

MANAJEMEN DAN TEKNIK BUDIDAYA PERAIRAN

PENULIS :

**Tohap Simangunsong, Jeti Treslah Saselah, Nursanti, Yohanes Harvinda,
Suleman, Numisye Iske Mose, Raudhatus Sa'adah, Nur Islah Sugianto**



MANAJEMEN DAN TEKNIK BUDIDAYA PERAIRAN

**Tohap Simangunsong
Jetti Treslah Saselah
Nursanti
Yohanes Harvinda
Suleman
Numisye Iske Mose
Raudhatus Sa'adah
Nur Islah Sugianto**



GET PRESS INDONESIA

MANAJEMEN DAN TEKNIK BUDIDAYA PERAIRAN

Penulis :

Tohap Simangunsong
Jetti Treslah Saselah
Nursanti
Yohanes Harvinda
Suleman
Numisye Iske Mose
Raudhatus Sa'adah
Nur Islah Sugianto

ISBN : 978-634-255-152-3

Editor : Hendra Nusa Putra,S.Kom, M. Kom

Penyunting : Tri Puti Wahyuni., S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, November 2025

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

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Manajemen Dan Teknik Budidaya Perairan ini.

Buku Ini Membahas Pengantar Perikanan Pesisir Dan Laut, Pemilihan Lokasi Dan Komoditas Budidaya, Sistem Budidaya Perikanan Pesisir Dan Laut, Manajemen Kesehatan Lingkungan Dan Keamanan Produk, Budidaya Molusca Dan Ecinodermata, Budidaya Krustasea, Budidaya Perairan Ramah Lingkungan, Manajemen Produksi Dan Pemasaran Hasil Budidaya.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1 PENGANTAR PERIKANAN PESISIR DAN LAUT	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.1.1 Kontribusi Ekonomi dan Ketahanan Pangan	2
1.1.2 Konsep Ekonomi Biru dan Keberlanjutan	2
1.1.3 Tekanan Lingkungan dan Tantangan Global.....	3
1.1.4 Peran Budidaya Pesisir dan Laut (<i>Mariculture</i>)	3
1.1.6 Urgensi Pengembangan Sumber Daya Manusia dan Inovasi.....	5
1.1.7 Kesimpulan	5
1.2 Konsep dan Ruang Lingkup Perikanan Pesisir dan Laut	6
1.2.1 Pengertian Perikanan Pesisir dan Laut	6
1.2.3 Hubungan Perikanan Pesisir dan Laut dengan Pembangunan Berkelanjutan	7
1.2.4 Perikanan Tangkap vs. Budidaya Laut (Marikultur)	8
1.2.5 Isu dan Tantangan Pengelolaan	8
1.2.6 Arah Pengembangan Perikanan Pesisir dan Laut	9
1.3 Potensi dan Kondisi Terkini Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia.....	10
1.3.1 Potensi Sumber Daya Pesisir dan Laut Indonesia....	10
1.3.2 Ekosistem Penyangga Kehidupan Perikanan Pesisir dan Laut.....	11
1.3.3 Kontribusi Perikanan Pesisir dan Laut terhadap Perekonomian	11
1.3.4 Kondisi Terkini Sektor Budidaya Laut (Marikultur)	12
1.3.5 Tantangan dan Isu Strategis Terkini	13
1.3.6 Arah Pembangunan Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia	13
1.4 Peran dan Signifikansi Perikanan Pesisir dan Laut terhadap Ketahanan Pangan dan Sosial-Ekonomi	14

1.4.1 Perikanan sebagai Pilar Ketahanan Pangan Nasional.....	14
1.4.2 Kontribusi terhadap Kesejahteraan dan Ekonomi Masyarakat Pesisir	15
1.4.3 Peran Perikanan Pesisir dan Laut dalam Pembangunan Sosial.....	16
1.4.4 Hubungan Perikanan dengan Ketahanan Ekonomi dan Energi Nasional	16
1.4.5 Tantangan Ketahanan Pangan dan Sosial-Ekonomi di Wilayah Pesisir	17
1.4.6 Sinergi Penguatan Ekonomi Biru dan Ketahanan Pangan.....	18
1.5 Permasalahan dan Tantangan Pengelolaan Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia	18
1.5.1 Overfishing dan Degradasi Sumber Daya Ikan	19
1.5.2 Pencemaran dan Degradasi Lingkungan Laut	19
1.5.3 Perubahan Iklim dan Kerentanan Masyarakat Pesisir	20
1.5.4 Kelemahan Kelembagaan dan Pengawasan.....	20
1.5.5 Aspek Sosial-Ekonomi dan Kesejahteraan Nelayan.....	20
1.5.6 Arah Solusi dan Tantangan Ke Depan.....	21
1.6 Kebijakan dan Pendekatan Pengelolaan Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia	21
1.6.1 Kerangka Hukum dan Kebijakan Nasional	21
1.6.2 Pendekatan Pengelolaan Berbasis Ekosistem dan Wilayah.....	22
1.6.3 Implementasi dan Tantangan Kebijakan	23
1.7 Penutup	23
DAFTAR PUSTAKA	24
BAB 2 PEMILIHAN LOKASI BUDIDAYA DAN JENIS KOMODITI.....	27
2.1 Latar Belakang.....	27
2.2 Kriteria Pemilihan Lokasi Budidaya Ikan.....	29
2.2.1 Kualitas dan Ketersediaan Air	29
2.2.2 Aksesibilitas dan Infrastruktur	33
2.2.3 Keamanan dan Legalitas	34

2.2.4 Topografi dan Jenis Tanah	34
2.2.5 Faktor Sosial dan Ekonomi	35
2.3 Pemilihan Komoditas Budidaya.....	37
2.4 Jenis Jenis Komoditas Budidaya.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	46
BAB 3 SISTEM BUDIDAYA PERIKANAN PESISIR	
DAN LAUT	49
3.1 Pendahuluan.....	49
3.2 Klasifikasi Sistem Budidaya Perikanan Pesisir dan Laut	49
3.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Intensifikasi	50
3.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Karakteristik	
Lingkungan Perairan.....	50
3.2.3 Klasifikasi Berdasarkan Komoditas Budidaya	51
3.3 Teknologi dan Metode Budidaya.....	52
3.3.1 Tambak Pesisir (<i>Pond Culture</i>).....	52
3.3.2 Silvofishery (Tambak Terpadu Mangrove)	52
3.3.3 Keramba Jaring Apung (KJA)	53
3.3.4 Longline dan Rakit Apung untuk Rumput Laut	53
3.3.5 Tali Gantung dan Rakit untuk Moluska	53
3.3.6 Sistem Resirkulasi Laut (<i>Recirculating</i>	
<i>Aquaculture System/RAS</i>)	54
3.3.7 Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA).....	54
3.4 Rantai Produksi dan Siklus Pemeliharaan	55
3.4.1 Persiapan Wadah dan Peralatan	55
3.4.2 Seleksi dan Penebaran Benih	55
3.4.3 Manajemen Pakan dan Nutrisi	55
3.4.4 Monitoring Kualitas Air	56
3.4.5 Panen dan Penanganan Pascapanen.....	56
3.5 Aspek Lingkungan dan Keberlanjutan	56
3.5.1 Dampak Lingkungan	56
3.5.2 Upaya Mitigasi.....	57
3.5.3 Penerapan Prinsip Ekonomi Biru dan Sertifikasi	57
3.6 Regulasi dan Standar Teknis	58
3.6.1 Kebijakan Nasional.....	58
3.6.2 Standar Internasional	58
3.6.3 Prosedur Perizinan dan AMDAL.....	59

3.7 Tantangan dan Peluang Pengembangan Budidaya	
Pesisir dan Laut	59
3.7.1 Tantangan	60
3.7.2 Peluang	60
3.8 Implikasi bagi Pengelolaan	61
DAFTAR PUSTAKA	62
BAB 4 MANAJEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN	
DAN KEAMANAN PRODUK.....	67
4.1 Pendahuluan	67
4.2 Prinsip-prinsip Manajemen Kesehatan Lingkungan	
Budidaya Perairan	69
4.2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Kesehatan	
Lingkungan Budidaya	69
4.2.2 Hubungan Ekosistem Perairan dengan	
Keberlanjutan Produksi Budidaya.....	70
4.2.3 Prinsip Keseimbangan Input–Output dalam	
Budidaya Perairan	76
4.2.4 Peran Biosekuriti dalam Pencegahan Penyakit	
pada Budidaya Perairan	77
4.3 Prosedur Monitoring dan Pengelolaan Kualitas Air.....	82
4.3.1 Parameter Fisik.....	83
4.3.2 Parameter Kimia	86
4.3.3 Parameter Biologi.....	90
4.3.4 Teknik Monitoring dalam Sistem Budidaya	
Perikanan Modern	97
4.3.5 Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya	
Perikanan	103
4.4 Pengendalian Penyakit dalam Budidaya Perairan.....	106
4.4.1 Faktor Penyebab Penyakit.....	106
4.4.2 Strategi Pencegahan.....	107
4.4.3 Metode Diagnostik	108
4.4.4 Strategi Pengendalian	109
DAFTAR PUSTAKA	110
BAB 5 BUDIDAYA MOLUSCA DAN ECHINODERMATA ...	115
5.1 Pendahuluan	115
5.2 Manajemen dan Teknik Budidaya Moluska.....	119
5.2.1 Tahapan Budidaya	119

5.2.2 Manajemen Kesehatan	122
5.3 Manajemen dan Teknik Budidaya Echinodermata	124
5.3.1 Tahapan Budidaya	124
5.3.2 Manajemen Kesehatan	128
DAFTAR PUSTAKA.....	130
BAB 6 BUDIDAYA KRUSTASEA.....	131
6.1 Pendahuluan.....	131
6.2 Budidaya Udang Vananme	131
6.2.1 Persiapan Wadah pemeliharaan	132
6.2.2 Persiapan Media Pemeliharaan	133
6.2.3 Pemilihan dan Penebaran Benur	134
6.2.4 Manajemen Pakan Udang Vaname	135
6.2.5 Manajemen Kualitas Air	138
6.2.6 Pemanenan	140
6.3 Budidaya Kepiting Sistem Apartemen.....	140
6.3.1 Persiapan Wadah Pemeliharaan	142
6.3.2 Persiapan Media Pemeliharaan	143
6.3.3 Seleksi Benih Kepiting Bakau	143
6.3.4 Manajemen Pakan.....	144
6.3.5 Manajemen Kualitas Air	144
6.3.6 Pemanenan	145
DAFTAR PUSTAKA.....	146
BAB 7 BUDIDAYA PERAIRAN RAMAH LINGKUNGAN	149
7.1 Pendahuluan.....	149
7.2 Prinsip dan Standar Lingkungan dalam Akuakultur	151
7.3 Teknik Budidaya Perairan Ramah Lingkungan	152
7.4 Pengelolaan Limbah Budidaya	154
7.4.1 Jenis Limbah Budidaya.....	154
7.4.2 Prinsip Pengelolaan Limbah Budidaya.....	154
7.4.3 Teknik dan Strategi Pengelolaan Limbah.....	155
7.5 Sistem Budidaya Perairan Ramah Lingkungan	155
7.5.1 Sistem Bioflok.....	156
7.5.2 <i>Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)</i>	157
7.5.3 <i>Recirculating Aquaculture System (RAS)</i>	159
DAFTAR PUSTAKA.....	160

BAB MANAJEMEN PRODUKSI DAN PEMASARAN

HASIL BUDIDAYA.....	163
8.1 Pendahuluan	163
8.2 Manajemen Produksi Hasil Budidaya	164
8.2.1 Perencanaan Produksi.....	164
8.2.2 Pengorganisasian Produksi	165
8.2.3 Pelaksanaa Produksi.....	165
8.2.4 Pengendalian Produksi.....	166
8.2.5 Panen dan Pascapanen	166
8.2.6 Analisis Produksi.....	166
8.2.7 Kendala dan Solusi	167
8.3 Manajemen Pemasaran Hasil Budidaya.....	168
8.3.1 Konsep Pemasaran dalam Budidaya.....	169
8.3.2 Strategi Pemasaran Hasil Budidaya	169
8.3.3 Saluran Pemasaran Hasil Budidaya	171
8.3.4 Strategi Diferensiasi dan Segmentasi Pasar	171
8.3.5 Pemasaran Digital dan Globalisasi Pasar	171
8.3.6 Tantangan dan Peluang.....	172
DAFTAR PUSTAKA	174
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Pemantauan Parameter Kimia 90

Tabel 6.1. Jumlah Padat Tebar Benur Udang Vaname 135

Tabel 8.1. Kendala dan Solusi Manajemen Produksi
Hasil Budidaya..... 167

Tabel 8.2. Tantangan dan Peluang Manajemen Pemasaran
Hasil Budidaya..... 172

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) dan perairan territorial Indonesia	1
Gambar 2.1. Ikan nila	99
Gambar 2.2. Ikan Lele	40
Gambar 2.3. Ikan Bawal air tawar	41
Gambar 4.1. Faktor pendorong utama dan gejala eutrofikasi di perairan	71
Gambar 4.2. Faktor pendorong utama dan gejala eutrofikasi di perairan	73
Gambar 4.3. Diagram alir implementasi sistem pemantauan parameter kualitas air berbasis IoT	75
Gambar 4.4. Bentuk alat-alat WQMS berbasis IoT	75
Gambar 4.5. Empat Tahap <i>Progressive Management Pathway for Improving Aquaculture Biosecurity</i> (PMP/AB)	80
Gambar 4.6. Faktor, pendorong, dan jalur munculnya penyakit serta tiga serangkai epidemiologi (Lingkaran Snieszko) yang menunjukkan hubungan antara patogen dan populasi akuatik	81
Gambar 4.7. Paddle Wheel Aerator di Tambak Udang	87
Gambar 4.8. <i>Brown blood disease</i> di ikan patin	89
Gambar 4.9. Komunitas Plankton di Perairan	91
Gambar 4.10. HABs di Perairan	92
Gambar 4.11. Penyakit WSSV pada udang	94
Gambar 4.12. Contoh Penerapan RAS dalam media Budidaya	96
Gambar 4.13. Multiparameter probe HI98194	98
Gambar 4.15. Ammonia Test Kits	99
Gambar 4.16. Laboratorium di DELOS	100
Gambar 4.17. Pengembangan sistem manajemen tambak berbasis IoT dan A	I101
Gambar 4.18. Bio-filter untuk sistem RAS	104
Gambar 5.1. Keramba Jaring Apung untuk pembesaran	

juvenil abalon.....	123
Gambar 6.1. Udang Vaname.	132
Gambar 6.2. Kepiting Bakau yang melakukan <i>molting</i>	141
Gambar 6.3. Wadah pemeliharaan kepiting bakau sistem apartemen.....	143
Gambar 7.1. Budidaya Ikan secara Ekstensif.....	150
Gambar 7.2. Budidaya Ikan secara Semi Intensif	150
Gambar 7.3. Budidaya Ikan secara Intensif.....	150
Gambar 7.4. Sistem Budidaya ikan dengan teknologi bioflok.....	157
Gambar 7.5. Media bioflok dan hasil flok yang terbentuk.....	157
Gambar 7.6. Flok dan plankton dalam sistem bioflok ikan lele	157
Gambar 7.7. Sistem <i>Integrated Multi-Trophic</i> <i>Aquaculture</i> (IMTA)	158
Gambar 7.8. Sistem <i>Recirculating Aquaculture System</i> (RAS)	159

BAB 1

PENGANTAR PERIKANAN PESISIR DAN LAUT

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir dan laut memiliki arti yang sangat strategis bagi pembangunan ekonomi nasional, ketahanan pangan, serta kesejahteraan masyarakat Indonesia. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia setelah Kanada, Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan garis pantai mencapai 108.000 km dan luas wilayah laut sekitar 6,4 juta km², termasuk Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) dan perairan teritorial (KKP, 2023). Kekayaan geografis ini menempatkan Indonesia sebagai negara dengan potensi sumber daya kelautan dan perikanan yang sangat besar, baik dari sisi sumber daya hayati (biota laut, ikan, rumput laut, krustasea, moluska, dan ekinodermata) maupun sumber daya nonhayati seperti minyak, gas, mineral, dan energi laut.



Gambar 1.1. Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) dan perairan territorial Indonesia (id.wikipedia.org, 2025)

Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2023), potensi lestari sumber daya ikan Indonesia mencapai 12,01

juta ton per tahun, sementara potensi lahan budidaya laut mencapai 12,1 juta hektar, namun baru sekitar 2–3% yang dimanfaatkan secara optimal. Kondisi ini menunjukkan masih terbukanya peluang besar bagi pengembangan sektor budidaya perikanan pesisir dan laut atau yang dikenal sebagai mariculture. Sektor ini diharapkan dapat menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi baru berbasis sumber daya alam terbarukan, sejalan dengan visi pemerintah menuju Ekonomi Biru (*Blue Economy*).

1.1.1 Kontribusi Ekonomi dan Ketahanan Pangan

Sektor perikanan laut berperan penting dalam menopang perekonomian nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), kontribusi sektor perikanan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional mencapai 2,8%, dengan nilai ekspor produk perikanan sebesar USD 6,2 miliar pada tahun 2023. Komoditas utama penyumbang ekspor tersebut antara lain udang, rumput laut, kepiting, tuna, dan kerapu. Di sisi domestik, perikanan menjadi sumber utama protein hewani bagi masyarakat, dengan tingkat konsumsi ikan nasional mencapai 57,8 kg per kapita per tahun (KKP, 2023).

Selain kontribusi ekonomi, perikanan pesisir dan laut juga memiliki nilai strategis dalam ketahanan pangan. Produk perikanan kaya akan protein, asam lemak esensial (EPA dan DHA), serta mikronutrien penting bagi pertumbuhan dan kesehatan manusia. FAO (2022) melaporkan bahwa lebih dari 50% konsumsi ikan dunia kini berasal dari sektor akuakultur, dan tren tersebut diproyeksikan terus meningkat hingga tahun 2030. Artinya, budidaya perikanan—termasuk marikultur—akan menjadi sumber utama pasokan pangan laut di masa depan.

1.1.2 Konsep Ekonomi Biru dan Keberlanjutan

Dalam beberapa tahun terakhir, arah pembangunan kelautan Indonesia mengadopsi paradigma Ekonomi Biru (*Blue Economy*). Konsep ini berlandaskan pada pemanfaatan sumber daya laut secara bijak, berkelanjutan, dan inklusif, dengan memperhatikan keseimbangan antara aspek ekologi, ekonomi, dan sosial (Bappenas, 2023). Melalui pendekatan ekonomi biru, kegiatan budidaya

perikanan pesisir diharapkan tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga pada pelestarian ekosistem laut dan pemberdayaan masyarakat pesisir.

Ekonomi biru menjadi tonggak penting karena kegiatan perikanan tangkap mulai menunjukkan tanda-tanda penurunan stok ikan akibat overfishing dan degradasi habitat. Data KKP (2022) menunjukkan bahwa sekitar 43% wilayah pengelolaan perikanan (WPP) di Indonesia telah mengalami tekanan penangkapan tinggi. Dalam konteks ini, pengembangan budidaya laut berkelanjutan menjadi solusi strategis untuk memastikan ketersediaan sumber protein laut tanpa menambah tekanan terhadap stok ikan alami.

1.1.3 Tekanan Lingkungan dan Tantangan Global

Kawasan pesisir merupakan wilayah yang sangat dinamis dan rentan terhadap berbagai perubahan lingkungan. Urbanisasi pesisir, pencemaran industri, reklamasi pantai, dan konversi ekosistem mangrove menjadi tambak telah menyebabkan penurunan kualitas lingkungan yang signifikan. Selain itu, perubahan iklim global juga berdampak langsung pada ekosistem pesisir melalui kenaikan suhu permukaan laut, peningkatan frekuensi badai, dan perubahan pola arus serta salinitas.

Fenomena ini tidak hanya mengancam keberlanjutan sumber daya alam, tetapi juga mengganggu produktivitas budidaya perikanan laut. Misalnya, peningkatan suhu air laut dapat memengaruhi metabolisme dan daya tahan ikan terhadap penyakit, sedangkan naiknya permukaan laut berpotensi merusak infrastruktur budidaya pesisir. Oleh karena itu, pengembangan perikanan pesisir dan laut harus memperhitungkan aspek adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, serta menggunakan pendekatan *Ecosystem Approach to Aquaculture (EAA)* sebagaimana direkomendasikan oleh FAO (Soto et al., 2008).

1.1.4 Peran Budidaya Pesisir dan Laut (*Mariculture*)

Budidaya laut atau *mariculture* merupakan salah satu bentuk inovasi akuakultur yang mengandalkan sumber daya perairan laut untuk menghasilkan biota bernilai ekonomi tinggi. Kegiatan ini meliputi budidaya ikan laut, udang, kerang, tiram,

abalon, teripang, dan rumput laut. Mariculture memiliki keunggulan karena dapat dilakukan di perairan terbuka dengan daya dukung ekologis yang relatif besar dan tingkat produktivitas yang tinggi.

Beberapa lokasi potensial untuk pengembangan mariculture di Indonesia antara lain perairan Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Maluku, Bali, dan Kepulauan Riau. Setiap kawasan memiliki karakteristik ekosistem berbeda—seperti kedalaman, arus, salinitas, dan substrat dasar laut—yang menentukan jenis komoditas yang sesuai untuk dikembangkan. Misalnya, rumput laut banyak diusahakan di perairan dangkal dengan substrat berpasir, sedangkan ikan kerapu lebih cocok dibudidayakan di keramba jaring apung di perairan dalam yang terlindung dari gelombang besar.

Selain meningkatkan produksi, mariculture juga memiliki fungsi sosial dan ekologis penting. Dari sisi sosial, kegiatan ini membuka lapangan kerja baru dan meningkatkan pendapatan masyarakat pesisir. Dari sisi ekologi, budidaya organisme seperti rumput laut dan kerang dapat berperan sebagai biofilter alami yang membantu mengurangi kandungan nutrisi berlebih di perairan.

1.1.5 Transformasi Menuju Sistem Perikanan Tangguh

Transformasi sistem perikanan pesisir dan laut menuju keberlanjutan tidak dapat dilepaskan dari penerapan manajemen sumber daya yang baik. Pengelolaan modern perlu mengintegrasikan aspek ilmu pengetahuan, teknologi, dan kebijakan publik, termasuk penerapan sistem informasi spasial, monitoring lingkungan, serta sertifikasi *Good Aquaculture Practices* (GAP). Pemerintah telah meluncurkan berbagai kebijakan, seperti Peraturan Pemerintah No. 32 Tahun 2019 tentang Rencana Tata Ruang Laut dan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K), yang menjadi dasar hukum pengaturan ruang laut untuk berbagai kepentingan.

Selain itu, penerapan prinsip bioekonomi perikanan menjadi penting untuk memastikan pemanfaatan sumber daya pesisir dan laut tetap dalam batas daya dukung ekosistem. Dengan memadukan teknologi inovatif seperti sistem budidaya multi-trofik terintegrasi (*Integrated Multi-Trophic Aquaculture/IMTA*) dan pendekatan ekonomi biru, diharapkan sektor perikanan pesisir

Indonesia mampu menjadi model pengelolaan berkelanjutan yang adaptif terhadap perubahan global.

1.1.6 Urgensi Pengembangan Sumber Daya Manusia dan Inovasi

Faktor manusia menjadi elemen kunci keberhasilan pengelolaan perikanan pesisir dan laut. Sebagian besar masyarakat pesisir di Indonesia masih berpendidikan rendah dan bergantung pada teknologi tradisional. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas melalui pendidikan, pelatihan teknis, serta pendampingan usaha menjadi langkah strategis untuk memperkuat daya saing sektor ini. Perguruan tinggi dan lembaga riset berperan penting dalam menghasilkan inovasi teknologi budidaya, perbaikan pakan alami, biosekuriti, serta sistem monitoring berbasis digital (*smart aquaculture*).

Selain itu, kolaborasi antara pemerintah, akademisi, pelaku usaha, dan masyarakat menjadi prasyarat utama dalam membangun tata kelola perikanan pesisir yang efektif. Penguatan kelembagaan lokal seperti kelompok pembudidaya dan koperasi pesisir dapat mendorong efisiensi usaha dan memperluas akses terhadap modal serta pasar.

