophthirius multifiliis*.

Ichthyosporidosis: Infeksi sistemik kronis pada organ dalam ikan akibat jamur/organisme *Ichthyophonus hoferi*.

Imunostimulan: Bahan alami atau sintetis yang ditambahkan ke dalam pakan atau media untuk merangsang dan meningkatkan aktivitas sistem imun non-spesifik ikan sebagai upaya pencegahan penyakit.

Inang (Host): Organisme tempat agen patogen menggantungkan hidup dan memperoleh nutrisi.

Infeksi Sekunder: Infeksi yang muncul setelah ikan mengalami infeksi atau luka primer akibat patogen lain, seperti infeksi jamur *Saprolegnia* yang umumnya menyerang ikan yang sudah lemah atau terluka.

Injeksi Intramuskular (IM): Metode pemberian obat dengan menyuntikkannya langsung ke dalam jaringan otot ikan.

Injeksi Intraperitoneal (IP): Metode pemberian obat dengan menyuntikkannya langsung ke dalam rongga peritoneum atau rongga tubuh ikan.

Innate Immunity (Imunitas Bawaan): Sistem pertahanan alami non-spesifik yang dimiliki ikan sejak lahir sebagai benteng utama pertahanan penyakit.

In-Pond Raceway System (IPRS): Sistem budidaya intensif di dalam kolam yang menggunakan saluran (*raceway*) untuk memelihara ikan pada kepadatan tinggi dengan pengelolaan kualitas air dan limbah yang terkontrol.

K

Kepadatan Tebar (Stocking Density): Jumlah individu atau biomassa ikan per satuan volume atau luas media budidaya, yang apabila berlebihan dapat memicu stres, kompetisi pakan, dan penurunan kualitas air.

Koi Herpes Virus (KHV): Virus DNA dari famili Alloherpesviridae yang bersifat akut dan ganas, menyerang ikan mas dan koi serta dapat menyebabkan kematian massal dalam waktu singkat.

Koinfeksi: Infeksi simultan oleh dua atau lebih jenis agen patogen berbeda pada satu individu inang yang sama.

Konidia / Konidium: Spora reproduksi aseksual pada jamur yang dibentuk di ujung hifa khusus (konidofor).

Kortisol: Hormon kortikosteroid utama yang dilepaskan melalui sumbu hypothalamus-pituitary-interrenal

(HPI) sebagai respons primer ikan terhadap kondisi stres.

L

Lactococcosis: Penyakit sistemik bakterial Gram-positif yang disebabkan oleh genus *Lactococcus* (misal *Lactococcus garvieae*).

Leaching (Pelindian): Proses terlarutnya obat atau nutrisi dari pelet pakan berobat ke dalam air media sebelum sempat dimakan ikan.

Lesi: Kelainan, kerusakan, atau perubahan abnormal pada struktur jaringan organ tubuh secara makroskopis maupun mikroskopis.

Letargi: Kondisi di mana ikan menjadi sangat lemas, pasif, pergerakannya lambat, dan tidak responsif terhadap stimulasi luar.

Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP): Teknik amplifikasi asam nukleat spesifik yang berlangsung pada suhu konstan tanpa perulangan suhu siklis.

M

Major Histocompatibility Complex class II (MHC-II): Gen penyandi protein permukaan sel yang berperan penting dalam pengenalan antigen dan respons sistem imun adaptif ikan.

Marka Molekuler: Penanda genetik spesifik yang digunakan dalam program seleksi dan pemuliaan untuk mengidentifikasi sifat unggul pada ikan, seperti ketahanan terhadap penyakit tertentu, secara lebih presisi dibandingkan seleksi fenotipe konvensional.

Megalocytivirus: Genus virus yang menjadi penyebab penyakit pada budidaya ikan kerapu dan beberapa jenis ikan laut lainnya, umumnya dideteksi melalui metode PCR.

Meningoensefalitis: Peradangan pada selaput otak (meninges) dan jaringan otak yang memicu gangguan renang saraf/berputar pada ikan.

Metabarcoding: Identifikasi DNA skala besar dari sampel lingkungan (eDNA) untuk menentukan keragaman spesies patogen secara bersamaan.

Mikotoksin: Senyawa racun sekunder yang diproduksi oleh jamur kapang tertentu yang berbahaya jika terdeteksi pada pakan.

Mortalitas: Angka atau persentase tingkat kematian individu dalam populasi ikan pada kurun waktu tertentu.

Motile Aeromonas Septicemia (MAS): Penyakit septisemia bergerak yang disebabkan oleh infeksi *Aeromonas hydrophila*, dengan gejala klinis berupa pendarahan, luka borok, dan pembengkakan perut.