1.1.7 Kesimpulan

Secara keseluruhan, perikanan pesisir dan laut merupakan sektor strategis yang berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai pilar ekonomi biru Indonesia. Pengelolaannya tidak hanya harus berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga memperhatikan aspek keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan sosial masyarakat pesisir. Melalui penerapan prinsip budidaya berkelanjutan, inovasi teknologi, dan kebijakan tata kelola yang adaptif, perikanan pesisir dan laut dapat menjadi fondasi menuju sistem perikanan nasional yang tangguh, produktif, dan berdaya saing tinggi.

1.2 Konsep dan Ruang Lingkup Perikanan Pesisir dan Laut

1.2.1 Pengertian Perikanan Pesisir dan Laut

Perikanan pesisir dan laut merupakan bagian integral dari sistem perikanan nasional yang mencakup seluruh aktivitas penangkapan dan budidaya organisme akuatik yang hidup di wilayah perairan laut, terutama di kawasan pesisir, perairan dangkal, dan perairan lepas. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2020), perikanan pesisir (*coastal fisheries*) adalah kegiatan perikanan yang dilakukan pada area laut yang relatif dangkal, umumnya hingga kedalaman 200 meter atau di dalam batas landas kontinen, sedangkan perikanan laut (*marine fisheries*) mencakup kegiatan yang lebih luas hingga ke perairan lepas (*offshore dan deep-sea fisheries*).

Dalam konteks nasional, Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan (jo. UU No. 45 Tahun 2009) mendefinisikan perikanan sebagai semua kegiatan yang berhubungan dengan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya ikan serta lingkungannya mulai dari praproduksi, produksi, pengolahan, hingga pemasaran. Dengan demikian, perikanan pesisir dan laut tidak hanya berkaitan dengan penangkapan ikan (*capture fisheries*), tetapi juga mencakup kegiatan budidaya laut (*mariculture*), pengelolaan ekosistem pesisir, serta kegiatan pascapanen dan distribusi hasil perikanan.

1.2.2 Ruang Lingkup dan Komponen Perikanan Pesisir dan Laut

Ruang lingkup perikanan pesisir dan laut meliputi berbagai aspek biogeofisik, sosial, ekonomi, dan kelembagaan yang saling terkait. Secara umum, sistem perikanan pesisir dan laut mencakup empat komponen utama, yaitu:

1. Sumber daya hayati perairan – meliputi ikan pelagis kecil dan besar, ikan demersal, moluska (seperti kerang dan tiram), krustasea (seperti udang dan kepiting), serta organisme non-ikan seperti rumput laut dan teripang. Sumber daya ini merupakan basis utama bagi kegiatan perikanan tangkap dan budidaya laut.

2. Lingkungan pesisir dan laut – terdiri dari ekosistem mangrove, padang lamun, terumbu karang, dan perairan terbuka. Keempat ekosistem tersebut saling berinteraksi dan mendukung siklus hidup berbagai organisme akuatik yang menjadi komoditas perikanan.
3. Pelaku dan kelembagaan perikanan – mencakup nelayan, pembudidaya, pengolah hasil, pedagang, lembaga keuangan, pemerintah, serta organisasi masyarakat. Kelembagaan yang kuat dan kolaboratif menjadi kunci keberlanjutan sektor ini.
4. Infrastruktur dan teknologi – meliputi sarana prasarana pelabuhan perikanan, unit budidaya laut, kapal, jaring, sistem RAS (*Recirculating Aquaculture System*), serta teknologi informasi yang digunakan dalam pemantauan sumber daya dan pemasaran hasil perikanan.

1.2.3 Hubungan Perikanan Pesisir dan Laut dengan Pembangunan Berkelanjutan

Perikanan pesisir dan laut memiliki keterkaitan erat dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan ke-14, yaitu *Life Below Water*. Kegiatan perikanan yang berkelanjutan berkontribusi pada pemanfaatan sumber daya laut secara bijaksana, menjaga biodiversitas, serta memastikan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2023), pengelolaan perikanan pesisir dan laut diarahkan untuk mewujudkan tiga pilar utama pembangunan berkelanjutan, yaitu:

1. Pilar ekologi – menjaga daya dukung dan fungsi ekologis ekosistem pesisir serta mencegah degradasi habitat.
2. Pilar ekonomi – meningkatkan produktivitas dan nilai tambah hasil perikanan melalui penerapan teknologi ramah lingkungan dan diversifikasi komoditas.
3. Pilar sosial – memperkuat partisipasi masyarakat pesisir dalam pengelolaan sumber daya, meningkatkan kapasitas kelembagaan, serta memperluas akses terhadap pasar dan pembiayaan.

Penerapan prinsip *ecosystem-based management* (EBM) menjadi pendekatan utama dalam pengelolaan perikanan pesisir dan laut. Pendekatan ini menekankan bahwa kegiatan perikanan harus mempertimbangkan keseimbangan antara produktivitas ekosistem dan kebutuhan manusia (Christensen et al., 2021). Dengan demikian, setiap kebijakan dan praktik budidaya laut perlu mempertimbangkan daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) dan interaksi ekologis antarspesies.

1.2.4 Perikanan Tangkap vs. Budidaya Laut (Marikultur)

Kegiatan perikanan pesisir dan laut dapat diklasifikasikan menjadi dua bentuk utama: perikanan tangkap dan budidaya laut.

1. Perikanan tangkap memanfaatkan stok ikan liar di perairan laut dengan berbagai alat tangkap seperti jaring, pancing, dan bubu. Aktivitas ini bergantung pada stok alami dan sangat rentan terhadap penurunan sumber daya akibat penangkapan berlebih (*overfishing*).
2. Budidaya laut (marikultur) merupakan kegiatan pemeliharaan organisme akuatik di lingkungan laut yang terkontrol. Komoditas yang umum dibudidayakan antara lain ikan kerapu (*Epinephelus* sp.), kakap putih (*Lates calcarifer*), rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*), kerang hijau (*Perna viridis*), dan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

Kedua kegiatan tersebut saling melengkapi. Ketika stok alami menurun, budidaya laut dapat menjadi alternatif untuk menjaga pasokan dan kestabilan ekonomi masyarakat pesisir. Namun demikian, marikultur juga perlu dikelola secara hati-hati agar tidak menimbulkan dampak negatif seperti eutrofikasi, pencemaran, dan penyakit ikan (FAO, 2022).

1.2.5 Isu dan Tantangan Pengelolaan

Beberapa isu strategis dalam pengelolaan perikanan pesisir dan laut di Indonesia antara lain:

1. Overeksploitasi sumber daya ikan, terutama di wilayah pesisir padat penduduk seperti Laut Jawa dan Selat Malaka.

2. Degradasi ekosistem pesisir, misalnya rusaknya mangrove dan terumbu karang akibat konversi lahan dan pencemaran.
3. Perubahan iklim, yang memengaruhi suhu air, arus laut, dan pola distribusi ikan.
4. Ketimpangan sosial ekonomi, di mana nelayan kecil dan pembudidaya tradisional masih menghadapi keterbatasan akses terhadap modal dan teknologi.
5. Lemahnya pengawasan dan tata kelola, termasuk penegakan hukum terhadap praktik destruktif seperti penangkapan ikan dengan bahan peledak atau bahan kimia.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan kebijakan integratif melalui penguatan *Integrated Coastal Management* (ICM), pengembangan riset kelautan, peningkatan kapasitas SDM, dan implementasi teknologi tepat guna.

1.2.6 Arah Pengembangan Perikanan Pesisir dan Laut

Ke depan, arah pengembangan perikanan pesisir dan laut diarahkan pada:

1. Diversifikasi komoditas unggulan, termasuk pengembangan spesies lokal bernilai ekonomi tinggi seperti abalon, teripang, dan ikan kerapu macan.
2. Pemanfaatan teknologi digital dan sistem monitoring berbasis data, untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam manajemen budidaya dan penangkapan.
3. Penguatan konsep ekonomi biru, yang mendorong efisiensi sumber daya, penggunaan energi terbarukan, serta pengurangan limbah.
4. Peningkatan daya saing produk perikanan, melalui sertifikasi, keamanan pangan, dan sistem *traceability* untuk pasar ekspor.
5. Keterlibatan masyarakat lokal secara partisipatif, agar pengelolaan sumber daya laut berbasis keadilan sosial dan kearifan lokal dapat terwujud.

1.3 Potensi dan Kondisi Terkini Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia

1.3.1 Potensi Sumber Daya Pesisir dan Laut Indonesia

Indonesia dikenal sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan garis pantai sepanjang ± 108.000 km dan wilayah laut sekitar 6,4 juta km², termasuk Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE). Kekayaan ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan potensi sumber daya kelautan dan perikanan terbesar di dunia. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2023), potensi lestari sumber daya ikan Indonesia diperkirakan mencapai 12,01 juta ton per tahun, dengan total tangkapan yang diperbolehkan (*Total Allowable Catch*, TAC) sebesar 80% dari potensi tersebut, yaitu 9,6 juta ton per tahun.

Sumber daya perikanan Indonesia tersebar di sebelas Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI), mulai dari Samudera Hindia hingga Samudera Pasifik. Potensi ini mencakup berbagai kelompok ikan, seperti:

1. Ikan pelagis kecil (misalnya: kembung, selar, dan tembang);
2. Ikan pelagis besar (misalnya: tuna, cakalang, tongkol);
3. Ikan demersal (misalnya: kakap, kerapu, dan manyung);
4. Krustasea dan moluska (udang, rajungan, cumi-cumi, dan kerang); serta
5. Sumber daya non-ikan (rumput laut, teripang, dan biota hias laut).

Selain sumber daya hayati, kawasan pesisir Indonesia juga memiliki sumber daya nonhayati seperti pasir laut, minyak bumi, gas alam, dan mineral bawah laut yang berperan penting dalam pembangunan ekonomi nasional. Namun, pemanfaatannya perlu diatur secara hati-hati agar tidak mengganggu ekosistem pesisir yang sensitif.

1.3.2 Ekosistem Penyangga Kehidupan Perikanan Pesisir dan Laut

Kekayaan sumber daya laut Indonesia sangat bergantung pada keberadaan ekosistem pesisir yang sehat dan produktif. Tiga ekosistem utama penyangga kehidupan perikanan adalah:

1. Mangrove – menyediakan habitat dan tempat pembesaran bagi berbagai spesies ikan dan udang, sekaligus berfungsi sebagai pelindung pantai dari abrasi dan badai. Indonesia memiliki sekitar 3,31 juta hektare hutan mangrove, atau lebih dari 20% luas mangrove dunia (KLHK, 2023).
2. Padang lamun (*seagrass beds*) – menjadi habitat penting bagi biota seperti kuda laut, teripang, dan ikan juvenil. Luas padang lamun Indonesia diperkirakan mencapai 293.464 hektare, namun banyak yang mengalami degradasi akibat sedimentasi dan aktivitas antropogenik.
3. Terumbu karang – berfungsi sebagai tempat pemijahan dan mencari makan berbagai spesies ikan karang bernilai ekonomi tinggi. Indonesia termasuk dalam kawasan *Coral Triangle*, pusat keanekaragaman hayati laut dunia dengan lebih dari 500 spesies karang keras dan 2.000 spesies ikan karang (Veron et al., 2020).

Kondisi ekosistem pesisir ini menentukan daya dukung bagi kegiatan perikanan tangkap maupun budidaya. Sayangnya, berbagai tekanan seperti pencemaran, konversi lahan, dan perubahan iklim telah menyebabkan penurunan kualitas dan fungsi ekologis ekosistem tersebut di banyak wilayah pesisir Indonesia.

1.3.3 Kontribusi Perikanan Pesisir dan Laut terhadap Perekonomian

Sektor perikanan laut dan pesisir memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), kontribusi sektor perikanan terhadap PDB nasional mencapai 3,1%, dengan nilai ekspor hasil perikanan mencapai US\$ 6,2 miliar pada tahun 2023.

Selain itu, sektor ini juga berperan besar dalam penciptaan lapangan kerja. Diperkirakan lebih dari 7 juta orang

menggantungkan hidup pada kegiatan perikanan, baik penangkapan, budidaya, pengolahan, maupun perdagangan hasil laut. Di tingkat lokal, perikanan pesisir menjadi tulang punggung ekonomi masyarakat di lebih dari 300 kabupaten/kota pesisir di Indonesia.

Komoditas unggulan ekspor meliputi udang vaname, tuna, cakalang, kepiting, rajungan, dan rumput laut kering. Pasar utama ekspor adalah Amerika Serikat, Tiongkok, Jepang, dan Uni Eropa. Dengan penerapan prinsip *blue economy*, pemerintah berupaya meningkatkan nilai tambah melalui diversifikasi produk olahan, sertifikasi mutu, dan penguatan rantai pasok (*value chain*).

1.3.4 Kondisi Terkini Sektor Budidaya Laut (Marikultur)

Budidaya laut (*mariculture*) berkembang pesat dalam dua dekade terakhir sebagai respons terhadap menurunnya hasil perikanan tangkap. KKP (2023) mencatat bahwa produksi akuakultur nasional mencapai 14,9 juta ton pada tahun 2023, di mana sekitar 14% berasal dari kegiatan budidaya laut.

Beberapa komoditas utama marikultur di Indonesia meliputi:

1. Rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*, *Eucheuma denticulatum*) – menyumbang lebih dari 80% total produksi marikultur dan menjadi bahan baku industri karaginan.
2. Ikan laut bernilai tinggi – seperti kerapu, kakap putih, dan bawal bintang.
3. Krustasea dan moluska – termasuk kerang hijau, tiram mutiara, dan abalon.
4. Teripang dan biota hias laut – yang memiliki nilai ekonomi dan ekspor tinggi.

Pusat pengembangan budidaya laut terdapat di Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Bali, Maluku, dan Papua Barat. Penggunaan teknologi budidaya modern seperti *floating net cage*, *longline system*, dan *integrated multi-trophic aquaculture* (IMTA) mulai diperkenalkan untuk meningkatkan efisiensi dan menjaga keseimbangan ekosistem.

Namun, marikultur di Indonesia masih menghadapi tantangan utama, seperti:

1. Keterbatasan benih unggul dan pakan berkualitas,

2. Kerentanan terhadap penyakit dan pencemaran lingkungan,
3. Lemahnya akses pembiayaan dan infrastruktur pendukung, serta
4. Kurangnya tenaga kerja terampil di bidang teknik budidaya laut.

1.3.5 Tantangan dan Isu Strategis Terkini

Meskipun memiliki potensi besar, sektor perikanan pesisir dan laut Indonesia menghadapi sejumlah isu strategis yang harus segera diatasi agar pengembangannya dapat berkelanjutan, antara lain:

1. ***Overfishing dan Illegal, Unreported, and Unregulated (IUU) Fishing.*** Aktivitas penangkapan berlebih masih terjadi di beberapa WPPNRI, khususnya di Laut Jawa, Selat Malaka, dan Laut Natuna. Praktik IUU fishing menyebabkan kerugian ekonomi negara hingga miliaran dolar per tahun (WWF, 2022).
2. **Degradasi ekosistem pesisir.** Konversi mangrove menjadi tambak, reklamasi pantai, dan pencemaran dari daratan menurunkan fungsi ekologis pesisir.
3. **Dampak perubahan iklim.** Kenaikan suhu laut, pengasaman air laut (*ocean acidification*), dan pergeseran pola arus mempengaruhi distribusi ikan dan produktivitas perairan.
4. **Keterbatasan teknologi dan inovasi.** Banyak nelayan dan pembudidaya masih mengandalkan teknologi tradisional yang kurang efisien.
5. **Ketimpangan sosial ekonomi masyarakat pesisir.** Kesejahteraan nelayan kecil masih rendah akibat fluktuasi harga ikan, ketergantungan pada tengkulak, dan keterbatasan akses pasar.

1.3.6 Arah Pembangunan Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia

Untuk mengoptimalkan potensi dan mengatasi tantangan tersebut, arah pembangunan perikanan pesisir dan laut di Indonesia diarahkan pada lima strategi utama:

1. Penguatan ekonomi biru (*blue economy*), dengan menekankan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya laut berbasis inovasi dan efisiensi.
2. Pengembangan kawasan ekonomi maritim terpadu, melalui konsep *Integrated Marine and Fisheries Center* di berbagai wilayah strategis.
3. Peningkatan produktivitas budidaya laut, dengan penggunaan teknologi ramah lingkungan dan sistem *precision aquaculture*.
4. Peningkatan daya saing produk perikanan, melalui standarisasi mutu, *traceability*, dan sertifikasi internasional (HACCP, ASC, MSC).
5. Pemberdayaan masyarakat pesisir, melalui pelatihan, akses permodalan, serta penguatan koperasi dan UMKM perikanan.

1.4 Peran dan Signifikansi Perikanan Pesisir dan Laut terhadap Ketahanan Pangan dan Sosial-Ekonomi

1.4.1 Perikanan sebagai Pilar Ketahanan Pangan Nasional

Perikanan pesisir dan laut memegang peranan strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional, khususnya melalui penyediaan sumber protein hewani yang berkualitas tinggi. Ikan dan hasil laut mengandung asam lemak esensial, asam amino, vitamin, dan mineral yang penting bagi pertumbuhan dan kesehatan manusia. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2022), ikan menyediakan sekitar 17% protein hewani global dan menjadi sumber utama protein bagi lebih dari 3 miliar orang di dunia.

Di Indonesia, konsumsi ikan mengalami peningkatan signifikan dalam dua dekade terakhir. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2023), tingkat konsumsi ikan nasional mencapai 57,8 kg per kapita per tahun, meningkat dibandingkan tahun 2015 yang hanya 41,1 kg per kapita per tahun. Kenaikan ini menunjukkan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap nilai gizi ikan sekaligus hasil dari kebijakan Gerakan Memasyarakatkan Makan Ikan (GEMARIKAN).

Ketersediaan ikan dari wilayah pesisir dan laut, baik hasil tangkap maupun budidaya, menjadi fondasi utama dalam menjaga

ketersediaan pangan berprotein tinggi di pasar domestik. Komoditas seperti tuna, tongkol, kerapu, kakap, udang, kepiting, dan rumput laut tidak hanya menopang konsumsi dalam negeri, tetapi juga mendukung ekspor hasil perikanan yang bernilai ekonomi tinggi. Dengan demikian, perikanan pesisir dan laut berperan ganda: menyediakan pangan sekaligus meningkatkan pendapatan negara.

1.4.2 Kontribusi terhadap Kesejahteraan dan Ekonomi Masyarakat Pesisir

Masyarakat pesisir Indonesia umumnya menggantungkan hidup pada sumber daya laut. Lebih dari 7 juta orang bekerja di sektor perikanan (BPS, 2024), yang meliputi nelayan tangkap, pembudidaya, pengolah hasil, pedagang ikan, serta tenaga kerja pendukung seperti transportasi, perbengkelan, dan distribusi.

Kegiatan perikanan pesisir dan laut berperan penting dalam:

- 1. Penyediaan lapangan kerja langsung dan tidak langsung.** Nelayan dan pembudidaya memperoleh penghasilan utama dari penjualan hasil tangkapan dan budidaya, sementara kegiatan pengolahan pascapanen menciptakan lapangan kerja tambahan bagi perempuan di wilayah pesisir.
- 2. Mendorong pertumbuhan ekonomi daerah.** Daerah pesisir yang mengembangkan sektor perikanan umumnya memiliki nilai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang signifikan, terutama di wilayah seperti Sulawesi Selatan, Maluku, Bali, dan Nusa Tenggara.
- 3. Menjadi sumber devisa negara.** Produk perikanan laut seperti udang vaname, tuna, dan rumput laut merupakan komoditas ekspor utama dengan nilai ekspor mencapai US\$ 6,2 miliar pada tahun 2023 (KKP, 2023).
- 4. Memperkuat ketahanan ekonomi lokal.** Melalui pengembangan usaha kecil menengah (UKM) dan koperasi nelayan, masyarakat pesisir dapat memperoleh akses terhadap modal, teknologi, dan pasar yang lebih luas.

Namun demikian, kesejahteraan masyarakat pesisir masih menghadapi tantangan serius, seperti fluktuasi harga ikan, biaya operasional tinggi, keterbatasan akses modal, serta ketimpangan

kepemilikan alat tangkap. Oleh karena itu, penguatan kelembagaan dan peningkatan kapasitas masyarakat menjadi agenda penting dalam pembangunan perikanan yang inklusif dan berkeadilan.

1.4.3 Peran Perikanan Pesisir dan Laut dalam Pembangunan Sosial

Selain kontribusi ekonomi, sektor perikanan pesisir dan laut juga memiliki nilai sosial yang signifikan. Kegiatan perikanan membentuk identitas sosial dan budaya masyarakat pesisir yang khas, seperti tradisi melaut, sistem gotong royong, dan ritual adat yang terkait dengan laut.

Budaya bahari yang kuat memperkuat kohesi sosial masyarakat pesisir serta menumbuhkan rasa kepemilikan terhadap sumber daya laut. Dalam konteks pembangunan sosial, sektor perikanan berperan dalam:

1. Meningkatkan kualitas hidup dan pendidikan masyarakat pesisir. Pendapatan dari perikanan memungkinkan peningkatan akses pendidikan dan kesehatan keluarga nelayan.
2. Mendorong partisipasi perempuan. Di banyak daerah, perempuan berperan penting dalam kegiatan pengolahan, pemasaran, dan administrasi usaha perikanan.
3. Menjaga kearifan lokal dan keberlanjutan sosial. Praktik-praktik tradisional seperti Sasi Laut di Maluku, Awig-Awig di Lombok, dan Panglima Laot di Aceh merupakan bentuk pengelolaan sumber daya berbasis komunitas yang efektif menjaga kelestarian laut (Nikijuluw, 2021).

Dengan demikian, pembangunan sektor perikanan pesisir dan laut tidak hanya berorientasi pada pertumbuhan ekonomi, tetapi juga memperkuat aspek sosial dan budaya masyarakat lokal.

1.4.4 Hubungan Perikanan dengan Ketahanan Ekonomi dan Energi Nasional

Selain fungsi sosial-ekonomi, perikanan pesisir dan laut juga berperan dalam menopang ketahanan ekonomi dan energi nasional. Melalui pengembangan industri berbasis hasil laut, sektor ini

mendukung industri makanan, farmasi, kosmetik, serta energi terbarukan (seperti bioenergi dari alga).

Industri *marine-based bioeconomy* menjadi arah baru dalam pengembangan ekonomi biru Indonesia. Rumput laut, misalnya, berpotensi diolah menjadi bioplastik, bioetanol, dan pupuk organik. Sementara limbah perikanan seperti tulang dan sisik ikan dapat diolah menjadi bahan kolagen dan kitosan bernilai tinggi. Dengan demikian, sektor ini mampu menciptakan rantai nilai ekonomi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Di sisi lain, pengembangan marine renewable energy seperti energi gelombang laut dan arus pasang surut juga memberikan peluang baru bagi daerah pesisir dalam diversifikasi sumber energi lokal, sekaligus mengurangi ketergantungan pada energi fosil (Mulyani et al., 2022).

1.4.5 Tantangan Ketahanan Pangan dan Sosial-Ekonomi di Wilayah Pesisir

Walaupun berpotensi besar, perikanan pesisir dan laut masih menghadapi berbagai tantangan dalam mendukung ketahanan pangan dan sosial-ekonomi, antara lain:

- 1. Degradasi sumber daya dan ekosistem pesisir.** Penangkapan ikan berlebih (*overfishing*), pencemaran, dan alih fungsi lahan pesisir mengancam keberlanjutan sumber pangan laut.
- 2. Ketimpangan sosial dan ekonomi.** Sebagian besar nelayan masih termasuk kelompok masyarakat berpendapatan rendah. Ketimpangan akses terhadap permodalan dan pasar memperburuk kesejahteraan mereka.
- 3. Kerentanan terhadap perubahan iklim.** Perubahan suhu laut dan pola cuaca ekstrem mempengaruhi hasil tangkapan, menyebabkan kerentanan pangan lokal di wilayah pesisir.
- 4. Keterbatasan teknologi dan infrastruktur.** Masih banyak desa pesisir yang belum memiliki fasilitas penyimpanan ikan (*cold storage*), pelabuhan, dan akses transportasi memadai.
- 5. Masalah keamanan pangan.** Beberapa produk laut masih menghadapi isu kontaminasi logam berat, mikroplastik, dan residu bahan kimia yang dapat menurunkan kualitas pangan.

Menghadapi berbagai tantangan tersebut, diperlukan strategi terpadu untuk memperkuat ketahanan pangan dan sosial-ekonomi di wilayah pesisir, di antaranya:

1. Pengelolaan sumber daya laut berbasis ekosistem;
2. Diversifikasi komoditas dan teknologi budidaya berkelanjutan;
3. Peningkatan infrastruktur rantai dingin dan logistik perikanan;
4. Perlindungan sosial bagi nelayan kecil; dan
5. Edukasi masyarakat tentang gizi dan keamanan pangan laut.

1.4.6 Sinergi Penguatan Ekonomi Biru dan Ketahanan Pangan

Penerapan konsep *Blue Economy* menjadi kunci utama dalam menjamin keberlanjutan sektor perikanan sekaligus memperkuat ketahanan pangan. Pendekatan ini menekankan efisiensi sumber daya, inovasi, dan perlindungan lingkungan laut.

KKP (2023) menetapkan lima pilar *Blue Economy*, yaitu:

1. Penangkapan ikan terukur berbasis kuota;
2. Peningkatan produktivitas budidaya berkelanjutan;
3. Pengelolaan kawasan konservasi perairan;
4. Pengelolaan sampah laut dan pesisir;
5. Pengawasan dan penegakan hukum perikanan.

Melalui sinergi kebijakan tersebut, sektor perikanan pesisir dan laut diharapkan tidak hanya menjadi penghasil pangan, tetapi juga menjadi kekuatan ekonomi nasional yang inklusif dan berkelanjutan. Dengan dukungan inovasi, riset, dan pemberdayaan masyarakat, Indonesia berpotensi menjadi pusat produksi perikanan laut yang tangguh, modern, dan berdaya saing global.

1.5 Permasalahan dan Tantangan Pengelolaan Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia

Pengelolaan perikanan pesisir dan laut di Indonesia menghadapi berbagai persoalan kompleks yang bersifat ekologis, sosial, ekonomi, dan kelembagaan. Tantangan-tantangan ini muncul karena interaksi yang dinamis antara peningkatan permintaan

terhadap sumber daya laut dan keterbatasan daya dukung ekosistem. Pemahaman terhadap berbagai permasalahan tersebut sangat penting untuk merancang strategi pengelolaan yang berkelanjutan dan adaptif.

1.5.1 Overfishing dan Degradasi Sumber Daya Ikan

Salah satu permasalahan utama dalam pengelolaan perikanan laut adalah penangkapan ikan berlebih (*overfishing*). Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP, 2023), sekitar 52% wilayah pengelolaan perikanan (WPP) Indonesia berada pada kondisi padat tangkap hingga overeksploitasi. Aktivitas penangkapan yang tidak terkendali, penggunaan alat tangkap tidak ramah lingkungan seperti pukat hela dan *trawl*, serta lemahnya pengawasan di laut menyebabkan penurunan populasi ikan ekonomis penting seperti tuna, kerapu, dan kakap.

Selain itu, degradasi habitat pesisir seperti terumbu karang, padang lamun, dan mangrove turut memperparah penurunan stok ikan. Alih fungsi kawasan pesisir menjadi tambak, permukiman, atau kawasan industri mempersempit ruang hidup biota laut dan menurunkan produktivitas perairan. Padahal ekosistem tersebut berfungsi penting sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*) dan pembesaran (*nursery ground*).

1.5.2 Pencemaran dan Degradasi Lingkungan Laut

Aktivitas industri, pertambangan, pariwisata, dan rumah tangga menghasilkan limbah yang mengalir ke laut tanpa pengolahan memadai. Akibatnya, kualitas lingkungan pesisir mengalami penurunan, terutama di wilayah teluk dan muara sungai. Pencemaran minyak, logam berat, limbah plastik, dan bahan organik berlebih menyebabkan eutrofikasi dan kematian biota laut.

Isu mikroplastik menjadi perhatian serius karena sudah terdeteksi dalam rantai makanan laut dan bahkan pada tubuh manusia. Sementara itu, aktivitas pertambangan pasir laut dan reklamasi pantai juga menimbulkan kerusakan habitat bentik dan menurunkan produktivitas perikanan tangkap.

1.5.3 Perubahan Iklim dan Kerentanan Masyarakat Pesisir

Perubahan iklim global berdampak langsung terhadap sektor perikanan pesisir dan laut. Kenaikan suhu permukaan laut, peningkatan frekuensi badai, serta perubahan pola arus dan musim menyebabkan pergeseran daerah penangkapan ikan dan menurunnya hasil tangkapan. Kenaikan muka air laut juga mengancam pemukiman nelayan dan infrastruktur pesisir.

Masyarakat pesisir menjadi kelompok paling rentan terhadap dampak tersebut karena ketergantungan mereka yang tinggi pada sumber daya laut dan keterbatasan kapasitas adaptasi. Ketidakpastian cuaca mengakibatkan berkurangnya hari melaut, penurunan pendapatan, serta meningkatnya risiko keselamatan nelayan.

1.5.4 Kelemahan Kelembagaan dan Pengawasan

Aspek kelembagaan menjadi tantangan serius dalam pengelolaan perikanan Indonesia. Fragmentasi kewenangan antara pemerintah pusat, provinsi, dan kabupaten sering menimbulkan tumpang tindih kebijakan. Implementasi pengelolaan berbasis wilayah perikanan (WPP) belum berjalan optimal akibat lemahnya koordinasi dan minimnya data ilmiah tentang stok ikan.

Pengawasan di laut juga masih terbatas. Kapasitas armada pengawas dan teknologi pemantauan (*vessel monitoring system*, VMS) belum sebanding dengan luas wilayah perairan Indonesia. Akibatnya, praktik *illegal, unreported, and unregulated (IUU) fishing* masih terjadi, terutama di wilayah perbatasan. Aktivitas ini tidak hanya merugikan negara secara ekonomi, tetapi juga merusak ekosistem laut dan menurunkan daya saing nelayan lokal.

1.5.5 Aspek Sosial-Ekonomi dan Kesejahteraan Nelayan

Permasalahan sosial-ekonomi di sektor perikanan pesisir dan laut masih sangat menonjol. Sebagian besar nelayan tradisional masih tergolong masyarakat berpenghasilan rendah, dengan keterbatasan akses terhadap modal, teknologi, dan pasar. Ketergantungan pada tengkulak dalam sistem permodalan menyebabkan posisi tawar nelayan tetap lemah.

Selain itu, rendahnya pendidikan dan keterampilan menjadi kendala dalam adopsi inovasi teknologi penangkapan dan pengolahan hasil perikanan. Ketidakstabilan harga ikan di pasar lokal serta kurangnya fasilitas penyimpanan dingin (*cold chain system*) memperburuk kondisi ekonomi nelayan.

1.5.6 Arah Solusi dan Tantangan Ke Depan

Untuk menjawab berbagai permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan pengelolaan perikanan berbasis ekosistem (*Ecosystem Approach to Fisheries Management / EAFM*) yang menyeimbangkan antara aspek ekologi, sosial, dan ekonomi. Peningkatan efektivitas pengawasan, penguatan kelembagaan nelayan, serta pemanfaatan teknologi informasi dalam sistem logistik dan pemasaran menjadi langkah strategis.

Selain itu, pembangunan kapasitas adaptasi masyarakat pesisir terhadap perubahan iklim, restorasi ekosistem pesisir, serta penerapan kebijakan *blue economy* dan penangkapan terukur perlu dipercepat. Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, sektor swasta, dan masyarakat lokal akan menjadi kunci dalam mewujudkan pengelolaan perikanan pesisir dan laut yang berkelanjutan di Indonesia.

1.6 Kebijakan dan Pendekatan Pengelolaan Perikanan Pesisir dan Laut di Indonesia

Pengelolaan perikanan pesisir dan laut di Indonesia tidak dapat dilepaskan dari kebijakan nasional yang berlandaskan pada prinsip keberlanjutan, keadilan, dan kesejahteraan masyarakat pesisir. Dalam dua dekade terakhir, arah kebijakan pemerintah terus berkembang untuk menyeimbangkan kepentingan ekonomi dan pelestarian sumber daya kelautan. Pendekatan pengelolaan ini diwujudkan melalui peraturan perundangan, program nasional, serta inovasi sistem pengawasan dan tata kelola.

1.6.1 Kerangka Hukum dan Kebijakan Nasional

Dasar hukum utama pengelolaan sumber daya kelautan di Indonesia adalah Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan, yang telah diperbarui dengan Undang-Undang Nomor 45

Tahun 2009. Undang-undang ini menegaskan pentingnya pengelolaan perikanan yang berkelanjutan, berbasis ilmu pengetahuan, dan berpihak pada nelayan kecil. Selain itu, Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 jo. UU No. 1 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil mengatur pemanfaatan sumber daya pesisir secara terencana dan berkelanjutan.

Kebijakan nasional juga diarahkan oleh Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2017 tentang Kebijakan Kelautan Indonesia yang menjadi payung bagi pembangunan sektor kelautan secara terpadu, termasuk di dalamnya aspek konservasi, penelitian, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) telah menetapkan sejumlah strategi operasional seperti penangkapan ikan terukur berbasis kuota, penerapan blue economy, pengembangan budidaya laut berkelanjutan, serta restorasi ekosistem pesisir melalui program rehabilitasi mangrove dan terumbu karang.

1.6.2 Pendekatan Pengelolaan Berbasis Ekosistem dan Wilayah

Sejalan dengan kebijakan global, Indonesia telah mengadopsi konsep *Ecosystem Approach to Fisheries Management* (EAFM) yang dikembangkan oleh FAO. Pendekatan ini menempatkan keberlanjutan ekosistem sebagai dasar dalam menentukan kapasitas pemanfaatan sumber daya ikan. Melalui EAFM, pengelolaan perikanan tidak hanya mempertimbangkan stok ikan, tetapi juga interaksi antar-komponen ekosistem, termasuk habitat, kualitas lingkungan, dan aspek sosial ekonomi masyarakat pesisir.

Selain itu, pengelolaan sumber daya pesisir kini diarahkan secara terintegrasi lintas sektor dan wilayah melalui *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM). Pendekatan ini menekankan pentingnya sinergi antara pemerintah pusat, daerah, dan masyarakat lokal dalam mengatur tata ruang pesisir, mengurangi konflik pemanfaatan lahan, serta menjaga keseimbangan antara konservasi dan pemanfaatan ekonomi.

1.6.3 Implementasi dan Tantangan Kebijakan

Walaupun berbagai kebijakan telah disusun, implementasinya masih menghadapi tantangan di lapangan. Keterbatasan kapasitas kelembagaan daerah, minimnya data stok sumber daya yang akurat, serta lemahnya koordinasi antarinstansi menjadi hambatan utama. Selain itu, partisipasi masyarakat pesisir dalam perencanaan dan pengambilan keputusan masih relatif rendah, sehingga kebijakan sering kurang sesuai dengan kebutuhan lokal.

Untuk memperkuat implementasi, KKP bersama lembaga riset dan perguruan tinggi terus mengembangkan sistem informasi kelautan terpadu, pemantauan berbasis satelit, serta pendekatan co-management, yaitu pengelolaan bersama antara pemerintah dan masyarakat. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan kepatuhan, efisiensi pengawasan, dan tanggung jawab kolektif dalam menjaga sumber daya laut.

1.7 Penutup

Kebijakan dan pendekatan pengelolaan perikanan pesisir dan laut di Indonesia terus mengalami transformasi menuju tata kelola yang lebih inklusif, ilmiah, dan berkelanjutan. Keberhasilan implementasi kebijakan ini bergantung pada sinergi antara pemerintah, akademisi, pelaku usaha, dan masyarakat pesisir. Dengan penguatan kelembagaan, inovasi teknologi, serta kesadaran kolektif terhadap pentingnya kelestarian ekosistem laut, Indonesia berpotensi menjadi contoh negara kepulauan yang berhasil mewujudkan pembangunan perikanan pesisir dan laut yang berdaya saing dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Sumber Daya Laut dan Pesisir Indonesia 2023. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bengen, D. G. (2019). Ekosistem dan Sumberdaya Pesisir serta Strategi Pengelolaannya. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.
- Christie, P., White, A. T., & Deguit, E. (2002). Starting point or solution? Community-based marine protected areas in the Philippines. *Journal of Environmental Management*, 66(4), 441–454. <https://doi.org/10.1006/jema.2002.0595>
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S. P., & Sitepu, M. J. (2019). Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Dahuri, R. (2021). Pembangunan Kelautan dan Perikanan Berkelanjutan: Konsep dan Implementasi Ekonomi Biru di Indonesia. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2023). Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Tahun 2023. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2022). Status Sumber Daya Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI) Tahun 2022. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas. (2021). Rencana Aksi Nasional Pembangunan Ekonomi Biru 2021–2030. Jakarta: Bappenas.
- McManus, J. W., & Ablan, M. C. (1996). Reef-based fisheries management in the Philippines: An evaluation of resources-dependent control. *Marine Policy*, 20(1), 65–83. [https://doi.org/10.1016/0308-597X\(95\)00030-5](https://doi.org/10.1016/0308-597X(95)00030-5)

- Pomeroy, R. S., & Rivera-Guieb, R. (2006). *Fishery Co-Management: A Practical Handbook*. Ottawa: International Development Research Centre (IDRC).
- Satria, A. (2015). *Pengantar Sosiologi Masyarakat Pesisir*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Setyohadi, D., & Hartati, S. T. (2020). Pengelolaan perikanan berkelanjutan di Indonesia: Tantangan dan strategi ke depan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1), 13–27. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.30283>
- Supriharyono. (2017). *Konservasi Ekosistem Sumber Daya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 45 Tahun 2009 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2017 tentang Kebijakan Kelautan Indonesia.
- World Bank. (2021). *Blue Economy Development Framework: Growing the Blue Economy to Combat Climate Change*. Washington, D.C.: The World Bank Group.

BAB 2

PEMILIHAN LOKASI BUDIDAYA DAN JENIS KOMODITI

2.1 Latar Belakang

Potensi sumberdaya alam ini memberikan peluang besar untuk pengembangan berbagai jenis kegiatan budidaya, mulai dari pertanian, perikanan, hingga peternakan. Namun, potensi tersebut hanya dapat dimanfaatkan secara optimal apabila didukung oleh perencanaan yang matang, terutama dalam hal pemilihan lokasi budidaya dan jenis komoditi yang tepat. Salah satu faktor penentu utama yang sering kali menjadi titik awal dari keseluruhan proses adalah pemilihan lokasi dan komoditas yang tepat. Keduanya merupakan fondasi awal yang saling berkaitan dan menentukan arah pengelolaan budidaya ke depan. Memilih lokasi yang tepat untuk kegiatan budidaya dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi dampak bagi lingkungan (Aguilar-Manjarrez, Soto and Brummett, 2017). Pemilihan lokasi budidaya menjadi salah satu hal penting dalam penentuan kelayakan usaha budidaya dan juga dapat menentukan keberlanjutan kegiatan budidaya (Boyd *et al.*, 2020)

Pemilihan lokasi akan berpengaruh pada tingkat pertumbuhan komoditas yang dibudidayakan. Beberapa aspek yang harus diperhatikan untuk melakukan kegiatan budidaya antara lain curah hujan, suhu udara, kelembapan, dan intensitas cahaya sangat memengaruhi siklus hidup dan produktivitas tanaman maupun hewan budidaya. Dalam pertanian, pH tanah, tekstur, kandungan unsur hara, dan drainase menjadi kunci kesuburan. Di budidaya perairan, kualitas air seperti salinitas, suhu, dan kandungan oksigen menjadi faktor krusial. Akses terhadap air, listrik, tenaga kerja, dan infrastruktur (jalan, pasar, transportasi) sangat mempengaruhi efisiensi produksi. Lokasi yang rawan banjir, longsor, atau hama endemik harus dihindari, atau minimal disiapkan sistem mitigasi yang memadai. Pemilihan

lokasi yang tidak sesuai akan berdampak pada tingginya biaya operasional, rendahnya produktivitas, hingga potensi kerugian jangka panjang.

Pemilihan komoditas yang harus disesuaikan dengan potensi lokasi serta permintaan pasar. Kesalahan dalam memilih komoditas bisa menyebabkan hasil yang rendah meskipun teknik budidayanya sudah tepat. Komoditas harus cocok dengan kondisi iklim, tanah, dan sumber daya lokal. Jenis komoditi yang dipilih adalah komoditi yang memiliki permintaan tinggi dan harga stabil memiliki peluang keuntungan lebih besar, memiliki keunggulan kompetitif dan potensi diversifikasi produk yang didukung dengan teknologi budidaya yang sudah teruji dan tersedia informasi teknisnya. Pemilihan lokasi dan komoditas tidak bisa dipisahkan; keduanya harus dipertimbangkan secara terpadu. Komoditas yang cocok di satu lokasi belum tentu berhasil di tempat lain karena kondisi perairan yang berbeda

Pemilihan suatu tempat untuk dijadikan lokasi budidaya dapat mempengaruhi keberhasilan suatu usaha dan juga perlu memperhatikan jenis komoditas karena setiap komoditas memiliki sifat ekologis yang berbeda sehingga memerlukan kondisi lingkungan yang tepat agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Oleh karena itu, dalam melakukan kegiatan budidaya perlu adanya perencanaan dalam pengembangan kegiatan budidaya sehingga tidak berdampak pada masalah lingkungan, sosial dan ekonomi. Menurut (Falconer, Telfer and Ross, 2016), akibat yang dapat ditimbulkan dari perencanaan yang terstruktur seperti ketidaksesuaian lahan, sistem budidaya, komoditi dan sumberdaya lain akan berdampak pada pengembangan kegiatan budidaya. Untuk mendukung kegiatan budidaya ikan perlu adanya langkah awal analisis penentuan lokasi budidaya sehingga dapat diketahui apakah suatu lokasi dapat dijadikan tempat melakukan kegiatan budidaya atau tidak. Sehingga dengan hasil analisis diharapkan dapat menjadi suatu pendekatan dalam kegiatan budidaya ikan yang ramah lingkungan serta berkelanjutan (Supriyono *et al.*, 2025).

Selain itu, pemilihan jenis komoditi budidaya juga tidak kalah penting, harus dipersiapkan dalam melakukan kegiatan budidaya. Komoditi yang dipilih harus sesuai dengan kondisi lingkungan, kebutuhan pasar, serta kemampuan teknis dan ekonomi pelaku usaha. Dalam era persaingan global dan perubahan iklim yang semakin nyata, pendekatan yang tepat dalam memilih jenis komoditi menjadi sangat penting untuk memastikan keberlanjutan usaha budidaya. Komoditi budidaya perikanan adalah ikan, udang, kerang, rumput laut, serta jenis lain yang dibudidayakan secara terkontrol oleh manusia untuk tujuan ekonomi, konsumsi, konservasi, atau industri. Pemilihan komoditi untuk dibudidaya perikanan karena akan disesuaikan dengan kelayakan suatu lokasi. Tidak semua komoditi cocok dibudidayakan di setiap lokasi. Pemilihan jenis komoditi yang tidak tepat dapat menyebabkan pertumbuhan lambat, angka kematian tinggi, atau kegagalan panen. Pemilihan komoditi budidaya harus memperhatikan kondisi kualitas air, ketersediaan pasar yang dapat meningkatkan nilai ekonomi, keberlanjutan usaha budidaya.

Dalam bab ini secara dibahas mengenai faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi, analisis kesesuaian lahan, serta strategi dalam menentukan komoditi budidaya yang sesuai. Dengan memahami prinsip-prinsip dasar ini, diharapkan pembaca dapat mengambil keputusan yang lebih bijak dan berbasis data dalam merencanakan kegiatan budidaya.

2.2 Kriteria Pemilihan Lokasi Budidaya Ikan

Banyak faktor yang membatasi pemilihan lokasi budidaya ikan. Beberapa syarat untuk pemilihan lokasi yaitu:

2.2.1 Kualitas dan Ketersediaan Air

Pemilihan lokasi berdasarkan kualitas air perlu untuk melakukan pengambilan sampel dan analisis laboratorium untuk mengukur parameter fisik (seperti suhu, warna, bau, kekeruhan, pH, oksigen terlarut), kimia (salinitas, padatan terlarut, amonia), dan biologi (plankton, parasit), untuk memastikan air tersebut cocok dan aman untuk dilakukan kegiatan budidaya ikan. Kualitas air seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan tingkat amonia harus sesuai dengan

kebutuhan biologis ikan. Ketersediaan air harus mencukupi sepanjang tahun. Air adalah media utama kehidupan ikan dalam budidaya. Baik buruknya kualitas dan ketersediaan air akan langsung memengaruhi pertumbuhan, kesehatan, kelangsungan hidup, dan produktivitas ikan. Oleh karena itu, dalam memilih lokasi budidaya (kolam, tambak, keramba, atau bioflok), faktor kualitas dan ketersediaan air menjadi prioritas utama. Kriteria Pemilihan Lokasi dari Segi Kualitas Air yaitu sebagai berikut :

1. Suhu Air

Suhu adalah salah satu faktor kunci dalam mendukung usaha akuakultur. Suhu pada badan air adalah indikator tingkat kehangatan air di dalam suatu tempat. Tingkat suhu air dapat memengaruhi perubahan dalam aktivitas metabolisme, laju pertumbuhan, pola ekskresi ikan, serta aktivitas mikroorganisme dalam air (Hlorder et al., 2020). Suhu adalah elemen vital dalam proses metabolisme dan pertumbuhan ikan. Suhu juga memainkan peran dalam perkembangan organisme air, peningkatan suhu dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut yang berpengaruh pada metabolisme, termasuk tingkat respirasi dan konsumsi oksigen, serta peningkatan karbon dioksida. Setiap spesies ikan memiliki rentang suhu idealnya sendiri. Secara umum, suhu yang ideal untuk perairan budidaya berkisar antara 25 hingga 30 °C, disesuaikan dengan spesies ikan. Suhu yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan, mengurangi selera makan, dan meningkatkan peluang terjadinya kematian.

2. pH (Derajat Keasaman)

Pada perkembangan ikan serta organisme renik lainnya pH menjadi salah satu factor pembatas. Air dengan pH yang sangat rendah (sangat asam) bisa menyebabkan kematian ikan, sedangkan pH yang sangat tinggi (sangat basa) dapat menghambat pertumbuhan ikan. Nilai yang optimal: 6,5 – 8,5. pH yang terlalu asam atau basa bisa memicu stres, merusak insang, serta mengganggu proses fisiologis ikan. Angka pH di atas 10 akan berakibat fatal bagi ikan, sementara nilai pH di bawah 5

menghalangi pertumbuhan ikan (Koniyo, 2020). Kisaran pH air yang sesuai untuk budidaya adalah antara 6-8 (Wihardi, Yusanti dan Haris, 2014). Nilai pH air dapat memengaruhi keseimbangan sistem dan kesehatan organisme yang hidup di dalamnya. Secara umum, nilai pH yang ideal untuk budidaya perairan adalah antara 6,5 hingga 8,5. Berdasarkan standar kualitas air dalam PP No. 22 Tahun 2021 (kelas II), pH yang tepat untuk budidaya ikan air tawar berkisar antara 6 – 9. pH air yang terlalu rendah dapat menyebabkan logam-logam terlarut dalam air meningkat, yang berpotensi berbahaya bagi organisme perairan. Di sisi lain, pH yang terlalu tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dalam air, yang juga berbahaya bagi organisme perairan.

3. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen / DO*)

Oksigen merupakan elemen penting bagi ikan untuk bernafas dan beraktivitas. Kekurangan oksigen dapat mengakibatkan stres pada ikan, memperlambat pertumbuhannya, dan dalam situasi yang parah bisa menyebabkan kematian secara massal. Koniyo (2020) menyatakan bahwa kadar DO yang ideal untuk ekosistem air lebih dari 2 mg L⁻¹. Semakin tinggi nilai DO mencerminkan kualitas perairan yang semakin baik, di mana air tersebut masih bersih dan memiliki kadar oksigen terlarut yang tinggi (Urbasa, Undap and Rompas, 2015).

4. Salinitas

Salinitas adalah total ion yang terlarut dalam air atau tingkat keasinan suatu perairan. Setiap ikan mampu bertahan hidup dalam rentang salinitas tertentu, karena memiliki kemampuan osmoregulasi (mengatur kadar garam dalam tubuh). Jika salinitas tidak sesuai dapat menyebabkan stress pada ikan mudah terserang penyakit, bahkan mati. Untuk perairan tawar nilai salinitas air berkisar antara 0–5 ppt, perairan payau biasanya berkisar 6-29 ppt dan untuk perairan laut 30-40 ppt. salinitas dapat dipengaruhi oleh pergantian musim, adanya aliran sungai yang muaranya ke laut, sirkulasi air.

5. Kecerahan

Kecerahan adalah sejauh mana cahaya dapat menembus ke dalam perairan yang dipengaruhi oleh partikel yang terlarut dan tersuspensi dalam air (Syahrul et al. 2021). Untuk ikan budidaya, tingkat kecerahan yang ideal berada di antara 30 hingga 40 cm; jika kecerahan di bawah 25 cm, maka bisa menyebabkan penurunan pada jumlah oksigen terlarut (Maniagasi, Tumembouw and Mudeng, 2013). Berdasarkan SNI (2009), tingkat kecerahan yang optimal untuk proses pembesaran ikan nila sebaiknya lebih dari 30-40 cm. Bahan organik maupun non organik yang berada di dalam air dapat mempengaruhi kecerahan (Adhar *et al.*, 2021), yang ditimbulkan limbah yang masuk ke muara sungai yang biasanya dapat menyebabkan perubahan lingkungan dan hal ini dapat menandakan adanya masalah pada perairan (Goher *et al.*, 2014).

6. Nitrat

Nitrat adalah salah satu indikator kimia yang berperan dalam menilai mutu air di Sungai. Nitrit merupakan zat kimia yang biasa dimanfaatkan dalam sektor perikanan karena dampaknya terhadap kesehatan ikan serta organisme lainnya. Pengelolaan limbah, siklus nitrogen, pakan yang tersisa, serta sistem filtrasi dapat memengaruhi konsentrasi nitrit di dalam air. Karena nitrit memiliki kecenderungan yang lebih kuat untuk mengikat hemoglobin, yang berakibat pada tingginya tingkat kematian ikan, keberadaannya dalam air bisa mengurangi kemampuan ikan untuk memproduksi (Samsundari and Wirawan, 2013).

7. Tingkat Amonia

Amonia merupakan produk limbah dari proses metabolisme ikan serta sisa-sisa pakan, dan akan menjadi racun jika melebihi batas tertentu. Angka idealnya adalah di bawah 0,02 mg/L untuk amonia yang bebas (NH_3). Tingginya

konsentrasi amonia dapat membahayakan insang, mengganggu proses pernapasan, serta meningkatkan laju kematian pada ikan.

8. Ketersediaan Air Sepanjang Tahun

Lokasi untuk budidaya perlu memiliki sumber air yang melimpah dan konsisten sepanjang tahun, bukan hanya pada musim hujan. Aksesibilitas air dapat dipengaruhi oleh aliran air yang cukup untuk kebutuhan budidaya. Tidak terpengaruh oleh musim kering. Harus bebas dari kontaminasi limbah dari industri, rumah tangga, atau sektor pertanian. Keterbatasan pasokan air dapat menyebabkan gangguan sirkulasi dan kualitas air, serta berdampak pada kelangsungan hidup ikan.

2.2.2 Aksesibilitas dan Infrastruktur

Selain faktor lingkungan seperti air dan tanah, keberhasilan usaha budidaya ikan juga sangat dipengaruhi oleh kemudahan akses dan ketersediaan infrastruktur pendukung. Tanpa akses jalan yang baik dan fasilitas pendukung, proses budidaya akan menghadapi hambatan mulai dari pasokan input (benih, pakan), pemasaran hasil panen, hingga perawatan teknis harian. Aksesibilitas adalah tingkat kemudahan dalam mencapai lokasi budidaya dari dan ke pusat layanan ekonomi, pasar, atau sumber logistik. Infrastruktur mencakup segala sarana fisik yang mendukung kelancaran aktivitas budidaya, seperti bangunan, fasilitas teknis, energi, dan logistik. Lokasi harus mudah diakses untuk distribusi benih, pakan, dan hasil panen. Dekat dengan pasar, jalan, dan sumber pakan lebih disukai. Aksesibilitas menjadi faktor krusial dalam kelancaran operasional budidaya ikan. Lokasi yang mudah dijangkau akan mempercepat dan mempermudah distribusi benih serta pasokan pakan ke lokasi budidaya dan pembudidaya dapat memastikan hasil panen dapat diangkut dengan cepat dan efisien ke pasar atau tempat pengolahan serta menekan biaya transportasi dan risiko kerusakan selama pengiriman. Dengan demikian, pemilihan lokasi yang mudah diakses sangat berpengaruh pada efektivitas dan produktivitas usaha budidaya ikan. Ketersediaan infrastruktur penunjang yang memadai akan mendukung kelancaran operasional dan mengurangi investasi awal yang besar. Ketersediaan listrik atau sumber energi lain

diperlukan untuk pompa air, aerator untuk suplai oksigen, penerangan, dan kegiatan pengolahan. Akses komunikasi yang baik (telepon, internet) diperlukan untuk koordinasi bisnis, pemantauan harga pasar, dan komunikasi darurat.

2.2.3 Keamanan dan Legalitas

Keamanan lokasi merupakan salah satu hal yang harus dipastikan untuk menunjang keberhasilan usaha budidaya. Lokasi yang akan dijadikan lokasi budidaya ikan bebas dari konflik lahan dan aman dari pencemaran lingkungan. Memiliki izin yang sesuai dan tidak bertentangan dengan aturan tata ruang wilayah sehingga pada saat pelaksanaan kegiatan tidak terjadi konflik sosial maupun konflik pemilikan lahan. Lokasi harus aman dari gangguan yang dapat menyebabkan kerugian seperti pencuri. Jaminan keberlangsungan kegiatan harus dipastikan. Lokasi yang dibudidayakan harus aman dari kontaminasi bahan pencemar berupa limbah, sampah. Selain itu juga perlu memastikan lokasi bukan daerah yang rawan longsor, banjir atau daerah yang memiliki resiko yang tinggi terhadap bencana.

2.2.4 Topografi dan Jenis Tanah

Topografi merupakan kemiringan atau ketinggian suatu wilayah. Topografi mempengaruhi suhu perairan dan akan berdampak pada pertumbuhan. Kesesuaian topografi untuk lahan budidaya dapat berkisar 2-5%. Topografi akan berpengaruh terhadap salinitas perairan. Lokasi budidaya tambak yang dekat dengan pantai akan memiliki air dengan salinitas yang tinggi sebaliknya jika jauh dari pantai maka jumlah air tawar akan lebih banyak.

Menurut Nurrizky dan Nurhayati (2018), menyebutkan bahwa wilayah yang memiliki ketinggian 0 – 100 mdpl termasuk dalam kategori dataran rendah Jenis tanah berupa lembung liat berpasir dapat dijadikan sebagai lokasi untuk tambak dan kolam pemeliharaan ikan. Lahan datar atau sedikit miring memudahkan pengelolaan air.

2.2.5 Faktor Sosial dan Ekonomi

Dukungan masyarakat sekitar sangat penting. Biaya produksi di lokasi tersebut harus masuk akal secara ekonomi. Pemilihan lokasi budidaya ikan yang tepat harus mempertimbangkan berbagai aspek, dan Faktor Sosial dan Ekonomi memegang peranan krusial dalam menentukan keberhasilan dan keberlanjutan usaha. Faktor-faktor ini bersifat non-teknis namun sangat memengaruhi proses operasional, pemasaran, dan penerimaan masyarakat. Berikut adalah penjelasan mengenai faktor-faktor sosial dan ekonomi dalam pemilihan lokasi budidaya ikan, disertai referensi dari berbagai pertimbangan umum dalam sektor perikanan:

1. Faktor Ekonomi dalam Pemilihan Lokasi Budidaya Ikan

Faktor ekonomi berkaitan langsung dengan biaya, pendapatan, dan efisiensi usaha budidaya. Lokasi yang secara ekonomi menguntungkan akan meminimalkan biaya operasional dan memaksimalkan akses pasar.

a. Aksesibilitas dan Transportasi

Lokasi yang akan dijadikan tempat budidaya ikan harus memiliki akses jalan yang baik dan dekat dengan jalan utama. Aksesibilitas yang memadai sangat penting untuk menunjang keberlangsungan kegiatan budidaya ikan, juga memudahkan pengiriman pakan, benih, obat-obatan, dan sarana penunjang lainnya. Jika akses sulit, biaya transportasi (logistik) akan meningkat tajam. Transportasi dapat juga digunakan untuk mengangkut hasil panen kegiatan budidaya, mempercepat pengangkutan hasil panen ke pasar atau pusat distribusi, menjaga kualitas ikan tetap segar, dan meminimalkan risiko kerugian selama perjalanan. Dengan adanya dukungan transportasi akan memudahkan pembeli, atau penyuluh untuk serta mitra bisnis kita yang akan mengunjungi lokasi.

b. Dekat dengan Pasar dan Pusat Distribusi

Kedekatan jarak dengan pasar potensial atau pusat distribusi menjadi pertimbangan utama. Jarak yang pendek ke pasar akan mengurangi biaya pemasaran dan

mempercepat penjualan, yang sangat penting mengingat ikan adalah komoditas mudah rusak. Lokasi yang strategis di dekat permintaan tinggi berpotensi mendapatkan harga jual yang lebih baik.

c. Ketersediaan Sarana Produksi

Lokasi ideal memiliki kemudahan dalam memperoleh sarana produksi utama. Dekat dengan penyedia pakan dan benih ikan berkualitas untuk menjamin pasokan yang berkelanjutan dan menekan biaya logistik. Akses yang mudah ke lembaga keuangan (bank, koperasi) juga dapat menjadi pertimbangan untuk perolehan modal usaha.

2. Faktor Sosial dalam Pemilihan Lokasi Budidaya Ikan

Faktor sosial berkaitan dengan interaksi antara usaha budidaya dengan masyarakat sekitar, termasuk tenaga kerja, budaya, dan keamanan lingkungan. Faktor ini harus diperhatikan karena dapat menimbulkan konflik dan menghambat keberlanjutan usaha. Perlu adanya dukungan dan penerimaan masyarakat setempat sangat penting bagi kelangsungan usaha sehingga hal ini dapat memastikan bahwa kegiatan budidaya tidak menimbulkan dampak negatif yang signifikan (misalnya polusi, bau, atau gangguan estetika) yang memicu penolakan dari warga sekitar. Dalam kegiatan yang dilakukan juga perlu untuk melibatkan masyarakat, misalnya melalui lapangan pekerjaan atau program sosial, dapat menciptakan rasa kepemilikan dan dukungan terhadap usaha. Selain itu juga dalam melaksanakan kegiatan budidaya perlu memiliki sumber daya manusia (SDM) yang memadai dan bersedia menjadi tenaga kerja akan sangat menguntungkan baik yang terampil maupun yang bersedia dilatih, untuk kegiatan harian seperti pemberian pakan, pemeliharaan, dan panen. Lokasi budidaya juga harus aman dari potensi pencurian atau gangguan dari pihak yang tidak bertanggung jawab. Keamanan yang baik juga menarik minat investor dan mitra usaha. Lokasi harus memiliki kemudahan dalam pengurusan izin usaha dari

pemerintah daerah atau instansi terkait sehingga perlu adanya jejaring kekerabatan atau kelembagaan lokal (seperti kelompok pembudidaya, koperasi) yang dapat mempermudah kerja sama, pertukaran informasi, dan penanganan masalah bersama.

2.3 Pemilihan Komoditas Budidaya

Pengembangan kegiatan budidaya memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai, demikian juga dengan jenis komoditi yang dibudidayakan juga perlu mempertimbangkan kesesuaian lokais budidaya untuk menentukan jenis komoditi yang dibudidayakan. Jenis ikan yang dibudidayakan harus dipilih berdasarkan:

1. **Kesesuaian Lingkungan**

Pemilihan jenis ikan untuk kegiatan budidaya harus mempertimbangkan kesesuaian dengan kondisi lingkungan perairan yang akan dijadikan lokasi budidaya. Diantaranya yaitu jenis perairan apakah ikan dapat hidup diperairan tawar, payau atau laut. Selain itu juga perlu melakukan pengujian kualitas air untuk memastikan kesesuaian lokasi budidaya.

2. **Permintaan Pasar**

Setiap kegiatan budidaya pasti akan menghasilkan produk. Produk tersebut dapat berupa benih maupun ikan konsumsi. Untuk memastikan keberlanjutan kegiatan usaha budidaya maka perlu dilakukan pemilihan komoditas dengan permintaan pasar yang stabil atau meningkat contoh ikan nila, lele, patin, gurame, dan bandeng adalah komoditas unggulan.

3. **Ketersediaan Benih dan Pakan**

Keberhasilan budidaya sangat dipengaruhi oleh tersedianya benih unggul dan pakan berkualitas sehingga perlu memperhatikan ketersediaan benih baik secara lokal dan kontinuitas. Benih ikan yang digunakan dalam kegiatan budidaya harus merupakan benih unggul, dimana ikan dalam keadaan sehat, dalam keadaan normal, memiliki ukuran yang seragam, berenang aktif. Selain itu perlu memperhatikan ketersediaan pakan untuk pemeliharaan ikan. Pakan disesuaikan dengan kebutuhan ikan. Pakan ikan dapat

diperoleh dengan harga yang terjangkau, jenis pakan ikan harus disesuaikan dengan pertumbuhan ikan

4. Potensi Pertumbuhan dan Produktivitas

Komoditi yang akan dibudidayakan sebaiknya memiliki pertumbuhan yang cepat, efisien secara pakan dan memiliki hasil produksi yang tinggi dengan memperhatikan pertumbuhan harian, konversi pakan, Tingkat kelangsungan hidup dan kemudahan dalam melakukan pemeliharaan dan pengendalian penyakit.

2.4 Jenis Jenis Komoditas Budidaya

Pemilihan komoditi budidaya merupakan langkah strategis yang menentukan keberhasilan usaha budidaya ikan. jenis ikan yang dibudidayakan harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan, kemampuan pembudidaya, permintaan pasar. Komoditi budidaya beragam mulai dari perairan tawar, payau dan laut. Setiap jenis habitat memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologi air yang berbeda, sehingga jenis ikan yang dibudidayakan pun harus disesuaikan dengan habitatnya. Adapun jenis komoditi yang dibudidayakan yaitu :

1. Ikan Nila (*Oraochromis niloticus*)

Ikan nila merupakan salah satu jenis ikan yang di produksi di seluruh dunia secara intensif (Suprayudi, Faisal and Setiawati, 2013) dan jenis ikan yang paling banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan, cepat tubuh besar dan digemari oleh Masyarakat. Ikan nila memiliki prospek pasar cukup luas baik yang ada di dalam maupun di luar negeri (Marwan, Damis and Putri, 2023). Ikan nila digunakan sebagai ikan konsumsi untuk kebutuhan protein sebagai sumber ketahanan pangan nasional (Coward and Bromage, 2000). Ikan nila dapat dibudidayakan di kolam tanah, kolam beton, kolam terpal maupun dibudidayakan sistem bioflok. Ikan Nila merupakan spesies ikan yang berukuran besar antara 200-400 gram, sifat omnivora sehingga bisa mengkonsumsi makanan berupa hewan tumbuhan (Amri Khairul, 2003). Ikan nila dapat dipelihara

pada suhu dan pH air untuk budidaya bekisar antara 6-8. Menurut SNI (2009), dalam kegiatan pembesaran ikan nila kecerahan yang baik diatas 30-40 cm.



Gambar 2.1. Ikan nila

2. Ikan Lele (*Clarias sp.*)

Kegiatan budidaya ikan lele terus bertambah Tingkat produksinya setiap tahun, semakin banyak peminat untuk membudidayakan ikan lele (Moh. Yunus A, Dyah Hariani, 2019). Lele sudah banyak dibudidayakan karena selain menguntungkan adapun keunggulan ikan lele dari aspek budidaya antara lain dapat dipelihara dengan kepadatan tinggi, sehingga hemat dalam penggunaan lahan, dapat memanfaatkan lahan sempit dengan hemat air, teknologi budidaya dan pembenihannya muda diterapkan oleh masyarakat sehingga usaha dapat dengan skala kecil hingga industri (Imam Taufik dan Eri Setiadi, 2014). Ikan lele memiliki daya tahan tinggi terhadap kualitas air yang buruk, Umur panen cepat (2–3 bulan), Cocok untuk budidaya intensif di lahan sempit. Budidaya ikan lele cukup mudah, diperlukan pengontrolan baik untuk kualitas air maupun pakan (Augusta, 2016). Ikan lele bersifat nocturnal. Ikan lele adalah jenis ikan yang menyukai tempat yang gelap dan tersembunyi lebih aktif beraktivitas pada malam hari atau disebut dengan *nocturnal*

(Bachtiar, 2016).



Gambar 2.2. Ikan Lele

3. Ikan Koi (*Cyprinus carpio*)

Salah satu jenis ikan air tawar yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah ikan koi. Ikan koi dapat dibudidayakan pada perairan tawar dengan air yang tidak terlalu deras, membutuhkan kualitas air yang cukup baik. Dapat dibudidayakan di kolam keramba. Ikan Koi memiliki alat insang yang berfungsi sebagai alat pernapasan yang terletak di kedua sisi kepala (Bachtiar dan Lentera, 2002). Ikan koi adalah jenis ikan yang dapat dibudidayakan pada perairan tawar dengan sistem air yang tidak terlalu deras. Bisa hidup pada perairan payau dengan salinitas perairan 25-30 ° C (Heydarnejad, 2012), namun ikan ini juga termaksud ikan hias yang sensitif dan tahan terhadap perubahan lingkungan (Agus, 2017).

Ikan koi adalah jenis ikan yang mencari makan pada bagian permukaan atau bagian tengah perairan, ikan koi memiliki dua pasang kumis yang berfungsi sebagai organ pencium untuk mengenali pakan di dalam air (Susanto, 2000). Pemberian pakan ikan koi dapat dilakukan dua kali sehari dengan jumlah pakan sekitar 3% dari bobot badan (Kusrini dkk, 2015). Pemijahan ikan koi dapat dilakukan secara semi alami dan buatan. Pemijahan ikan koi dapat

terjadi sepanjang tahun dan tidak tergantung pada musim. Ikan koi di habitat aslinya, sering memijah pada awal musim hujan. Dengan adanya rangsangan dari aroma tanah kering yang tergenang air atau disebut dengan petrichor. Ikan koi menghasilkan telur. telur ikan koi bersifat menempel atau adhesive. yang menempel pada substrat dan juga substrat membantu perangsangan ketika terjadi pemijahan (Heydarnejad, 2012).

4. Ikan Bawal Air Tawar (*Colossoma macropomum*)

Morfologi ikan bawal mempunyai bentuk badan sedikit bulat (oval). Bentuk tubuhnya pipih, tegak, dan sedikit tinggi. Perbandingan tubuh ikan bawal air tawar ini antara panjang dan tingginya yaitu 2:1. Memiliki sisik yang berukuran kecil serta berbentuk ctenoid. Warna tubuh pada bagian punggung berwarna abu-abu gelap, sedangkan pada bagian perutnya berwarna putih. Bagian tepi sirip perut, sirip anus, serta bagian bawah sirip ekor berwarna merah (Mahyuddin, 2011).



Gambar 2.3. Ikan Bawal air tawar

Ikan bawal, yang hidup di air tawar, memiliki kepala kecil dengan mulut yang terletak di ujung kepala, tetapi ukurannya sedikit lebih besar dari rata-rata. Matanya berukuran kecil dan memiliki lingkaran seperti cincin yang membuatnya menonjol. Ikan ini ditandai dengan gigi seri yang tajam dan rahang yang

kuat dan pendek. Karena itu, mereka dapat menggunakan gigi yang cukup tajam ini untuk mengolah makanan besar, seperti daun-daunan. Selain itu, gigi tajam ini berfungsi untuk menghilangkan bambu dan kayu yang telah larut di air. Ikan bawal terdiri dari beberapa sirip, termasuk sirip punggung, dada, perut, anus, dan ekor. Sirip punggungnya tinggi namun kecil dengan jari-jari keras dan tegak, meskipun tidak tajam, sementara jari-jari lainnya secara bertahap menjadi lebih besar. Sirip ekor memiliki jari-jari yang lemah namun berkonfigurasi seperti cagak (Arie, 2000). Ikan bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) tidak memiliki gigi pada rahang atas, dan jumlah duri di jaringan insangnya berkisar antara 84 hingga 107 unit. Jumlah sisik sepanjang garis lateral berada di rentang 78-84.

Habitat alami ikan bawal air tawar adalah sungai. Meskipun ikan bawal air tawar biasanya ditemukan dalam kelompok di sungai dengan arus yang kuat, mereka juga dapat hidup di tempat-tempat dengan arus yang kuat, terutama pada saat tertentu. Ikan bawal tumbuh dengan baik pada ketinggian antara 100 dan 800 meter di atas permukaan laut, dengan suhu air berkisar antara 25 hingga 30⁰ Celsius. Ikan bawal air tawar dapat beradaptasi dengan lingkungan yang terdapat pada ketinggian 0 mdpl, artinya mereka dapat diamati dari ketinggian 0 hingga 800 dpl (Kordi K, 2010).

Meskipun ikan bawal termasuk dalam kategori omnivora, ada beberapa orang yang percaya bahwa ikan bawal lebih cocok untuk karnivora. Ikan ini mengonsumsi plankton dan tumbuhan air. Makanan optimal untuk pertumbuhan ikan adalah yang mengandung semua nutrisi yang diperlukan, termasuk protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral (Azam dkk., 2010). Di antara pakan yang dapat diberikan kepada ikan bawal adalah commfeed dan MG3 pakan. Pakan ikan bawal dapat digunakan dengan penambahan probiotik untuk meningkatkan pertumbuhan dan kualitas hidup ikan (Saselah dan Mandeno, 2017).

5. Bandeng (*Chanos chanos*)

Ikan bandeng merupakan salah satu jenis Komoditas utama di tambak air payau yang tahan terhadap perubahan

salinitas. Ikan ini dikonsumsi masyarakat luas karena memiliki rasa daging yang gurih dan hal ini mempengaruhi permintaan ikan bandeng menjadi meningkat (Salam, 2017). Ikan bandeng dapat dibudidayakan di tambak dengan sistem polikultur dimana pemeliharaan ikan dilakukan dengan menggunakan 2 komoditas atau lebih pada suatu wadah dalam satu siklus pemeliharaan (Indriani *et al.*, 2025). Pemeliharaan ikan bandeng di tambak dapat dilakukan 5-6 bulan dan dapat mencapai pertumbuhan 0,60 kg. ikan bandeng dapat diberi pakan berupa pellet dengan kandungan protein 25-35 % (Buwono, 2000)

6. Kerapu (*Epinephelus sp.*)

Kerapu merupakan komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomi penting bagi Indonesia, dimana produksi kerapu Indonesia mencapai 20% dari total produksi Kerapu dunia yaitu sebanyak 886.600 ton/ tahun (DKP, 2005; Ransih dan Afrizal, 2017). Ikan kerapu memiliki harga sangat tinggi di pasar ekspor, pertumbuhan relatif lambat, memerlukan pakan alami atau buatan berkualitas. Dalam budidaya ikan kerapu, perlu memperhatikan parameter oseanografi berupa suhu, salinitas, pH, kecepatan arus, oksigen terlarut, gelombang (Vaz *et al.*, 2021). Ikan kerapu dapat dipelihara di laut dengan sistem budidaya keramba jaring apung.