Mycobacteriosis: Infeksi bakterial granulomatosa kronis yang disebabkan oleh bakteri tahan asam dari genus *Mycobacterium*.

N

Nekropsia: Prosedur pembedahan dan pemeriksaan organ bagian dalam bangkai ikan untuk mencari penyebab kematian/penyakit.

Nekrosis: Kematian jaringan atau sel-sel dalam organ tubuh ikan sewaktu masih hidup akibat infeksi atau racun.

Nitrit (NO_2^-): Bentuk nitrogen intermediate toksik yang dapat mengikat hemoglobin darah menjadi methemoglobin sehingga menghambat pengangkutan oksigen.

O

One Health: Pendekatan terpadu yang mengakui keterkaitan antara kesehatan manusia, kesehatan hewan (akuakultur), dan kesehatan lingkungan.

Oocyte / Zoospora: Spora aseksual berflagela pada jamur air (Oomycetes) yang dapat berenang aktif mencari host/inang baru.

Oral Medication (Pengobatan Oral): Metode pemberian obat atau bahan terapeutik melalui mulut, umumnya dengan mencampurkan obat secara homogen ke dalam pakan.

P

Palatabilitas Pakan: Tingkat kesukaan atau kecenderungan selera makan ikan terhadap pakan yang diberikan.

Patogen Oportunistik: Mikroorganisme penyebab penyakit yang umumnya sudah ada di lingkungan budidaya dalam jumlah kecil, namun memicu infeksi ketika kondisi inang dan lingkungan melemah.

Patogen: Agen biologis yang dapat menyebabkan penyakit, seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit.

Patogenisitas: Tingkat kemampuan suatu agen penyakit untuk menimbulkan kerusakan atau penyakit pada inangnya.

Petekie: Bintik-bintik merah kecil pada kulit atau mukosa akibat perdarahan kapiler halus.

Poikiloterm: Organisme yang suhu tubuhnya bergantung pada suhu lingkungan sekitar, sehingga metabolismenya sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu air, sebagaimana berlaku pada ikan.

Polymerase Chain Reaction (PCR): Teknik molekuler untuk mendeteksi dan mengamplifikasi materi genetik (DNA/RNA) patogen secara spesifik dan presisi, umum digunakan untuk diagnosis dini infeksi virus atau bakteri pada ikan.

Postulat Koch: Serangkaian kriteria ilmiah yang digunakan untuk membuktikan bahwa suatu mikroorganisme tertentu adalah penyebab pasti suatu penyakit.

Prevalensi: Proporsi atau persentase individu dalam suatu populasi yang terinfeksi oleh patogen tertentu pada waktu tertentu.

Probiotik: Mikroorganisme hidup menguntungkan yang jika diberikan pada jumlah cukup memberikan dampak positif bagi sistem imun dan pencernaan inang.

R

Recirculating Aquaculture System (RAS): Sistem budidaya tertutup yang mendaur ulang air menggunakan rangkaian filtrasi fisika, biologis, dan sterilisasi secara kontinu.

Residu Obat: Sisa dari obat induk atau metabolitnya yang tertinggal di dalam jaringan tubuh hewan setelah periode pengobatan selesai.

Resistensi Antimikroba (AMR): Kemampuan mikroorganisme (seperti bakteri) untuk bertahan hidup dan berkembang biak meskipun terpapar oleh agen antimikroba (seperti antibiotik) yang seharusnya dapat membunuhnya atau menghambat pertumbuhannya.

S

Saprolegniasis: Penyakit pada ikan yang disebabkan oleh jamur dari genus *Saprolegnia*, dengan ciri khas bercak atau gumpalan benang menyerupai kapas berwarna putih pada permukaan tubuh, sirip, atau telur ikan.

Seleksi dan Pemuliaan (Selective Breeding): Program pemanfaatan variasi genetik untuk menghasilkan benih ikan dengan pertumbuhan cepat dan ketahanan terhadap penyakit tertentu.

Septikemia: Kondisi infeksi sistemik berat di mana patogen bakteri melipatgandakan diri dalam darah dan menghasilkan racun ke seluruh organ.

Skin Scrapping: Metode pengerokan lapisan mukus/lendir kulit ikan secara halus untuk pemeriksaan mikroskopis ektoparasit.

Streptococcosis: Infeksi bakterial Gram-positif akut/kronis yang disebabkan oleh spesies *Streptococcus agalactiae* atau *S. iniae*.

T

Tilapia Lake Virus (TiLV): Virus RNA patogenik fatal yang menyerang organ sistemik dan memicu kematian massal populasi ikan nila/tilapia.

Toksin: Senyawa beracun yang diproduksi oleh agen patogen untuk merusak jaringan sel atau mengganggu sirkulasi organ inang.