7. Kepiting Bakau

Kepiting bakau dibudidayakan di perairan payau dapat dipelihara di tambak, dapat juga ditemukan di daerah mangrove (Wijaya and Yulianda, 2010). Mangrove merupakan habitat utama kepiting bakau (Oktamalia, Apriyanto and Hartono, 2019). Pembesaran kepiting bakau dapat dilakukan di tambak dengan menggunakan galon dan juga crabb ball (Mose *et al.*, 2025). **Kepiting** bakau hidup pada lingkungan perairan yang memiliki kedalaman dangkal dan dasar yang berlumpur. Lokasi yang ideal untuk budidaya kepiting mencakup area dengan dasar berlumpur, suhu antara 25 hingga 35 °C, pH antara 7,0 hingga 9,0, tingkat

oksigen terlarut lebih dari 5 ppm, serta salinitas yang bervariasi antara 10 hingga 30 ppt. Kepiting merupakan komoditi air yang mampu bertahan terhadap variasi salinitas, sehingga dikategorikan sebagai hewan eurihalin. Kepiting melakukan proses moulting untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Dalam kondisi moulting perlu menjaga kualitas perairan sehingga kepiting bisa bertahan hidup.

8. Ikan Kuwe

Ikan kuwe (*Caranx spp.*) adalah jenis ikan yang memiliki nilai ekonominya yang tinggi, serta menjadi komoditas perikanan yang kaya kandungan protein serta populer di kalangan masyarakat. Ikan kuwe mampu bertahan hidup dalam kondisi padat populasi yang tinggi (150 individu/m²), memiliki pertumbuhan yang pesat, responsif terhadap tambahan pakan dari ikan rucah, efisiensi konversi pakan yang baik, dan sangat diminati oleh konsumen (Lumenta, 2013). Ikan ini termasuk dalam kategori ikan karang yang dapat beradaptasi dengan kepadatan tinggi, pertumbuhan cepat, responsif terhadap tambahan pakan dari ikan runcak, serta memiliki efisiensi pakan yang sangat baik dan disukai oleh banyak orang. Ikan kuwe juga tergolong ikan karnivora yang biasanya berburu makanan di malam hari, di mana kelompok ikan karnivora umumnya memiliki saluran pencernaan yang lebih singkat. Waktu pencernaan ikan ini juga lebih cepat jika dibandingkan dengan ikan herbivora (Langi dan Kaim, 2015). Daging ikan kuwe sangat lezat sehingga menjadi favorit di bagian timur Indonesia, dan ikan bubara merupakan komoditas perikanan laut yang sangat menguntungkan. Dengan reputasi rasa yang nikmat, hampir seluruh restoran di kawasan timur menyajikannya sebagai salah satu menu andalan.

Budidaya ikan kuwe di keramba jaring apung memerlukan perhatian pada aspek lokasi yang tepat, baik dari sisi teknis maupun sosial ekonomi (Ghufran dan Kordi,

2017). Kualitas air menjadi salah satu elemen yang sangat krusial bagi suksesnya budidaya ikan kuwe (*Caranx spp.*), budidaya ikan dapat dilakukan di Keramba Jaring Apung (KJA). Meskipun ikan kuwe dapat beradaptasi dengan variasi lingkungan, mereka tetap membutuhkan kondisi air yang ideal untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang baik. Suhu air berpengaruh pada metabolisme serta kecepatan pertumbuhan ikan. Suhu yang ekstrem, baik terlalu tinggi atau rendah, bisa mengurangi daya tahan ikan. Suhu lingkungan memiliki dampak bagi pertumbuhan ikan (Deniro dkk, 2017).

Salinitas memiliki dampak pada proses biologis dalam kehidupan organisme, termasuk pertumbuhan dan jumlah makanan yang dikonsumsi. Standar kualitas salinitas untuk biota laut berada dalam kisaran 33-34. Jika terjadi perubahan pada kondisi salinitas dapat menyebabkan ikan menjadi stress.

Nilai pH di lokasi KJA, termasuk rentang optimal 7,5 hingga 7,9. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51, rentang pH 7-8,5 dianggap cocok untuk kehidupan laut. Kesimpulannya, rentang pH ideal untuk air laut adalah antara 7 dan 9, di mana air laut memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan pH (Ghurfan dan Kordi, 2017). Ikan insang dan penyerapan oksigen mungkin terpengaruh oleh pH yang keluar dari batas normal. Rentang ideal oksigen terlarut (DO) untuk kehidupan laut adalah sekitar 5 mg/l, sementara kandungan oksigen terlarut ideal untuk kuwe berada antara 4 dan 7 mg/l (Ghufran dan Kordi, 2017). Selain itu, menurut Windarto dkk. (2019), 3 mg/l digunakan untuk ikan demersal yang dibudidayakan di KJA. Sementara itu nilai baku mutu untuk yaitu >5 m untuk budidaya laut. Selanjutnya, nilai kecerahan 4-7 m layak untuk budidaya ikan pada KJA di Bolaang Mongondouw Selatan (Adipu, Lumenta and Sinjal, 2013). Kecerahan dapat dipengaruhi oleh partikel tersuspensi dan fitoplankton; jika tingkatnya secara konsisten rendah, hal ini dapat menghambat fotosintesis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhar, S. *et al.* (2021) 'The waters transparency model of Lake Laut Tawar, Aceh, Indonesia', in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, p. 12021.
- Adipu, Y., Lumenta, C. and Sinjal, H.J. (2013) 'Kesesuaian lahan budidaya laut di perairan Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Sulawesi Utara', *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*, 9(1), pp. 19–26.
- Aguilar-Manjarrez, J., Soto, D. and Brummett, R. (2017) *Aquaculture zoning, site selection and area management under the ecosystem approach to aquaculture. A handbook*. FAO;
- Amri Khairul, K. (2003) 'Budidaya Ikan Nila Secara Intensif', *Jakarta PT Agro Media Pustaka* [Preprint].
- Augusta, T.S. (2016) 'Dinamika perubahan kualitas air terhadap pertumbuhan ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang dipelihara di kolam tanah.', *Jurnal Ilmu Hewani Tropika (Journal of Tropical Animal Science)*, 5(1), pp. 41–44.
- Boyd, C.E. *et al.* (2020) 'Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges', *Journal of the world aquaculture society*, 51(3), pp. 578–633.
- Buwono, I.I.D. (2000) *Kebutuhan asam amino esensial dalam ransum ikan*. Kanisius.
- Coward, K. and Bromage, N.R. (2000) 'Reproductive physiology of female tilapia broodstock', *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10(1), pp. 1–25.
- Falconer, L., Telfer, T.C. and Ross, L.G. (2016) 'Investigation of a novel approach for aquaculture site selection', *Journal of environmental management*, 181, pp. 791–804.
- Goher, M.E. *et al.* (2014) 'Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile River, Egypt', *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(3), pp. 225–233.
- Indriani, Y. *et al.* (2025) 'Bioekologi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) dengan Padat Tebar yang Berbeda di Tambak Polikultur Petta Barat Kabupaten Kepulauan Sangihe', *Spizaetus: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 6(1), pp. 49–58.
- Mahyuddin, K. (2011) *Usaha pembenihan ikan bawal di berbagai*

wadah. Penebar Swadaya Grup.

- Maniagasi, R., Tumembouw, S.S. and Mudeng, Y. (2013) 'Analisis kualitas fisika kimia air di areal budidaya ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara', *E-Journal Budidaya Perairan*, 1(2).
- Marwan, H., Damis, D. and Putri, A.R.S. (2023) 'Analisis Kesesuaian Lahan Untuk Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Wilayah Daratan Tinggi Desa Leppangeng', *SEMAH Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 7(2), pp. 141–150.
- Mose, N.I. *et al.* (2025) 'Pendampingan Pembesaran Kepiting Bakau Dengan Menggunakan Crab Ball Untuk Wadah Pembesaran Kepiting Di Kampung Petta Barat Kabupaten Kepulauan Sangihe', *Marine Kreatif*, 9(1), pp. 1–7.
- Oktamalia, O., Apriyanto, E. and Hartono, D. (2019) 'Potensi kepiting bakau (*Scylla Spp*) pada ekosistem mangrove di Kota Bengkulu', *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 7(1), pp. 1–9.
- Salam, N.I. (no date) 'Darmawati.(2017). Pengaruh pemberian pakan berbeda dengan bahan baku limbah pertanian terhadap pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan bandeng (*Chanos chanos*)', *Jurnal Balik Diwa*, 8(1), pp. 36–40.
- Samsundari, S. and Wirawan, G.A. (2013) 'Analisis penerapan biofilter dalam sistem resirkulasi terhadap mutu kualitas air budidaya ikan sidat (*Anguilla bicolor*)', *Jurnal gamma*, 8(2).
- Suprayudi, M.A., Faisal, B. and Setiawati, M. (2013) 'The growth of red tilapia fed on organic-selenium supplemented diet', *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 12(1), pp. 48–53.
- Supriyono, E. *et al.* (2025) 'Kelayakan Kualitas Air dan Tanah Budidaya Segmentasi Pembesaran di Kecamatan Kemang Kabupaten Bogor', *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 9(1), pp. 62–78.
- Urbasa, P.A., Undap, S.L. and Rompas, R.J. (2015) 'Dampak kualitas air pada budi daya ikan dengan jaring tancap di Desa Toulimembet Danau Tondano', *E-Journal Budidaya Perairan*, 3(1).
- Vaz, L. *et al.* (2021) 'A habitat suitability model for aquaculture site selection: Ria de Aveiro and Rias Baixas', *Science of the Total Environment*, 801, p. 149687.

Wijaya, N.I. and Yulianda, F. (2010) 'Biologi populasi kepiting bakau (*Scylla serrata* F.) di habitat mangrove taman nasional kutai kabupaten kutai timur oleh', *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36(3), pp. 443–461.

BAB 3

SISTEM BUDIDAYA PERIKANAN PESISIR DAN LAUT

3.1 Pendahuluan

Sektor budidaya perikanan pesisir dan laut merupakan pilar strategis yang vital bagi ketahanan pangan global, penciptaan lapangan kerja, dan penguatan ekonomi biru. Lebih dari 50% pasokan ikan untuk konsumsi dunia saat ini berasal dari sektor budidaya. Indonesia, dengan garis pantai yang membentang lebih dari 108.000 km, memiliki kapasitas signifikan untuk mengembangkan berbagai komoditas bernilai ekonomis tinggi, termasuk ikan kerapu, kakap putih, rumput laut, dan kerang mutiara (FAO, 2022a; KKP, 2021a).

Pengembangan budidaya di wilayah pesisir dihadapkan pada sejumlah tantangan, seperti keterbatasan ruang, potensi degradasi lingkungan, serta kebutuhan akan investasi modal dan teknologi yang substansial. Dengan demikian, implementasi sistem budidaya yang efisien, berbasis inovasi teknologi, dan dikelola dengan prinsip keberlanjutan menjadi esensial. Tujuannya adalah untuk meningkatkan produktivitas tanpa mengorbankan kesehatan ekosistem perairan (Troell et al., 2019a; FAO, 2025). Bab ini akan menguraikan secara komprehensif klasifikasi sistem budidaya, teknologi terkini, tahapan produksi, aspek lingkungan, serta tantangan dan peluang pengembangan budidaya pesisir dan laut. Pembahasan ini diharapkan dapat menjadi fondasi untuk memperkuat praktik budidaya yang adaptif dan berkelanjutan di masa depan.

3.2 Klasifikasi Sistem Budidaya Perikanan Pesisir dan Laut

Sistem budidaya pesisir dan laut umumnya diklasifikasikan berdasarkan tingkat intensifikasi, kondisi lingkungan perairan, serta

komoditas yang dibudidayakan. Pemahaman klasifikasi ini membantu pelaku usaha, peneliti, dan pengambil kebijakan dalam menentukan sistem yang sesuai dengan kapasitas finansial, target produksi, dan daya dukung ekosistem (FAO, 2022c; KKP, 2021a).

3.2.1 Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Intensifikasi

Sistem budidaya perikanan di wilayah pesisir dan laut dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat intervensi dan input yang diperlukan untuk mencapai target produksi: ekstensif, semi-intensif, dan intensif.

1. Budidaya Sistem Ekstensif

Sistem ekstensif bergantung pada produktivitas alami perairan dengan kepadatan tebar yang rendah, dan penggunaan pakan tambahan umumnya sangat sedikit atau bahkan nihil. Pendekatan ini memprioritaskan biaya operasional minimal, namun memiliki tingkat risiko yang tinggi terkait dengan fluktuasi kondisi lingkungan alami (Troell et al., 2019a).

2. Budidaya Sistem Semi-Intensif

Sistem semi-intensif merepresentasikan titik tengah antara budidaya alami dan industrial. Dalam sistem ini, pembudidaya mengintegrasikan ketersediaan pakan alami dengan pakan buatan tambahan, serta upaya pemantauan rutin terhadap parameter kualitas air untuk menjaga lingkungan budidaya. (KKP, 2021a).

3. Budidaya Intensif

Sistem intensif menuntut asupan pakan buatan berkualitas tinggi, didukung oleh sistem aerasi yang memadai, serta pemantauan parameter kualitas air secara *real-time*. Sistem ini menawarkan potensi produksi yang tinggi dengan biaya operasional dan manajemen limbah yang signifikan untuk mencegah dampak ekologis (Liu et al., 2024).

3.2.2 Klasifikasi Berdasarkan Karakteristik Lingkungan Perairan

Sistem budidaya perikanan di zona pesisir dan laut dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristik fisik dan

hidrodinamika lingkungan. Secara umum, pendekatan budidaya dikelompokkan menjadi dua : laut lepas dan perairan yang terlindungi (FAO, 2022a).

1. Budidaya di Laut Lepas (*Offshore Systems*).

Dilakukan di lokasi yang jauh dari garis pantai, dicirikan oleh sirkulasi air kuat dan kedalaman kolom air substansial. Arus deras memfasilitasi pertukaran air secara alami, sehingga meminimalkan akumulasi limbah organik dan nutrisi. Penempatan *offshore* secara efektif dapat mengurangi potensi konflik dengan aktivitas pesisir yang padat, seperti pariwisata atau jalur transportasi maritim (Soto et al., 2021a).

2. Budidaya di Perairan Terlindung (*Sheltered Systems*)

Sebaliknya, budidaya di perairan terlindung dioperasikan di teluk, laguna, atau perairan semi-tertutup, yang arusnya relatif tenang. Sistem ini lebih mudah diakses dan biaya logistik lebih rendah, cocok untuk pembudidaya skala kecil hingga menengah. Oleh karena itu, perairan terlindung menuntut manajemen lingkungan yang proaktif dan pemantauan rutin terhadap parameter fisik-kimia perairan untuk memastikan keberlanjutan produksi (FAO, 2022a; Liu et al., 2024).

3.2.3 Klasifikasi Berdasarkan Komoditas Budidaya

Keanekaragaman sumber daya pesisir dan laut mendukung budidaya berbagai organisme bernilai ekonomi. Pada kelompok ikan, kerapu (*Epinephelus* spp.) dan kakap putih (*Lates calcarifer*) menjadi komoditas ekspor utama. Sementara itu, rumput laut khususnya *Kappaphycus alvarezii* dan *Eucheuma denticulatum*, menjadi unggulan karena produktivitasnya di perairan dangkal yang kaya nutrisi (FAO, 2022a; Ngisiane et al., 2024a).

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), rajungan (*Portunus pelagicus*), dan lobster (*Panulirus* spp.) mewakili krustasea dengan nilai pasar tinggi namun membutuhkan pengelolaan kesehatan yang ketat (Troell et al., 2019a; Liu et al., 2024). Moluska seperti kerang mutiara (*Pinctada maxima*), tiram

(*Crassostrea* spp.), dan kerang hijau (*Perna viridis*) banyak dikembangkan menggunakan metode rakit atau gantung (Soto et al., 2021a). Selain itu, spesies bernilai tambah seperti teripang (*Holothuria scabra*), abalon (*Haliotis asinina*), dan berbagai makroalga juga semakin menarik minat pasar (KKP, 2021b).

3.3 Teknologi dan Metode Budidaya

Inovasi berkelanjutan dalam teknologi dan metode budidaya di wilayah pesisir dan laut terus dikembangkan guna mengoptimalkan efisiensi produksi, mendukung prinsip keberlanjutan, serta menjaga kualitas lingkungan perairan. Beberapa metode utama yang saat ini banyak diterapkan di Indonesia diuraikan sebagai berikut:

3.3.1 Tambak Pesisir (*Pond Culture*)

Tambak pesisir adalah sistem budidaya di zona pasang surut yang memanfaatkan lahan tergenang, umumnya digunakan untuk udang, bandeng, atau sistem polikultur. Berdasarkan intensitasnya, tambak dibedakan menjadi tiga kategori yaitu tradisional (ekstensif), semi-intensif, dan intensif (FAO, 2022b).

Tambak tradisional bergantung pada pakan alami, seperti plankton yang tumbuh dalam tambak, dengan produktivitas rendah tetapi biaya operasional minimal (Troell et al., 2019a). Sebaliknya, sistem semi-intensif hingga intensif mengombinasikan pakan buatan, aerasi, dan pengelolaan kualitas air yang ketat untuk meningkatkan produksi, meski membutuhkan modal dan tenaga kerja lebih besar (Liu et al., 2024).

Keberlanjutan tambak pesisir menuntut manajemen presisi, meliputi pergantian air, pengendalian limbah organik, kualitas sedimen, serta pemeliharaan kesehatan biota, guna menekan risiko penyakit dan menjaga keberlanjutan ekosistem (KKP, 2021b).

3.3.2 *Silvofishery* (Tambak Terpadu Mangrove)

Silvofishery adalah sistem budidaya terpadu yang mengombinasikan tambak dengan ekosistem mangrove, bertujuan

menjaga fungsi ekologis mangrove sekaligus memanfaatkan lahan untuk produksi perikanan secara keberlanjutan. Pola penerapannya beragam, seperti tambak berkanopi yang menyisakan tegakan mangrove atau model empang parit dengan jalur air mengelilingi vegetasi mangrove (Basyuni et al., 2020).

Sistem ini berperan dalam filtrasi alami, penyediaan habitat biota, serta perlindungan garis pantai dari erosi (Alongi, 2020). Selain mendukung budidaya udang dan ikan, silvofishery juga berkontribusi pada rehabilitasi mangrove dan mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon biru (Murdiyarso et al., 2015).

3.3.3 Keramba Jaring Apung (KJA)

Keramba Jaring Apung (KJA) merupakan teknologi dominan dalam budidaya ikan laut, yang memanfaatkan volume dan sirkulasi alami perairan sehingga tidak memerlukan pompa mekanis atau filtrasi tambahan. Efisiensi energi ini mendukung keberlanjutan operasional (Lu et al., 2019).

Spesies bernilai tinggi seperti kerapu tikus, kerapu cantik, bawal bintang, dan kakap putih banyak dikembangkan dengan sistem KJA. Namun, keberhasilan jangka panjang sangat bergantung pada manajemen kualitas air dan upaya pencegahan resiko penyakit (Adi, W., Pratama, D., & Susanto, L. 2024).

3.3.4 Longline dan Rakit Apung untuk Rumput Laut

Metode longline menggunakan tali panjang yang dibentangkan horizontal di bawah permukaan air, sedangkan rakit apung berfungsi sebagai penyangga untuk menopang di permukaan air. Umumnya, longline mengaplikasikan tali ris sepanjang ± 50 meter yang dibentangkan dengan dua tali untuk tiap varietas rumput laut. Teknik ini dinilai efisien karena menekan biaya produksi sekaligus menghasilkan panen yang optimal (Syukur et al., 2021; Zainuddin & Rusdani, 2018; Nurhalima et al., 2022).

3.3.5 Tali Gantung dan Rakit untuk Moluska

Budidaya moluska, khususnya tiram dan kerang mutiara, lazim menggunakan metode tali gantung (*suspension culture*) dan

rakit. Teknik ini memfasilitasi proses penempelan *spat* dan mempertahankan sirkulasi air yang baik, sehingga secara signifikan mereduksi potensi timbulnya penyakit. Selain itu, Lokasi yang lebih dalam menawarkan kondisi lingkungan yang lebih stabil dan kaya akan unsur hara, yang kondusif untuk pertumbuhan moluska (Soto et al., 2021a; Nurhalima et al., 2022).

3.3.6 Sistem Resirkulasi Laut (*Recirculating Aquaculture System*/RAS)

Recirculating Aquaculture System (RAS) merupakan sebuah teknologi budidaya yang mengolah dan mendaur ulang air untuk digunakan kembali dalam lingkungan budidaya. Pendekatan ini dirancang untuk meminimalkan kebutuhan suplai air baru sekaligus mereduksi volume pembuangan limbah (Adi & Nilwan, 2024).

Sistem ini efektif untuk budidaya intensif bagi organisme seperti ikan, krustasea, dan moluska, karena memungkinkan kontrol ketat terhadap kualitas air, termasuk suhu, salinitas, dan oksigen terlarut. Dengan demikian, RAS mampu menciptakan kondisi pertumbuhan optimal sekaligus mendukung pengelolaan limbah yang efisien (Kassem et al., 2021).

3.3.7 Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)

Sistem *Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA) didesain untuk menciptakan keseimbangan ekologis dengan memanfaatkan kelebihan nutrisi yang dihasilkan oleh satu komponen budidaya sebagai sumber daya bagi komponen trofik lainnya. Sebagai contoh, dalam sistem yang mengintegrasikan rumput laut, ikan, dan moluska, limbah nutrisi dari ikan dimanfaatkan sebagai nutrisi oleh rumput laut atau *filter feeder* lainnya.

Pendekatan ini secara empiris terbukti dapat memitigasi dampak ekologis negatif, seperti sedimentasi, *eutrofikasi*, dan *pengisian balik*, yang berpotensi menurunkan kualitas air perairan (Nurfadillah et al., 2021). Dengan demikian, IMTA

berkontribusi pada pengembangan sistem budidaya yang tidak hanya produktif, tetapi juga ramah lingkungan.

3.4 Rantai Produksi dan Siklus Pemeliharaan

Rantai produksi dalam budidaya perikanan pesisir dan laut mencakup tahapan berurutan mulai dari persiapan wadah hingga penanganan pascapanen. Setiap tahapan berperan penting dalam menjamin kelangsungan hidup organisme, efisiensi produksi, dan keberlanjutan ekosistem (FAO, 2022b; KKP, 2021b).

3.4.1 Persiapan Wadah dan Peralatan

Tahap awal meliputi pembersihan dan sterilisasi sarana budidaya, seperti keramba jaring apung, rakit, atau sistem longline untuk mencegah masuknya patogen serta menjaga kualitas air (Soto et al., 2021a). Selain itu, pemeriksaan kekuatan struktural, kondisi jaring, dan sistem *mooring* untuk memastikan ketahanan terhadap arus dan gelombang (Troell et al., 2019b).

3.4.2 Seleksi dan Penebaran Benih

Keberhasilan produksi budidaya sangat ditentukan oleh kualitas benih. Benih yang digunakan harus sehat, ukurannya seragam, serta berasal dari induk dengan riwayat kesehatan baik (FAO, 2022c). Penebaran dilakukan bertahap melalui *grading* untuk memudahkan adaptasi, mengurangi stres, dan menekan tingkat mortalitas (Ngisiange et al., 2024b).

3.4.3 Manajemen Pakan dan Nutrisi

Manajemen pakan dan nutrisi yang efektif merupakan elemen krusial untuk mencapai pertumbuhan biomassa yang optimal dan kualitas produk yang superior, sekaligus menjadi strategi untuk menekan biaya operasional (Trianzah & Adi, 2023). Pemberian pakan harus mempertimbangkan parameter kritis, meliputi jenis, frekuensi, dan kuantitas pakan, yang harus disesuaikan secara proporsional dengan stadia pertumbuhan biota dan kondisi spesifik lingkungan budidaya (Adi, I. P., Nugraha, & Putra, 2024)

3.4.4 Monitoring Kualitas Air

Kualitas air yang stabil merupakan prasyarat utama keberhasilan budidaya berkelanjutan. Pemantauan rutin terhadap parameter penting seperti oksigen terlarut (DO), suhu, salinitas, amonia, dan nitrit diperlukan untuk menjaga lingkungan yang optimal bagi biota akuatik (Adi & Nilwan, 2024). Pemanfaatan sensor berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan pengawasan real-time, deteksi dini perubahan kualitas air, serta pencegahan kematian massal, sehingga meningkatkan efisiensi produksi (Palconit et al., 2024a).

3.4.5 Panen dan Penanganan Pascapanen

Panen yang terstruktur dan penanganan pascapanen yang efisien esensial untuk meningkatkan nilai ekonomi, meminimalkan kerugian, dan menjamin bahwa produk memenuhi standar kualitas dan keamanan pangan. Prosedur penanganan pascapanen meliputi pencucian, proses pendinginan cepat (*rapid chilling*), dan penyimpanan pada suhu terkontrol untuk mempertahankan kesegaran (*shelf life*) serta nilai jual (Adi & Nilwan, 2024; Checa et al., 2024).

3.5 Aspek Lingkungan dan Keberlanjutan

Pengembangan budidaya pesisir dan laut memerlukan perhatian serius terhadap aspek lingkungan, mengingat aktivitas ini memiliki potensi untuk memengaruhi ekosistem perairan, kualitas air, dan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, penerapan prinsip keberlanjutan menjadi krusial untuk memastikan produksi dapat terus berjalan dalam jangka panjang tanpa merusak fungsi ekosistem (FAO, 2022b; KKP, 2021b).

3.5.1 Dampak Lingkungan

Budidaya perikanan pesisir dan laut berpotensi menimbulkan tekanan ekologis melalui akumulasi limbah organik, baik dari sisa pakan maupun feses, yang berkontribusi pada peningkatan konsentrasi nutrisi dan memicu proses eutrofikasi. Selain itu, sistem budidaya intensif dapat memperbesar risiko penyebaran penyakit pada organisme

akuatik (FAO, 2022b). Studi kasus di Teluk Ekas mengungkap bahwa pengelolaan keramba jaring apung (KJA) tanpa kontrol kepadatan tebar yang memadai menyebabkan akumulasi bahan organik pada sedimen, sehingga menurunkan kadar oksigen di lapisan dasar perairan (Aonullah et al., 2024).

Selain dampak langsung pada kualitas perairan, kegiatan budidaya juga berdampak pada tata guna lahan. Misalnya, konversi hutan mangrove menjadi tambak, dapat mengurangi fungsi ekologis wilayah pesisir, baik sebagai pelindung alami maupun sebagai habitat penting bagi proses pemijahan biota (Troell et al., 2019a).

3.5.2 Upaya Mitigasi

Untuk menekan dampak negatif aktivitas budidaya terhadap ekosistem, berbagai strategi mitigasi dapat diterapkan antara lain:

1. Pengelolaan pakan yang tepat (*feeding management*) untuk meminimalkan akumulasi nutrisi di dasar perairan.
2. Rotasi lokasi budidaya (*fallowing period*) yang memungkinkan sedimen dan lingkungan perairan memulihkan diri secara alami.
3. Rehabilitasi ekosistem, seperti program penanaman kembali *mangrove* di area sekitar tambak (KKP, 2021b).
4. Pengembangan sistem polikultur atau Budidaya Multitrofik Terintegrasi (*Integrated Multi-Trophic Aquaculture* - IMTA). Sistem ini memanfaatkan organisme penyaring, seperti rumput laut atau bivalvia, untuk menyerap kelebihan nutrisi, yang terbukti secara ilmiah mampu meningkatkan efisiensi ekosistem dan menjaga kualitas air (Sulystyaningsih et al., 2022).

3.5.3 Penerapan Prinsip Ekonomi Biru dan Sertifikasi

Pengembangan budidaya pesisir yang berkelanjutan harus menerapkan prinsip Ekonomi Biru, yaitu optimalisasi manfaat ekonomi dengan menekankan efisiensi pemanfaatan sumber daya, pengurangan emisi karbon, dan adopsi teknologi ramah lingkungan (FAO, 2022b). Skema pembiayaan hijau (*green financing*) dan

obligasi biru (*blue bonds*), mendorong praktik budidaya berkelanjutan di Indonesia (Lestari & Purwanto, 2024). Selain itu, sertifikasi internasional seperti *Aquaculture Stewardship Council (ASC)*, *Best Aquaculture Practices (BAP)*, dan *eco-labeling* meningkatkan daya saing global sekaligus memastikan standar keberlanjutan (FAO, 2022b; KKP, 2021b).

3.6 Regulasi dan Standar Teknis

Implementasi regulasi dan standar teknis memegang peran krusial dalam memastikan keberlanjutan operasional, keamanan pangan, dan menjaga kualitas produk Akuakultur perikanan pesisir dan laut. Kerangka aturan ini tidak hanya melindungi ekosistem perairan, tetapi juga meningkatkan daya saing produk Akuakultur di pasar domestik maupun internasional (FAO, 2022a; KKP, 2021a).

3.6.1 Kebijakan Nasional

Di Indonesia, pengelolaan budidaya perikanan pesisir dan laut berada di bawah kewenangan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), yang diwujudkan melalui peraturan menteri, pedoman teknis, serta Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K). Kebijakan ini mengatur aspek penting, mulai dari penentuan lokasi budidaya, batas kepadatan tebar, pengelolaan limbah, hingga pengendalian penyakit ikan (KKP, 2021a).

Selain itu, Undang-Undang Nomor 45 Tahun 2009 tentang Perikanan dan Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan mewajibkan setiap unit usaha budidaya berskala besar untuk menyusun Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) sebagai syarat perizinan (Peraturan Pemerintah, 2012).

3.6.2 Standar Internasional

Secara global, praktik budidaya merujuk pada FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (FAO, 2022a), yang menekankan prinsip ekosistem, jaminan keamanan pangan, dan konservasi keanekaragaman hayati. Sertifikasi internasional seperti *Aquaculture*

Stewardship Council (ASC) dan *Best Aquaculture Practices* (BAP) menjadi tolok ukur penting bagi pelaku usaha yang menargetkan pasar ekspor, khususnya Eropa dan Amerika Serikat (Soto et al., 2021b).

Implementasi standar ini mencakup manajemen pakan yang efisien, pemeliharaan kesehatan ikan, penggunaan obat-obatan sesuai regulasi, serta praktik panen yang higienis, untuk meminimalkan dampak negatif terhadap ekosistem dan konsumen (Liu et al., 2024).

3.6.3 Prosedur Perizinan dan AMDAL

Proses perizinan budidaya melibatkan sejumlah tahapan verifikasi, mulai dari peninjauan lokasi, pelaksanaan studi kelayakan lingkungan, hingga penyusunan dokumen AMDAL atau Upaya Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan (UKL-UPL) bagi usaha skala kecil dan menengah. Sistem perizinan berbasis OSS (Online Single Submission) mempermudah pelaku usaha memperoleh legalitas, tetapi tetap menuntut pemenuhan persyaratan teknis sesuai kapasitas daya dukung lingkungan (KKP, 2023).

Penyusunan dokumen AMDAL yang komprehensif menjadi langkah strategis untuk memitigasi risiko lingkungan, termasuk eutrofikasi, pencemaran akibat limbah organik, dan potensi konflik dalam pemanfaatan ruang laut (FAO, 2022c).

3.7 Tantangan dan Peluang Pengembangan Budidaya Pesisir dan Laut

Budidaya perikanan pesisir dan laut di Indonesia memiliki prospek besar dalam mendukung ketahanan pangan, meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir, serta memperkuat kontribusi terhadap perekonomian biru (FAO, 2022c; KKP, 2021a). Meskipun demikian, pengembangannya masih menghadapi berbagai hambatan yang memerlukan strategi mitigasi berbasis ilmu pengetahuan dan kebijakan terpadu.

3.7.1 Tantangan

Beberapa tantangan utama dalam pengembangan budidaya pesisir dan laut dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. **Degradasi lingkungan**, meliputi pembuangan limbah organik, konversi habitat alami, dan pencemaran perairan yang menurunkan daya dukung ekosistem (Troell et al., 2019a).
2. **Variasi kualitas benih dan pakan**, yang berdampak pada konsistensi pertumbuhan serta produktivitas hasil budidaya (FAO, 2022c).
3. **Kerentanan terhadap penyakit**, misalnya vibriosis dan infeksi protozoa, yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi signifikan terutama pada sistem intensif (Ngisiane et al., 2024b)
4. **Konflik pemanfaatan ruang**, antara lain dengan transportasi laut, pariwisata, dan kawasan konservasi, sehingga memerlukan tata kelola ruang laut yang inklusif dan berbasis zonasi (KKP, 2021a).
5. **Keterbatasan teknologi dan akses pembiayaan**, khususnya pada pembudidaya skala kecil, yang membatasi penerapan sistem resirkulasi air laut (*recirculating aquaculture system* / RAS) maupun pemanfaatan Internet of Things (IoT) (Adi & Nilwan, 2024).

3.7.2 Peluang

Di sisi lain, terdapat sejumlah peluang yang dapat dimaksimalkan untuk memperkuat pengembangan sektor ini secara berkelanjutan:

1. **Pemanfaatan teknologi digital**, seperti sensor IoT, pemantauan berbasis satelit, dan kecerdasan buatan (AI), guna meningkatkan efisiensi produksi, mengoptimalkan manajemen pakan, serta menekan tingkat mortalitas (Palconit et al., 2024b).
2. **Diversifikasi komoditas bernilai tinggi**, termasuk kerapu hibrida, abalon, tiram mutiara, dan teripang, yang memiliki permintaan ekspor yang terus meningkat (Sulystyaningsih et al., 2022).

3. **Integrasi dengan konsep ekonomi biru**, melalui penerapan praktik ramah lingkungan yang membuka peluang akses terhadap pembiayaan hijau (*green financing*) dan instrumen keuangan seperti obligasi biru (*blue bonds*) (Lestari & Purwanto, 2024).
4. **Pemberdayaan masyarakat pesisir**, melalui peningkatan kapasitas teknis, pelatihan manajemen budidaya, dan perluasan akses modal usaha, sehingga memperkuat ekonomi lokal sekaligus menciptakan lapangan kerja (KKP, 2021a).

Optimalisasi peluang tersebut, disertai dengan mitigasi tantangan secara sistematis, diharapkan mampu mendorong terwujudnya budidaya perikanan pesisir dan laut yang produktif, inklusif, dan berkelanjutan sesuai dengan arah pembangunan kelautan dan perikanan Indonesia.

3.8 Implikasi bagi Pengelolaan

Pengelolaan budidaya perikanan pesisir dan laut menuntut pendekatan terpadu yang mengintegrasikan aspek teknis, ekologis, sosial, dan ekonomi. Keberlanjutan serta efisiensi produksi jangka panjang bergantung pada implementasi sistem budidaya optimal, pemantauan kualitas air berbasis teknologi, dan penerapan prinsip keberlanjutan (FAO, 2022a; KKP, 2021b).

Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan sektor swasta menjadi kunci untuk mengoptimalkan penataan ruang laut, mencegah konflik pemanfaatan lahan, serta mendorong adopsi inovasi teknologi. Inovasi ini mencakup penggunaan *Internet of Things* (IoT), pengembangan budidaya lepas pantai (*offshore aquaculture*), dan pemanfaatan energi terbarukan (Palconit et al., 2024a). Dengan pendekatan ini, budidaya pesisir dan laut diharapkan dapat berkontribusi dalam peningkatan ketahanan pangan, kesejahteraan masyarakat pesisir, dan mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs).

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, I.P. & Nilwan, H., 2024. Sustainable aquaculture practices in Indonesian coastal areas: Strategies for reducing environmental impact. *Journal of Coastal Aquaculture*, 12(1), pp.45–57.
<https://doi.org/10.1016/j.jca.2024.01.005>
- Adi, I.P., Nugraha, S. & Putra, F., 2024. Feeding management strategies to improve growth and feed efficiency in marine fish culture. *Aquaculture Research*, 55(3), pp.678–690.
<https://doi.org/10.1002/aqr.7890>
- Adi, W. & Nilwan, A., 2024. Pengelolaan kualitas air pada keramba jaring apung untuk mendukung produksi berkelanjutan. *Jurnal Akuakultur Tropis*, 9(1), pp.45–58.
- Adi, W., Pratama, D. & Susanto, L., 2024. Strategi pencegahan penyakit pada budidaya ikan laut di KJA. *Indonesian Aquaculture Journal*, 19(2), pp.77–90.
- Alongi, D.M., 2020. Coastal mangrove forests and aquaculture: Environmental sustainability and food security. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), pp.1234–1249.
<https://doi.org/10.1111/raq.12345>
- Aonullah, M., Hidayat, R. & Fadhillah, A., 2024. Dampak akumulasi bahan organik dari keramba jaring apung terhadap kualitas sedimen di Teluk Ekas. *Jurnal Ilmu Kelautan Tropis*, 16(1), pp.55–66.
<https://doi.org/10.1234/jikt.2024.1601>
- Basyuni, M., Wati, R., Sulistiyono, N. & Wibowo, E., 2020. Silvofishery system for sustainable mangrove management in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 429, 012031.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/429/1/012031>
- Checa, M., Fernández, C. & López, P., 2024. Post-harvest handling of aquaculture products to maintain quality and safety. *Reviews in Aquaculture*, 16(2), pp.211–225.
<https://doi.org/10.1111/raq.13020>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2022a. *Code of conduct for responsible fisheries*. FAO.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2022b. *Sustainable aquaculture guidelines: Managing environmental impacts and enhancing resilience*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2022c. *The state of world fisheries and aquaculture 2022: Towards blue transformation*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- FAO, 2025. *Sustainable Aquaculture Guidelines: Managing Environmental Impacts and Enhancing Resilience*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kassem, H., Liu, Y. & Chen, J., 2021. Marine recirculating aquaculture systems: Design and management for sustainability. *Reviews in Aquaculture*, 13(2), pp.845–861.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), 2021a. *Laporan tahunan: Potensi dan pengembangan budidaya laut Indonesia*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, KKP.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), 2021b. *Pedoman umum budidaya laut berkelanjutan*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, KKP RI.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), 2021c. *Statistik perikanan budidaya 2021*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, KKP.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), 2023. *OSS perizinan usaha akuakultur*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya.
- Lestari, N.D. & Purwanto, B., 2024. Skema pembiayaan berbasis ekonomi biru untuk mendorong praktik budidaya berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Maritim*, 12(2), pp.88–101. <https://doi.org/10.21009/jem.122.04>
- Liu, J., Chen, X. & Wang, Z., 2024. Environmental management in aquaculture: Best practices and challenges. *Aquaculture Reports*, 26, 101567.
- Liu, Y., Chen, J. & Wang, P., 2024. Nutrient accumulation and mitigation strategies in coastal aquaculture systems. *Aquaculture Reports*, 31, 101602.

- Lu, Z., Wang, P. & Zhang, Y., 2019. Environmental performance of cage aquaculture in open waters. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, pp.123–136.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J.B., Warren, M., Sasmito, S.D., Donato, D.C. et al., 2015. The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5, pp.1089–1092. <https://doi.org/10.1038/nclimate2734>
- Ngisiange, L., Abdi, R. & Hamzah, R., 2024. Market potential and production trends of tropical seaweeds in Indonesia. *Marine Policy*, 150, 105671.
- Ngisiange, M., Rahman, A. & Putri, N., 2024. Seed quality and acclimatization techniques in marine aquaculture: Reducing early-stage mortality. *Marine Biology Research*, 20(1), pp.33–44. <https://doi.org/10.1080/17451000.2024.1234567>
- Nurhalima, N., Fadilah, R. & Yusuf, A., 2022. Efisiensi produksi rumput laut dengan metode longline di perairan Sulawesi. *Jurnal Budidaya Laut*, 14(2), pp.55–64.
- Nurfadillah, N., Rahman, A. & Sari, I., 2021. Penerapan sistem IMTA di Indonesia: Peluang dan tantangan. *Jurnal Ekosistem Laut*, 7(1), pp.29–40.
- Palconit, C.A., Reyes, J.D. & Lee, C.W., 2024a. IoT-based water quality monitoring system for sustainable mariculture. *Aquacultural Engineering*, 105, 102532. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2023.102532>
- Palconit, M.G.B., Medina, R.P. & Soriano, M.A.J., 2024b. Real-time monitoring of aquaculture water quality parameters using IoT-based systems. *Aquacultural Engineering*, 103, 102345. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2024.102345>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 2012. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan*.
- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J. & Hishamunda, N., 2021a. Building an ecosystem approach to aquaculture (FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 14). FAO.

- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J. & Hishamunda, N., 2021b. Ecosystem approach to aquaculture: Key considerations for implementation (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 593). FAO.
- Sulystyaningsih, T., Yuliani, N. & Prakoso, D., 2022. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) sebagai strategi mitigasi limbah nutrisi di kawasan pesisir. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 21(3), pp.145–157. <https://doi.org/10.25077/jai.21.3.145-157.2022>
- Syukur, A., Rauf, F. & Suryani, M., 2021. Pengembangan metode longline dan rakit untuk budidaya rumput laut. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan*, 2, pp.110–118.
- Trianzah, D. & Adi, I.P., 2023. Nutritional strategies in marine aquaculture: Enhancing growth while reducing feed cost. *Indonesian Journal of Aquaculture*, 21(4), pp.289–301.
- Troell, M., Henriksson, P.J.G., Buschmann, A.H., Chopin, T. & Neori, A., 2019a. Aquaculture and environmental sustainability: A global review. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), pp.1234–1268. <https://doi.org/10.1111/raq.12269>
- Troell, M., Naylor, R.L., Metian, M., Beveridge, M. & Bush, S., 2019b. Realizing sustainable aquaculture development. *Nature Sustainability*, 2(3), pp.221–223. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0234-3>
- Zainuddin, Z. & Rusdani, D., 2018. Produktivitas budidaya rumput laut dengan sistem tali ris. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 6(1), pp.23–30.

BAB 4

MANAJEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KEAMANAN PRODUK

4.1 Pendahuluan

Perikanan budidaya (*aquaculture*) saat ini menempati peranan penting dalam ketahanan pangan, ekonomi lokal, dan perdagangan internasional. Produksi akuatik global terus meningkat: pada 2022 sektor perikanan dan budidaya mencatat total produksi rekod sekitar 223,2 juta ton, dan kontribusi budidaya mencapai sekitar 130,9 juta ton atau $\approx 51\%$ dari total produksi hewani akuatik, menjadi sebuah tanda bahwa budidaya kini menjadi sumber utama pasokan ikan dunia. Pertumbuhan ini membuka peluang besar bagi ketahanan pangan, namun juga mempertegas kebutuhan untuk manajemen kesehatan lingkungan yang baik agar produksi berkelanjutan dan aman untuk dikonsumsi (Balmer, 2024; FAO, 2020).

Kesehatan lingkungan di unit budidaya perairan mencakup kondisi fisik, kimia, dan biologi air serta interaksi antara organisme budidaya, pakan, limbah, dan patogen. Kualitas lingkungan yang buruk (misalnya oksigen terlarut rendah, akumulasi amonia/nitrit, fluktuasi pH, blooming alga beracun) berhubungan langsung dengan penurunan pertumbuhan, konversi pakan yang buruk, meningkatnya mortalitas, dan kerentanan terhadap penyakit. Sebagai contoh, penurunan oksigen terlarut ke bawah ambang kritis dapat menurunkan kelangsungan hidup dan performa produksi; intervensi aerasi pada titik kritis telah terbukti meningkatkan survival dan efisiensi pakan dalam beberapa studi lapangan. Oleh karena itu, pengelolaan parameter kualitas air merupakan pondasi teknis bagi setiap sistem budidaya (Boyd, 2017; Tumwesigye, 2022)

Selain masalah fisiologis pada organisme budidaya, aspek kesehatan lingkungan juga berkaitan erat dengan keselamatan

produk (*food safety*). Penggunaan obat-obatan, antibiotik, bahan kimia, dan suplemen tanpa pengawasan dapat meninggalkan residu pada produk akhir, memicu risiko kesehatan konsumen dan mempercepat munculnya resistensi antimikroba (AMR). Organisasi internasional menekankan bahwa praktik budidaya yang baik (*Good Aquaculture Practices/CBIB/IndoGAP*) dan pengendalian penggunaan antimikroba adalah komponen kunci untuk menekan risiko ini. Di tingkat global FAO-WHO-Codex aktif mendorong kebijakan dan pedoman untuk mengurangi penggunaan antibiotik yang tidak perlu dalam produksi hewani, termasuk budidaya (FAO, 2021).

Tantangan modern dalam budidaya perairan bersifat multidimensi. Secara lingkungan, intensifikasi budidaya meningkatkan tekanan nutrien dan organik ke lingkungan sekitar yang apabila tidak dikelola dapat menyebabkan eutrofikasi, penurunan kualitas air, dan gangguan ekosistem lokal. Secara epidemiologis, meningkatnya densitas budidaya mendorong penularan penyakit, baik yang bersifat bakterial, viral, maupun parasiter yang memerlukan pendekatan biosekuriti, monitoring aktif, dan strategi pengendalian terpadu. Di sisi ekonomi dan regulasi, pasar domestik dan ekspor semakin menuntut sertifikasi mutu, traceability, dan kepatuhan terhadap standar internasional (mis. HACCP, ISO 22000, dan skema sertifikasi nasional seperti IndoGAP/CBIB). Kegagalan memenuhi standar ini dapat berakibat ditolaknya produk di pasar ekspor dan hilangnya kepercayaan konsumen (Garlock *et al.*, 2024).

Data dan literatur menunjukkan hubungan sebab-akibat yang jelas antara pengelolaan lingkungan yang baik dan produktivitas budidaya. Penelitian lapangan pada berbagai sistem budidaya menegaskan bahwa pemantauan teratur parameter fisik-kimia-biologis dan tindakan korektif (aerasi, pergantian air, biofilter, manajemen pakan) meningkatkan produktivitas dan menurunkan kejadian penyakit. Di sisi lain, studi ekologi dan analisis kebijakan menyoroti bahwa tanpa peraturan, dukungan teknis, dan insentif untuk praktik berkelanjutan, pertumbuhan pesat sektor budidaya dapat berujung pada dampak lingkungan yang serius dan risiko pangan. Oleh sebab itu, integrasi manajemen kesehatan lingkungan

dengan sistem jaminan mutu (dari pembenihan hingga pemasaran) menjadi imperatif dalam industri budidaya modern (Tumwesigye *et al.*, 2022; Obirikorang *et al.*, 2024).

Dalam konteks Indonesia, negara dengan posisi penting dalam produksi perikanan budidaya dunia, penerapan standar Cara Budidaya Ikan yang Baik (CBIB/IndoGAP) dan standar nasional seperti SNI menjadi landasan regulatif dan teknis untuk menjaga mutu dan keamanan produk budidaya. CBIB memuat prinsip-prinsip *hygiene*, sanitasi, kontrol obat/pakan, dokumentasi produksi, serta persyaratan biosekuriti yang harus diikuti oleh unit pembudidayaan agar produk memenuhi kriteria keamanan pangan domestik maupun ekspor. Implementasi CBIB juga berperan menekan praktik penggunaan antibiotik yang tidak tepat dan memperbaiki traceability rantai pasok perikanan budidaya.

Berdasarkan uraian di atas, bab ini akan menguraikan prinsip-prinsip manajemen kesehatan lingkungan pada budidaya, prosedur monitoring dan pengelolaan kualitas air, strategi pengendalian penyakit (pencegahan, diagnostik, dan respons), serta standar keamanan produk yang relevan bagi praktik budidaya kontemporer. Tujuannya adalah memberikan panduan ilmiah dan praktis yang terintegrasi, sehingga unit budidaya dapat meningkatkan produktivitas sembari memenuhi persyaratan keselamatan pangan dan menjaga kelestarian lingkungan. Rangkaian topik ini penting tidak hanya untuk praktisi lapang dan penyuluh, tetapi juga bagi pembuat kebijakan, industri pakan, dan akademisi yang mendukung transformasi sektor budidaya menjadi lebih efisien, aman, dan berkelanjutan.