Triad Epidemiologi: Konsep dasar epidemiologi yang menjelaskan munculnya penyakit sebagai hasil interaksi tiga komponen utama, yaitu inang, patogen, dan lingkungan.

U

Ulkus: Luka terbuka berbentuk borok yang dalam pada permukaan kulit hingga mencapai lapisan jaringan otot di bawahnya.

V

Vibriosis: Penyakit bakterial utama pada akuakultur air laut/payau yang disebabkan oleh bakteri halofilik dari genus *Vibrio*.

Viral Nervous Necrosis (VNN): Penyakit yang disebabkan oleh Nodavirus dan umum menyerang ikan kerapu, kakap putih, serta beberapa jenis ikan laut lainnya, yang merusak jaringan otak dan retina mata.

Virulensi: Derajat atau tingkat kemampuan suatu patogen untuk menimbulkan kerusakan atau penyakit pada inangnya.

W

Waktu Henti Obat (Withdrawal Period): Jangka waktu yang telah ditentukan yang harus dilewati antara pemberian obat terakhir kepada hewan produksi dan saat hewan tersebut dapat dipanen atau produknya dapat dikonsumsi, untuk memastikan residu obat telah turun di bawah batas aman.

Whirling (Berenang Berputar): Gejala klinis perilaku ikan yang berenang tidak seimbang atau melingkar akibat gangguan organ pendengaran/otak.

White Spot Syndrome Virus (WSSV): Virus ber-DNA ganas yang memicu infeksi bercak putih dan kematian massal akut pada udang budidaya.

Z

Zoonosis: Penyakit infeksius yang dapat ditularkan secara alami dari hewan/ikan ke manusia (misal infeksi *Mycobacterium marinum* atau *Streptococcus iniae*).

BIODATA PENULIS



Anik Kusmiatun, S.Pd.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Budi Daya Ikan

Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana

Penulis lahir di Grobogan, Jawa Tengah pada 26 Maret 1987. Penulis menempuh pendidikan dasar hingga menengah atas di Purwodadi, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. Penulis melanjutkan Pendidikan S2 pada Program Studi Mikrobiologi, Institut Pertanian Bogor, pada tahun 2012-2014. Penulis telah mengabdikan dirinya sebagai pendidik sejak tahun 2010 hingga sekarang.

Penulis bertugas sebagai dosen tetap pada Program Studi Budi Daya Ikan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana, Bali. Perguruan Tinggi Kedinasan tempat penulis bekerja menyelenggarakan pendidikan vokasi di bawah naungan Pusat Pendidikan, BPPSDM, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Bidang ilmu yang diampu oleh penulis antara lain Mikrobiologi, Bioteknologi, Hama dan Penyakit Ikan, serta Biologi Reproduksi Ikan. Selain aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis juga aktif menulis artikel

hasil penelitian yang telah dipublikasikan di beberapa jurnal ilmiah.

BIODATA PENULIS



Linuwih Aluh Prastiti, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi D4 Teknologi Akuakultur

Jurusan Peikanan dan Kelautan

Penulis lahir di Bandar Lampung tanggal 9 Nopember 1993. Kecintaan terhadap perikanan membawa penulis untuk menempuh studi pendidikan S1 di Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro pada tahun 2011, kemudian melanjutkan S2 pada Program Studi Ilmu Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2015 dan menyelesaikan studi tersebut pada tahun 2017. Terhitung sejak Maret 2022, penulis merupakan menjadi dosen tetap pada Program Studi Teknologi Akuakultur, Jurusan Perikanan dan Kelautan Politeknik Negeri Lampung. Penulis menekuni bidang Kesehatan Ikan dan melakukan pengajaran dan riset pada bidang yang selaras. Penulis melakukan pengajaran di mata kuliah Anatomi dan Fisiologi Ikan, Hama dan Penyakit Ikan, Manajemen Kesehatan Ikan, Pengendalian Hama dan Penyakit Ikan, dan Penyuluhan Perikanan. Penulis aktif

melakukan riset yang mendukung di bidang kesehatan ikan yang sudah diterbitkan dalam beberapa judul artikel maupun buku.

BIODATA PENULIS



Indra G. Ahmad, S.Pi., M.Si.

Dosen Jurusan Budidaya Perairan

Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan

Universitas Negeri Gorontalo

Penulis lahir pada bulan November tahun 1987 di Gorontalo. Penulis merupakan dosen tetap di Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Kelautan dan Teknologi Perikanan Universitas Negeri Gorontalo. Menyelesaikan studi S1 (Jurusan Budidaya Perairan) tahun 2010 dan S2 (Ilmu Perikanan) pada tahun 2015 di Universitas Hasanuddin. Mengawali kebiasaan menulisnya dengan *Book Chapter* pertama berjudul Teknologi Budidaya Perairan. Di UNG penulis merupakan dosen pengajar mata kuliah seperti Teknologi dan Manajemen Pemberian Pakan, Penyuluhan dan Komunikasi Perikanan, Parasit dan Penyakit Ikan, Manajemen Kesehatan Ikan, Dasar-Dasar Genetika Ikan, Fisiologi Reproduksi Ikan.