4.2 Prinsip-prinsip Manajemen Kesehatan Lingkungan Budidaya Perairan

4.2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Kesehatan Lingkungan Budidaya

Kesehatan lingkungan dalam konteks budidaya perairan merujuk pada kondisi fisik, kimia, dan biologi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan kesehatan organisme budidaya. Manajemen kesehatan lingkungan bertujuan untuk menjaga kualitas

air, mencegah pencemaran, dan memastikan keberlanjutan produksi (Zaman *et al.*, 2024).

Ruang lingkup kesehatan lingkungan budidaya perairan mencakup berbagai aspek yang saling terkait, antara lain:

1. **Kualitas Air:** Kualitas air yang baik sangat penting untuk pertumbuhan dan kesehatan organisme budidaya. Faktor-faktor seperti suhu, pH, oksigen terlarut, salinitas, dan konsentrasi amonia harus dipantau dan dikelola secara rutin.
2. **Pengelolaan Limbah:** Limbah yang dihasilkan dari kegiatan budidaya, seperti sisa pakan dan kotoran organisme, dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan sistem pengelolaan limbah yang efisien dan ramah lingkungan.
3. **Pengendalian Penyakit:** Penyakit dapat menyebar dengan cepat dalam sistem budidaya yang padat. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan langkah-langkah biosekuriti, seperti sanitasi fasilitas, kontrol terhadap pergerakan organisme, dan pemantauan kesehatan secara rutin.
4. **Keberlanjutan Produksi:** Manajemen kesehatan lingkungan yang baik mendukung keberlanjutan produksi dengan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dan memastikan kualitas produk yang dihasilkan.

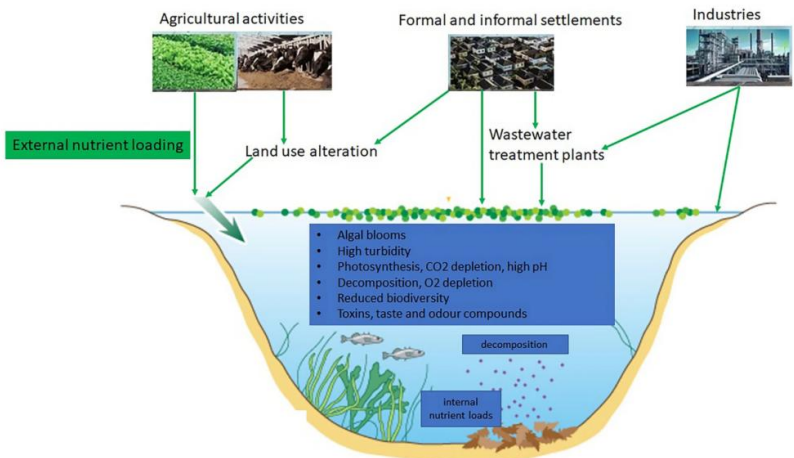
Dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut, manajemen kesehatan lingkungan dalam budidaya perairan dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha budidaya.

4.2.2 Hubungan Ekosistem Perairan dengan Keberlanjutan Produksi Budidaya

Ekosistem perairan yang sehat merupakan fondasi utama bagi keberlanjutan produksi budidaya perairan. Keseimbangan ekologis dalam ekosistem ini mendukung proses-proses penting seperti daur biogeokimia, interaksi antar spesies, dan kestabilan lingkungan yang esensial bagi pertumbuhan dan kesehatan organisme budidaya.

1. Dampak Eutrofikasi terhadap Ekosistem Perairan

Eutrofikasi, yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi nutrisi seperti nitrogen dan fosfor, dapat mengakibatkan pertumbuhan alga yang berlebihan. Fenomena ini mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air, menghambat fotosintesis, dan menurunkan kadar oksigen terlarut, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kematian massal organisme perairan. Selain itu, eutrofikasi dapat menyebabkan penurunan biodiversitas dan pembentukan zona mati (*dead zones*) yang tidak dapat mendukung kehidupan akuatik (Chislock *et al.*, 2013).



Gambar 4.1. Faktor pendorong utama dan gejala eutrofikasi di perairan

(Sumber : Lukhele & Msagati, 2024)

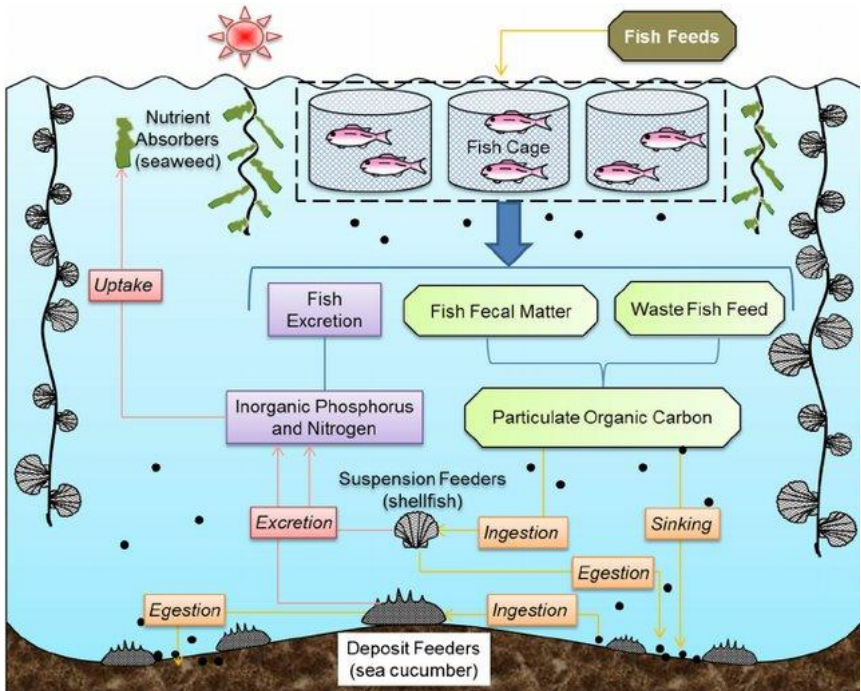
2. Integrasi Sistem Budidaya Multi-Tropik Terintegrasi (IMTA)

Budidaya ikan dan udang di Indonesia sering menghadapi tantangan berupa kerusakan lingkungan akibat eksploitasi berlebihan dalam pemanfaatan lahan untuk tambak udang. Hal ini menyebabkan degradasi lingkungan secara kimiawi, fisik, dan biologi yang secara berantai dapat menurunkan produksi tambak. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan inovasi teknologi yang produktif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Salah satu pendekatan untuk menjaga kesehatan ekosistem

perairan adalah melalui sistem Budidaya Multi-Tropik Terintegrasi atau *Integrated Multi-trophic Aquaculture* (IMTA). Dalam sistem ini, limbah dari satu spesies budidaya dimanfaatkan sebagai input bagi spesies lain, seperti rumput laut dan moluska. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan mengurangi akumulasi limbah dan meningkatkan kualitas air (Biswas *et al.*, 2020).

Sistem IMTA merupakan pendekatan budidaya yang menggabungkan beberapa komoditas dengan tingkat trofik berbeda (Gambar 4.2). Setiap komoditas memiliki fungsi yang berbeda dan berkesinambungan, sehingga ekosistem dapat terjaga dengan baik. Contohnya, mikroalga atau rumput laut berperan sebagai produsen utama, ikan dan udang sebagai konsumen tingkat pertama, kerang sebagai organisme ekstraktif atau penyerap bahan organik, dan udang sebagai komoditas utama. Konsep IMTA menggabungkan komoditas dengan tingkatan trofik yang berbeda, sehingga dapat membantu menjaga keseimbangan ekosistem karena setiap spesies memiliki fungsi yang berbeda seperti karnivora, herbivora, dan biofilter. Prinsip dari sistem IMTA adalah mendaur ulang limbah dari proses budidaya yang dihasilkan oleh spesies utama, yaitu udang dan ikan, sebagai sumber energi dan nutrisi bagi komoditas lainnya, sehingga menghasilkan produk yang dapat dipanen dan mengurangi dampak kerusakan lingkungan (Putra & Mulyono, 2023).

Limbah sisa pakan udang dan ikan dimanfaatkan oleh kerang untuk pertumbuhan sekaligus berperan sebagai biofilter yang dapat meningkatkan kualitas air budidaya. Rumput laut berperan sebagai produsen yang menyerap nutrisi dari perairan, pupuk, dan sisa metabolisme biota dalam tambak, sehingga kualitas air tambak terjaga sekaligus mendukung pertumbuhan rumput laut. Ikan juga berperan dalam memperbaiki kualitas air budidaya. Ikan yang bergerak dalam air dapat membawa arus yang mengandung oksigen terlarut, sehingga kebutuhan oksigen udang dapat tercukupi dengan baik.



Gambar 4.2. Faktor pendorong utama dan gejala eutrofikasi di perairan
(Sumber : Lukhele & Msagati, 2024)

Sistem terintegrasi ini dapat meningkatkan produktivitas udang sekaligus menghasilkan kualitas air yang optimal. Sehingga, konsep IMTA merupakan teknologi bersih (*green technology*) yang dapat meminimalisir limbah.

Secara ringkas, keunggulan sistem IMTA adalah sebagai berikut:

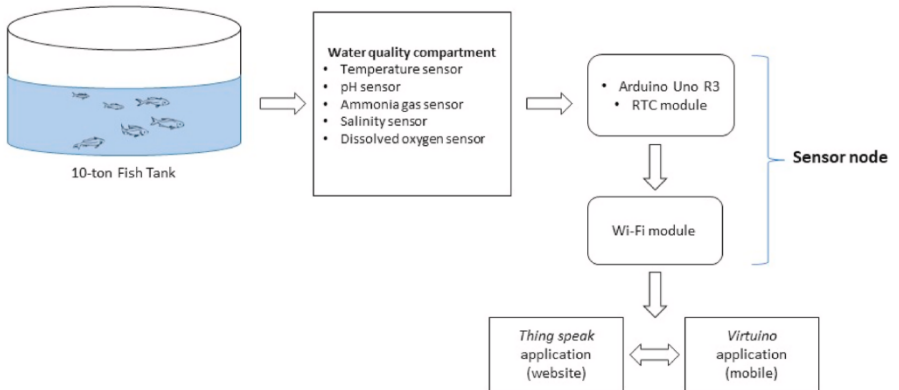
- Meningkatkan produktivitas
- Menjaga kualitas lingkungan
- Meminimalisir limbah
- Menghasilkan keanekaragaman produk
- Meningkatkan pendapatan petambak
- Produksi perikanan yang berkelanjutan

3. Teknologi Pemantauan Kualitas Air Berbasis IoT

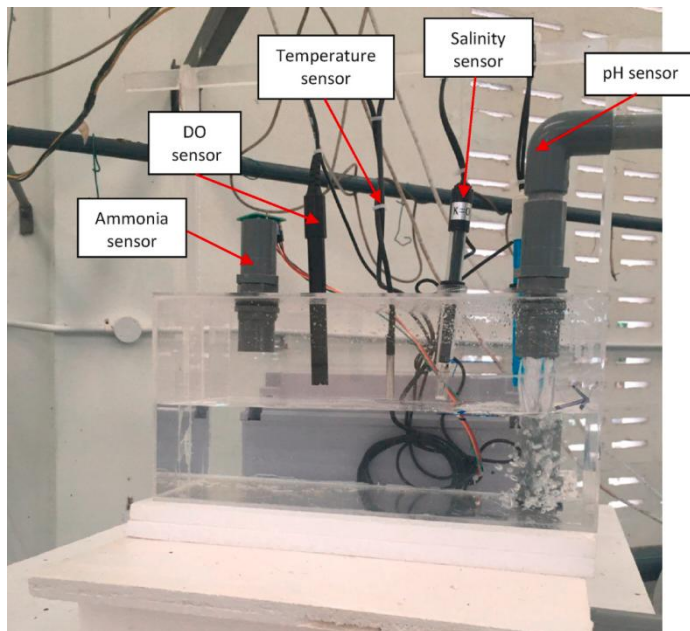
Pemantauan kualitas air secara real-time sangat penting untuk menjaga kesehatan ekosistem perairan. Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem budidaya perairan memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara kontinu, seperti suhu, pH, dan oksigen terlarut. Data ini dapat digunakan untuk mengambil keputusan yang tepat dalam pengelolaan budidaya dan menjaga kestabilan ekosistem (Teixeira *et al.*, 2021).

Penggunaan *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan akurasi pemantauan kualitas air dalam budidaya ikan sudah banyak diteliti, salah satunya oleh Jais *et al* (2024) yang memproduksi alat *water quality management system* (WQMS) berbasis IoT pada budidaya ikan *Asian seabass*. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor berbiaya rendah yang dipasang pada tangki budidaya untuk memantau parameter penting seperti suhu, pH, oksigen terlarut, dan tingkat amonia (Gambar 4.3 dan 4.4). Data yang dikumpulkan oleh sensor dikirim secara real-time melalui jaringan IoT ke platform monitoring, memungkinkan deteksi dini perubahan kondisi air yang dapat memengaruhi kesehatan ikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan IoT meningkatkan akurasi pemantauan dibandingkan metode konvensional, sekaligus memungkinkan intervensi cepat jika kualitas air menurun. Dengan sistem ini, petani ikan dapat mengoptimalkan pertumbuhan ikan, mengurangi risiko penyakit, dan meningkatkan produktivitas budidaya secara berkelanjutan. Penelitian ini menegaskan bahwa solusi IoT berbasis sensor murah memiliki potensi besar untuk diterapkan secara luas di industri akuakultur modern.



Gambar 4.3. Diagram alir implementasi sistem pemantauan parameter kualitas air berbasis IoT
(Sumber : Jais *et al.*, 2024)



Gambar 4.4. Bentuk alat-alat WQMS berbasis IoT
(Sumber : Jais *et al.*, 2024)

Secara keseluruhan, kesehatan ekosistem perairan memiliki dampak langsung terhadap keberlanjutan produksi budidaya. Dengan memahami dan mengelola faktor-faktor yang

mempengaruhi ekosistem, seperti kualitas air dan interaksi antar spesies, serta menerapkan teknologi yang mendukung pemantauan dan pengelolaan yang efisien, produksi budidaya perairan dapat berlangsung secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

4.2.3 Prinsip Keseimbangan Input-Output dalam Budidaya Perairan

Prinsip keseimbangan input-output dalam budidaya perairan menekankan pentingnya keselarasan antara sumber daya yang dimasukkan ke dalam sistem (input) dan hasil yang dihasilkan serta limbah yang dikeluarkan (output). Penerapan prinsip ini bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan efisiensi produksi.

1. Input dalam Sistem Budidaya Perairan

Input dalam budidaya perairan mencakup berbagai sumber daya yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan organisme budidaya, antara lain:

- a. Air: Kualitas dan kuantitas air yang digunakan sangat mempengaruhi kesehatan organisme budidaya.
- b. Pakan: Komposisi dan jumlah pakan harus disesuaikan dengan kebutuhan spesies yang dibudidayakan untuk menghindari pemborosan dan pencemaran.
- c. Benih: Kualitas dan jumlah benih menentukan potensi hasil produksi.
- d. Energi: Digunakan untuk aerasi, pemompaan, dan sistem pendukung lainnya.
- e. Bahan Konstruksi: Termasuk wadah budidaya, sistem filtrasi, dan infrastruktur lainnya.

2. Output dalam Sistem Budidaya Perairan

Output dari sistem budidaya perairan meliputi:

- a. Biomassa: Organisme budidaya yang dipanen, seperti ikan, udang, atau moluska.
- b. Limbah: Termasuk sisa pakan, kotoran organisme, dan bahan kimia yang digunakan dalam pengelolaan.
- c. Emisi Gas: Seperti karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dari respirasi organisme dan proses lainnya.

- d. Produk Sampingan: Seperti pupuk organik yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian.
- 3. Implikasi Ketidakseimbangan Input-Output
 - Ketidakseimbangan antara input dan output dapat menimbulkan berbagai masalah, antara lain:
 - a. Pencemaran Lingkungan: Akumulasi limbah organik dan anorganik dapat mencemari badan air dan merusak ekosistem perairan.
 - b. Efisiensi Produksi Menurun: Penggunaan sumber daya yang tidak efisien dapat meningkatkan biaya produksi dan menurunkan hasil.
 - c. Penurunan Kualitas Produk: Kualitas organisme budidaya dapat menurun akibat stres lingkungan dan penyakit.
- 4. Strategi Mencapai Keseimbangan Input-Output
 - Beberapa strategi yang dapat diterapkan untuk mencapai keseimbangan input-output dalam budidaya perairan antara lain:
 - a. Pemilihan Sistem Budidaya yang Tepat: Seperti sistem intensif, semi-intensif, atau ekstensif, yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan tujuan produksi.
 - b. Penggunaan Teknologi Efisien: Seperti sistem resirkulasi akuakultur (RAS) yang memungkinkan penggunaan ulang air dan pakan secara efisien.
 - c. Pengelolaan Limbah yang Baik: Termasuk penggunaan biofiltrasi dan sistem pengolahan limbah untuk mengurangi dampak lingkungan.
 - d. Pemantauan dan Evaluasi Rutin: Melakukan pemantauan kualitas air, kesehatan organisme, dan efisiensi penggunaan sumber daya secara berkala.

4.2.4 Peran Biosekuriti dalam Pencegahan Penyakit pada Budidaya Perairan

Biosekuriti merupakan salah satu komponen penting dalam manajemen budidaya perairan modern. Secara umum, biosekuriti didefinisikan sebagai serangkaian tindakan, prosedur, dan kebijakan yang diterapkan untuk mencegah masuknya, penyebaran, dan

dampak penyakit pada organisme budidaya (Bondad-Reantaso *et al.*, 2005). Penerapan biosekuriti yang tepat tidak hanya meningkatkan kesehatan ikan, udang, dan moluska, tetapi juga berdampak langsung pada keberhasilan produksi dan kualitas produk yang aman dikonsumsi.

1. Kategori Biosekuriti Akuakultur

Tiga kategori utama dalam biosekuriti akuakultur:

- a. Biosekuriti Fisik: Melibatkan penggunaan penghalang fisik seperti pagar, jaring, dan sistem tertutup untuk mencegah masuknya patogen dan organisme pengganggu dari luar ke dalam sistem budidaya.
- b. Biosekuriti Operasional: Mencakup prosedur dan praktik operasional yang dirancang untuk meminimalkan risiko penyebaran penyakit, seperti pengelolaan sanitasi, kontrol lalu lintas, dan pelatihan staf.
- c. Biosekuriti Biologis: Berfokus pada penggunaan spesies ikan yang resisten terhadap penyakit, serta penerapan vaksinasi dan pengelolaan genetik untuk meningkatkan ketahanan terhadap patogen.

2. Pentingnya Biosekuriti

Dalam budidaya perairan intensif, densitas populasi yang tinggi meningkatkan risiko penularan patogen. Penyakit seperti *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) pada udang, *Aeromonas hydrophila* pada ikan air tawar, dan *Vibrio* spp. pada moluska dapat menyebar dengan cepat jika langkah pencegahan tidak diterapkan. Menurut Scarfe *et al* (2008), kerugian akibat penyakit pada sistem budidaya bisa mencapai 20–40% dari total produksi, tergantung pada jenis spesies dan intensitas budidaya. Oleh karena itu, biosekuriti berfungsi sebagai strategi utama untuk meminimalkan risiko ekonomi sekaligus menjaga keberlanjutan usaha budidaya.

3. Prinsip Dasar Biosekuriti

Biosekuriti dibagi menjadi dua kategori utama: biosekuriti eksternal dan biosekuriti internal.

- a. Biosekuriti Eksternal: Meliputi tindakan yang mencegah masuknya patogen dari luar ke dalam fasilitas budidaya. Contohnya:

- 1) Pemilihan lokasi budidaya yang bebas dari sumber penyakit atau kontaminasi biologis.
- 2) Quarantine atau karantina terhadap benih dan organisme baru sebelum dimasukkan ke sistem budidaya.
- 3) Penggunaan air bersih yang telah difilter atau dipasteurisasi untuk mengurangi mikroorganisme patogen (Bondad-Reantaso *et al.*, 2005).
- b. Biosekuriti Internal: Fokus pada pengendalian penyebaran penyakit di dalam fasilitas budidaya. Contohnya:
 - 1) Sanitasi rutin tangki, kolam, dan peralatan budidaya.
 - 2) Pengaturan pergerakan pekerja, peralatan, dan bahan untuk mencegah kontaminasi silang.
 - 3) Pemantauan kesehatan hewan secara rutin melalui pemeriksaan klinis, tes laboratorium, dan observasi perilaku (Scarfe *et al.*, 2008).
4. Strategi Implementasi Biosekuriti

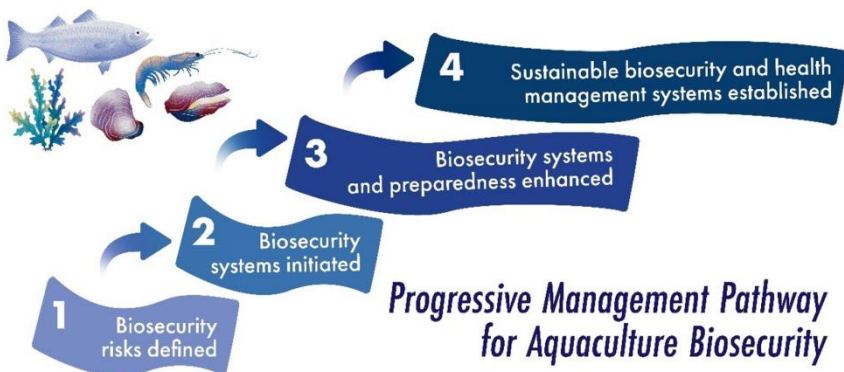
Implementasi biosekuriti membutuhkan pendekatan sistematis dan berlapis, yang dikenal sebagai Barrier System Approach. Beberapa strategi kunci meliputi:

 - a. Pemisahan dan Zonasi: Area budidaya dibagi menjadi zona bersih dan zona kerja untuk membatasi kontak langsung dengan organisme yang sehat dan potensial terinfeksi.
 - b. Kontrol Vektor dan Lingkungan: Penanganan serangga, burung, dan hewan lain yang dapat membawa patogen serta pengelolaan kualitas air yang ketat.
 - c. Pencatatan dan Monitoring: Dokumentasi rutin mengenai parameter kualitas air, mortalitas, pertumbuhan, dan kejadian penyakit memungkinkan identifikasi dini masalah kesehatan (Scarfe *et al.*, 2008).
5. Pendekatan Progressive Management Pathway (PMP)

FAO mengembangkan *Progressive Management Pathway for Improving Aquaculture Biosecurity* (PMP/AB) sebagai “paradigma baru” untuk meningkatkan biosekuriti akuakultur secara strategis. PMP/AB merupakan perpanjangan dari pendekatan *Progressive Control Pathways* (PCP) yang

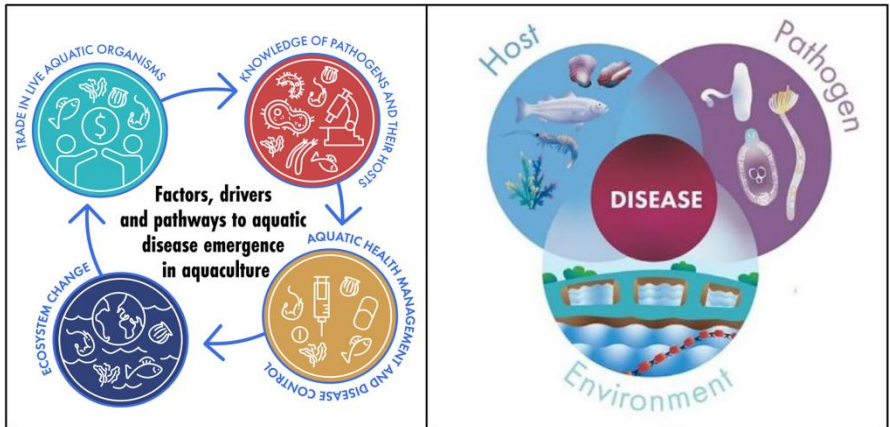
sebelumnya diterapkan untuk penyakit ternak. Perbedaannya, PMP/AB fokus pada penyakit dalam budidaya perikanan pada tingkat komoditas dan perusahaan, dengan pendekatan holistik untuk mendukung keberlanjutan.