BIODATA PENULIS



Diah Ayu Satyari Utami, S.Pi., M.Si.
Dosen Program Studi Budi Daya Ikan
Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana

Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 06 Mei 1988. Penulis menyelesaikan pendidikannya pada S1 Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga pada tahun 2010. Gelar Magister Sains Penulis diperoleh dari S2 Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana, IPB University pada tahun 2015. Penulis adalah staf pengajar dan peneliti aktif pada Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana. Penulis memperoleh tugas tambahan sebagai Ketua Program Studi D3 Budi Daya Ikan pada tahun 2018-2019. Penulis juga memperoleh tugas tambahan sebagai Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat pada tahun 2017, 2019, dan 2022 hingga sekarang.

Di luar bidang akademik dan pengajaran, Penulis aktif menjadi anggota organisasi keilmuan dan profesi seperti Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia dan Masyarakat Akuakultur Indonesia. Penulis juga aktif menjadi mitra bestari pada beberapa jurnal nasional seperti Jurnal Akuakultur Indonesia dan Jurnal

Airaha. Dalam kegiatan ilmiah dan keredaksian, penulis aktif menjadi *copyeditor* pada Jurnal Riset Akuakultur. Berbagai karya ilmiah penulis telah banyak dipublikasikan pada jurnal nasional dan internasional. Penelitian penulis banyak mengangkat topik tentang kesehatan ikan, bioteknologi, peran mikrobiologi dalam akuakultur, dan budidaya secara umum. Karya berupa buku yang pernah dihasilkan oleh Penulis yaitu Pedoman Penulisan Ilmiah yang diterbitkan pada tahun 2020 dan Teknik Produksi Pakan Buatan Ikan yang terbit pada tahun 2023.

BIODATA PENULIS



Anwar Hidayat Dahri, S,Pi.M.Si

Dosen Program Studi Budidaya Perairan

Universitas Gajah Putih, Aceh Tengah

Penulis lahir di Kabupaten Aceh Tengah, Takengon pada Tanggal 01 Maret 1973. Latar belakang pendidikan penulis, S-1 Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan di Universitas Brawijaya Malang Jawa Timur dan Program S-2 Program Studi Kesmavet Falkutas Kedoktoran Hewan di Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Saat ini penulis adalah tenaga pengajar pada program studi Budidaya Perairan Falkutas Pertanian Universitas Gajah Putih, Aceh Tengah. Email. Anwar Hidayat,hd@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Anna Heirina, S.Kel., M.Si

Dosen Program Studi Ilmu Perikanan

Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani Universitas Bina Insan

Penulis lahir di Lubuklinggau tanggal 25 Januari 1994. Penulis mendapat gelar Sarjana Kelautan (S.Kel) di Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya dan Magister Sains di Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University. Saat ini penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Tanaman dan Hewani, Universitas Bina Insan Kota Lubuklinggau, Sumatera Selatan. Adapun mata kuliah yang diampuh antara lain Biologi Perikanan, Manajemen Kesehatan Ikan, Pengantar Bioteknologi, Bioteknologi Akuakultur, Budidaya Ikan Ekonomis Penting, Dasar-dasar Penangkapan Ikan dan Komunikasi Perikanan. Penulis aktif dalam beberapa kegiatan Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat dan Seminar Nasional maupun International. Penulis turut berpartisipasi sebagai anggota dalam Organisasi Masyarakat Ikhtiologi Indonesia (MII).

BIODATA PENULIS



drh. Nisa Hakimah, M.Sc.

Dosen Program Studi Teknik Penanganan Patologi Perikanan

Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Penulis lahir di Karanganyar pada 14 Agustus 1992 dan saat ini berdomisili di Sidoarjo. Penulis sebagai Dosen Tetap di Program Studi Teknik Penanganan Patologi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Pendidikan Sarjana Kedokteran Hewan, penulis tempuh di Universitas Gadjah Mada, diikuti dengan pendidikan profesi Dokter Hewan di universitas yang sama. Selanjutnya, penulis melanjutkan studi Magister di Fakultas Sain Veteriner, Universitas Gadjah Mada. Dengan latar belakang pendidikan yang mendalam dan pengalaman profesional di bidang kedokteran hewan, penulis menunjukkan dedikasi yang tinggi dalam pengajaran dan penelitian di bidang patologi perikanan.