PMP/AB bersifat progresif, kolaboratif, dan berbasis risiko. Terdapat empat tahap dalam PMP/AB (Gambar 4.5), yang melibatkan partisipasi aktif pemangku kepentingan publik dan swasta. Setiap negara dapat menentukan titik masuk, kecepatan, dan tujuan pencapaian tahap berikutnya. Karena setiap negara memiliki berbagai spesies budidaya, sektor akuakultur dapat maju secara independen, dengan kecepatan dan tujuan berbeda, tetapi harus didukung oleh kemitraan pemerintah-swasta yang kuat.



Gambar 4.5. Empat Tahap *Progressive Management Pathway for Improving Aquaculture Biosecurity* (PMP/AB)
(Sumber : Subasinghe *et al.*, 2023)

Analisis risiko menjadi aspek kunci pada setiap tahap PMP/AB, dengan identifikasi hotspot risiko (titik kendali kritis) untuk investasi biosekuriti, seperti pelatihan dan kapasitas diagnostik. Semua ini menjadi dasar pengembangan strategi biosekuriti akuakultur nasional, yang dapat direview dan diperbarui seiring perkembangan industri.



Gambar 4.6. Faktor, pendorong, dan jalur munculnya penyakit serta tiga serangkai epidemiologi (Lingkaran Snieszko) yang menunjukkan hubungan antara patogen dan populasi akuatik (Sumber : Subasinghe *et al.*, 2023)

Progressive Management Pathway untuk Biosekuriti Akuakultur (PMP-AB) didasarkan pada pemahaman yang mendalam mengenai faktor, pendorong, dan jalur munculnya penyakit dalam sistem budidaya. Konsep ini juga memperhatikan trias epidemiologi atau dikenal dengan *Snieszko Circle*, yang menggambarkan interaksi antara patogen, populasi akuatik yang rentan, dan lingkungan yang sesuai.

Dalam konteks ini, penyakit dapat muncul dan menyebar ketika ketiga elemen tersebut berada dalam keseimbangan yang memungkinkan:

- Patogen memiliki kemampuan untuk bertahan hidup, bereplikasi, dan menular.
- Populasi akuatik yang rentan memiliki tingkat kerentanan yang tinggi, baik karena faktor genetik, stres lingkungan, kepadatan populasi, atau kondisi kesehatan yang kurang optimal.
- Lingkungan yang mendukung menyediakan kondisi yang memungkinkan patogen berkembang dan menular, seperti kualitas air yang buruk, sirkulasi air yang minim, atau kepadatan budidaya yang tinggi.

PMP-AB menggunakan pemahaman ini untuk merancang strategi biosekuriti yang berbasis risiko, dengan tujuan mencegah masuknya patogen, meminimalkan penyebaran penyakit, dan mendukung kesehatan serta produktivitas populasi ikan. Dengan kata lain, pendekatan ini tidak hanya reaktif terhadap penyakit, tetapi proaktif, mengidentifikasi titik-titik kritis dan jalur potensial penyebaran penyakit untuk intervensi yang tepat sebelum terjadinya wabah.

Pendekatan berbasis *Snieszko Circle* ini juga mendorong pengelolaan yang holistik dan berkelanjutan, karena menekankan perlunya keseimbangan antara lingkungan, patogen, dan inang dalam sistem akuakultur. Dengan strategi ini, PMP-AB menjadi alat penting bagi negara dan petani ikan untuk mencapai biosekuriti yang efektif dan produksi akuakultur yang berkelanjutan.

6. Dampak Biosekuriti terhadap Produktivitas dan Keamanan Produk

Penerapan biosekuriti yang baik terbukti dapat menurunkan tingkat kematian hingga 30–50% pada beberapa sistem budidaya (Bondad-Reantaso *et al.*, 2005). Selain itu, kesehatan hewan yang terjaga meningkatkan efisiensi pakan, pertumbuhan optimal, dan menurunkan kebutuhan penggunaan antibiotik atau bahan kimia, sehingga produk yang dihasilkan lebih aman untuk dikonsumsi. Integrasi biosekuriti dengan standar *Good Aquaculture Practices* (GAP) juga memastikan bahwa hasil budidaya memenuhi persyaratan nasional maupun internasional, termasuk sertifikasi HACCP atau GlobalGAP.

4.3 Prosedur Monitoring dan Pengelolaan Kualitas Air

Kualitas air adalah parameter penentu dalam semua sistem budidaya perairan dari tambak tradisional hingga sistem resirkulasi intensif (RAS) dan keramba jaring apung. Monitoring terstruktur dan pengelolaan yang cepat terhadap penyimpangan parameter fisik, kimia, dan biologi memastikan pertumbuhan optimal, menekan

mortalitas, mengurangi penggunaan obat, serta menjaga keamanan produk.

4.3.1 Parameter Fisik

Kesehatan lingkungan dalam konteks budidaya perairan merujuk pada kondisi fisik, kimia, dan biologi lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan kesehatan organisme budidaya. Manajemen kesehatan lingkungan bertujuan untuk menjaga kualitas air, mencegah pencemaran, dan memastikan keberlanjutan produksi (Zaman *et al.*, 2024).

Parameter fisik terdiri dari suhu, kecerahan/kenampakan (*turbidity/visibility*), arus/kecepatan air, kedalaman efektif, dan salinitas yang mempengaruhi metabolisme organisme budidaya, kelarutan oksigen, stabilitas iklim mikro, dan fungsi mikrobiota. Perubahan cepat pada salah satu parameter ini dapat menurunkan nafsu makan, memperlambat pertumbuhan, dan/atau memicu stres fisiologis yang memperbesar risiko penyakit.

1. Suhu

Suhu merupakan parameter paling penting karena secara langsung memengaruhi metabolisme, nafsu makan, dan kekebalan organisme. Setiap spesies memiliki rentang suhu optimal. Sebagai contoh, ikan tropis seperti nila tumbuh optimal pada 24–30 °C, sedangkan salmon memerlukan suhu lebih dingin pada 8–15 °C (FAO, 1998). Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres, menurunkan konsumsi pakan, bahkan kematian massal.

Dalam sistem intensif, suhu biasanya dimonitor setiap hari, pagi dan sore, karena fluktuasi harian dapat cukup besar. Di tambak tradisional, manajemen dilakukan dengan cara sederhana seperti memperdalam kolam atau menambahkan peneduh. Pada skala industri, penggunaan sensor otomatis dan pendingin/pemanas air menjadi praktik umum (Folke & Kautsky, 1992).

2. Kecerahan dan Kekeruhan (*Turbidity*)

Kecerahan air berhubungan erat dengan intensitas cahaya yang masuk, fotosintesis plankton, dan kenyamanan visual ikan. Air yang terlalu jernih rentan menumbuhkan fitoplankton

berlebih, sementara kekeruhan yang terlalu tinggi mengganggu pernapasan dan menurunkan efisiensi makan ikan.

Kekeruhan diukur dengan Secchi disk atau turbidimeter dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Nilai optimal bervariasi, namun dalam budidaya kolam umumnya diupayakan berada pada 20–40 cm kedalaman visibilitas Secchi (Boyd, 1990). Monitoring sebaiknya dilakukan 2–3 kali seminggu, terutama setelah hujan deras atau pengapuran/pemupukan. Jika kekeruhan terlalu tinggi akibat sedimen, tindakan korektif dapat berupa filtrasi air masuk, pengendalian erosi tebing kolam, serta pengaturan pakan.

3. Arus dan Kecepatan Air

Arus sangat penting dalam budidaya di laut menggunakan keramba jaring apung. Arus yang terlalu lemah menyebabkan akumulasi sisa pakan dan feses di bawah keramba, memicu anoksia serta berkembangnya patogen. Sebaliknya, arus yang terlalu kuat menimbulkan stres mekanis, melukai ikan, bahkan merusak struktur jaring (NOAA, 2019).

Tidak ada standar universal, namun prinsipnya adalah arus harus cukup untuk membawa limbah keluar dari area budidaya tanpa membahayakan ikan. Audit lokasi sebelum pemasangan keramba menjadi langkah awal, kemudian dilanjutkan dengan monitoring bulanan atau setelah badai.

4. Kedalaman Efektif

Kedalaman air menentukan volume habitat, stratifikasi suhu, dan difusi oksigen. Kolam terlalu dangkal mudah memanaskan pada siang hari, sedangkan kolam terlalu dalam dapat mengalami stratifikasi sehingga oksigen hanya tersedia di lapisan atas. Lavens & Sorgeloos (1996) merekomendasikan kedalaman kolam budidaya air tawar antara 1,5–2,5 meter, sedangkan keramba laut sebaiknya ditempatkan di lokasi dengan kedalaman minimal 10–15 meter untuk menghindari akumulasi limbah.

Monitoring dilakukan mingguan dengan pengukuran sedimen di dasar. Bila terjadi pendangkalan akibat akumulasi lumpur, perlu dilakukan pengerukan atau pengelolaan dasar kolam.

5. Salinitas

Salinitas merupakan parameter utama dalam budidaya laut dan estuari. Spesies euryhaline seperti udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan ikan nila salin mampu beradaptasi dalam rentang luas (0–35 ppt). Sebaliknya, spesies stenohaline seperti kerang mutiara hanya toleran pada rentang sempit.

Perubahan salinitas yang mendadak, lebih dari 5 PSU per hari, dapat menyebabkan stres osmotik, kematian, dan gangguan mikroba biofilter (NOAA, 2019). Oleh karena itu, koreksi salinitas sebaiknya dilakukan bertahap, misalnya mengganti 5–10% volume air per hari. Monitoring dilakukan setiap hari di tambak, dan menggunakan sensor otomatis pada sistem intensif.

6. Rekomendasi Monitoring

Salinitas merupakan parameter utama dalam budidaya laut dan estuari. Spesies euryhaline seperti udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan ikan nila salin mampu beradaptasi dalam rentang luas (0–35 ppt). Sebaliknya, spesies stenohaline seperti kerang mutiara hanya toleran pada rentang sempit.

Agar semua parameter di atas tetap dalam rentang optimal, sistem monitoring harus dilakukan secara terjadwal. Tabel berikut merangkum rekomendasi monitoring teknis (Boyd, 1990; FAO, 1998):

- a. Suhu & salinitas: pengukuran harian (pagi dan sore) di tambak/kolam; pada sistem intensif gunakan sensor kontinu (refraktometer dan termometer/data logger).
- b. *Turbidity/visibility*: 2–3×/minggu atau setelah hujan/operasi pembersihan; gunakan *secchi disk* untuk skala lapang dan turbidimeter portable untuk kuantifikasi.
- c. Arus (lokasi lepas pantai/keramba): audit lokasi sebelum pemasangan; pemantauan berkala setiap bulan atau setelah peristiwa cuaca ekstrim. Alat ukur bisa dengan *current meter*.
- d. Kedalaman efektif: cek tiap minggu; perhatikan sedimen/penumpukan lumpur di dasar. Alat ukur bisa dengan tongkat ukur atau *sonar portable*.

7. Tindakan Korektif Cepat

Jika terjadi kondisi ekstrem, langkah-langkah korektif yang bisa dilakukan antara lain:

- a. Suhu: menambah aerasi, memperdalam kolam, atau memasang peneduh.
- b. Salinitas: koreksi bertahap dengan pencampuran air tawar/laut.
- c. Kekeruhan: perbaikan drainase, filtrasi air masuk, atau penggunaan flokulan alami.
- d. Arus terlalu lemah: memindahkan keramba ke lokasi dengan sirkulasi lebih baik.
- e. Kedalaman menurun: pengerukan dasar atau penambahan air.

Langkah-langkah sederhana tersebut dapat mencegah kerugian besar akibat stres, penyakit, atau mortalitas massal.

4.3.2 Parameter Kimia

Kualitas air merupakan fondasi utama dalam keberhasilan budidaya perairan. Selain faktor fisik seperti suhu dan kekeruhan, aspek kimia air juga sangat menentukan kesehatan organisme budidaya. Perubahan kecil pada parameter kimia bisa langsung memengaruhi proses fisiologi ikan maupun efisiensi sistem budidaya. Beberapa parameter kimia penting yang selalu diperhatikan adalah pH, oksigen terlarut (DO), karbon dioksida (CO₂), amonia, nitrit, nitrat, serta alkalinitas.

1. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*, DO)

Oksigen terlarut adalah faktor vital karena berfungsi untuk respirasi. Rendahnya DO menjadi penyebab utama kematian massal pada ikan dan udang. Menurut FAO (1996), sebagian besar ikan tidak dapat bertahan lama pada kadar DO di bawah 3 mg/L, sementara nilai aman untuk budidaya intensif umumnya ≥ 5 mg/L.

Kadar DO dipengaruhi oleh suhu, kepadatan ikan, aktivitas plankton, serta intensitas aerasi. Misalnya, saat malam hari fitoplankton justru mengonsumsi oksigen, sehingga kadar DO menurun. Oleh karena itu, pengukuran minimal dilakukan dua

kali sehari, pagi dan sore, atau menggunakan sensor otomatis pada sistem intensif.

Jika DO rendah, tindakan yang bisa dilakukan adalah menyalakan aerator (kincir, diffuser, atau venturi) seperti Gambar 4.7, mengurangi kepadatan tebar, dan mengatur jumlah pakan. Boyd & Tucker (2012) menjelaskan bahwa sistem aerasi yang dirancang baik dapat meningkatkan transfer oksigen hingga 20–30% lebih efisien.



Gambar 4.7. Paddle Wheel Aerator di Tambak Udang
(Sumber : cvpradiptaparamita.com., 2022)

2. pH dan Karbon Dioksida (CO_2)

pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Rentang ideal untuk sebagian besar spesies budidaya adalah 6,5–8,5 (Boyd, 1990). pH sangat penting karena berhubungan langsung dengan toksisitas amonia. Semakin tinggi pH, semakin besar fraksi amonia dalam bentuk beracun (NH_3).

Selain itu, keberadaan CO_2 juga berpengaruh. Meski DO cukup, tingginya CO_2 (>20 mg/L) dapat menyebabkan gangguan pernapasan pada ikan (Colt & Tomasso, 2001). Masalah ini sering muncul pada sistem tertutup atau padat tebar tinggi.

Pemantauan pH dilakukan setiap hari, sementara CO_2 biasanya dicek bila muncul gejala stres respirasi. Tindakan

korektif meliputi penggantian air, meningkatkan aerasi, atau menambahkan bahan penyangga (*buffer*) seperti kapur untuk menstabilkan pH.

3. Amonia (TAN dan NH_3)

Amonia berasal dari sisa metabolisme ikan dan dekomposisi pakan. Dalam air, amonia terbagi dua: bentuk ion (NH_4^+) yang relatif aman, dan bentuk tidak terionisasi (NH_3) yang sangat beracun. Fraksi NH_3 meningkat seiring kenaikan suhu dan pH (Emerson *et al.*, 1975).

Banyak studi melaporkan bahwa kadar NH_3 sebesar 0,05 mg/L saja sudah bisa menyebabkan stres kronis pada ikan. Oleh karena itu, total amonia (TAN) sebaiknya dijaga di bawah 0,5–1 mg/L, sementara NH_3 un-ionized idealnya di bawah 0,02–0,05 mg/L. Konsentrasi NH_3 0.02-0.07 mg/l telah terbukti menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kerusakan jaringan pada beberapa spesies ikan. Namun ambang batas toksisitas amonia sangat bergantung pada jenis spesies, ukuran, padatan halus, senyawa aktif permukaan, logam dan nitrat (Colt, 2006).

Monitoring amonia dilakukan setiap hari di sistem intensif, terutama saat pemberian pakan tinggi. Upaya pengendalian meliputi pengurangan pakan berlebih, biofiltrasi (nitrifikasi), aerasi, serta penggantian air.

4. Nitrit (NO_2^-) dan Nitrat (NO_3^-)

Nitrit adalah hasil antara dalam proses nitrifikasi. Jika menumpuk, nitrit dapat mengikat hemoglobin ikan dan membentuk methemoglobin, menyebabkan "*brown blood disease*" (Gambar 4.8). Kondisi ini mengurangi kemampuan darah mengikat oksigen. Batas aman nitrit biasanya <0,1–0,5 mg/L tergantung spesies (Lewis & Morris, 1986). Penambahan garam (NaCl) kadang digunakan untuk menekan efek toksisitas nitrit dengan menyediakan ion klorida sebagai kompetitor.



Gambar 4.8. *Brown blood disease* di ikan patin
(Sumber : Behera., 2015)

Sementara itu, nitrat jauh lebih tidak beracun dibanding nitrit. Namun, akumulasi nitrat dalam jumlah besar (ratusan mg/L) dapat menjadi indikator sistem sudah jenuh dan membutuhkan pergantian air atau proses denitrifikasi (Davidson *et al.*, 2017).

5. Alkalinitas

Alkalinitas menunjukkan kapasitas penyangga (*buffering capacity*) air terhadap perubahan pH. Nilai alkalinitas yang rendah ($<20 \text{ mg/L CaCO}_3$) membuat pH mudah berfluktuasi dan berisiko stres bagi organisme. Untuk budidaya air tawar, alkalinitas yang baik biasanya berkisar $50\text{--}200 \text{ mg/L CaCO}_3$ (Boyd & Tucker, 2012).

Jika alkalinitas terlalu rendah, tindakan yang umum dilakukan adalah pemberian kapur pertanian (CaCO_3) atau dolomit. Selain menstabilkan pH, peningkatan alkalinitas juga mendukung proses nitrifikasi di biofilter.

6. Rekomendasi Monitoring dan Frekuensi

Untuk menjaga kestabilan sistem, pemantauan kimia dilakukan dengan jadwal berikut:

Tabel 5.1. Pemantauan Parameter Kimia

Parameter	Frekuensi Monitoring	Metode
DO, pH, suhu	Harian atau kontinu	Sensor lapang, probe digital
CO ₂	Harian (intensif)	Titik ukur laboratorium / sensor
Amonia (TAN, NH ₃)	Harian (intensif)	Kit uji, analisis laboratorium
Nitrit, Nitrat	2–3× per minggu	Kit uji, ion chromatography
Alkalinitas	Mingguan atau 2× per bulan	Titrasi laboratorium

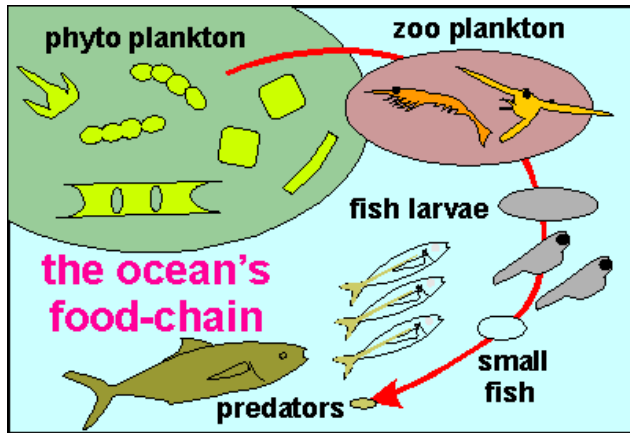
Penerapan monitoring teratur ini memungkinkan deteksi dini, sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan sebelum menimbulkan kerugian besar.

4.3.3 Parameter Biologi

Selain faktor fisik dan kimia, kualitas air budidaya juga sangat dipengaruhi oleh faktor biologi. Parameter biologi mencakup keberadaan dan dinamika plankton, mikroorganisme, serta kemungkinan munculnya alga berbahaya (*Harmful Algal Blooms*/HABs). Faktor-faktor ini penting karena dapat memengaruhi ketersediaan oksigen, kesehatan organisme budidaya, serta keamanan produk perikanan yang dihasilkan.

1. Peran Plankton (Fitoplankton & Zooplankton) dalam Budidaya

Fitoplankton adalah mikroalga yang berfungsi sebagai produsen primer. Dalam sistem budidaya, keberadaannya membantu menghasilkan oksigen melalui fotosintesis dan menyediakan pakan alami bagi zooplankton, larva ikan maupun udang (Gambar 4.9). Fitoplankton seperti *Chlorella*, *Nannochloropsis*, dan *Tetraselmis* sering digunakan secara sengaja sebagai pakan alami (Muller-Feuga, 2013).



Gambar 4.9. Komunitas Plankton di Perairan
(Sumber : seafriends.org.nz., 2003)

Namun, populasi fitoplankton yang berlebihan dapat menimbulkan masalah. Pada siang hari, fotosintesis dapat meningkatkan kadar oksigen dan pH, tetapi pada malam hari respirasi fitoplankton justru menurunkan oksigen terlarut. Kondisi ini bisa menyebabkan hipoksia di pagi hari, yang berisiko menimbulkan kematian massal (Boyd & Tucker, 2012).

Zooplankton seperti rotifera (*Brachionus plicatilis*) dan copepoda berperan sebagai pakan alami penting, khususnya untuk fase larva. Keseimbangan populasi zooplankton juga menjadi indikator ekosistem kolam yang sehat. Ketidakseimbangan antara fitoplankton dan zooplankton dapat memicu ledakan alga atau kekurangan oksigen terlarut.

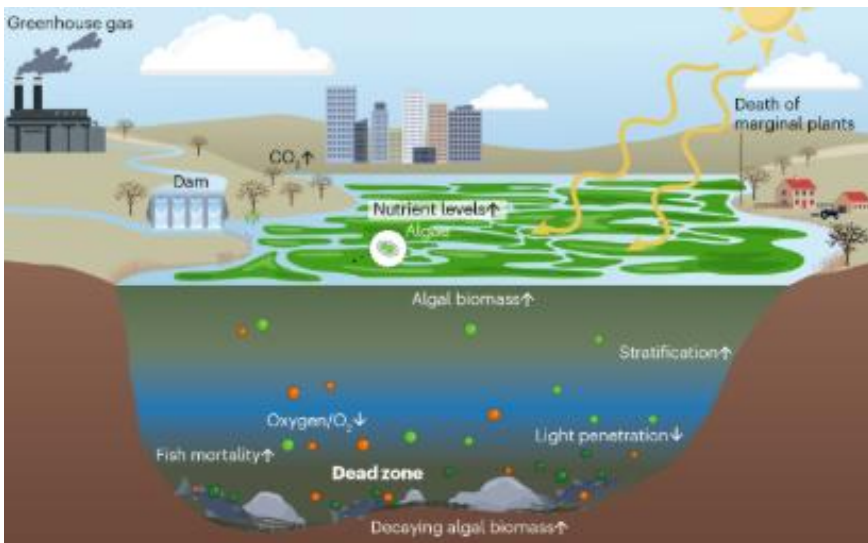
2. Fenomena *Harmful Algal Blooms* (HABs)

Ledakan populasi fitoplankton tertentu, yang dikenal sebagai HABs, dapat merugikan kegiatan budidaya. Jenis alga seperti *Alexandrium*, *Karenia brevis*, atau diatom *Pseudo-nitzschia* dapat menghasilkan racun berbahaya, misalnya *saxitoxin* atau *domoic acid*, yang mengkontaminasi organisme budidaya dan berbahaya bila dikonsumsi manusia (Anderson et al., 2012).

HABs dapat menghasilkan racun yang mengancam ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Secara global, kejadian HABs telah meningkat sejak tahun 1980-an, termasuk peningkatan sebesar 44% dari tahun 2000-an hingga 2010-an, terutama di Asia dan Afrika. Peningkatan polusi kelimpahan nutrisi di perairan akibat urbanisasi, pembuangan air limbah, dan ekspansi pertanian merupakan pendorong utama peningkatan ini (Feng *et al.*, 2024).

Di Indonesia, beberapa kasus kematian massal ikan laut dikaitkan dengan ledakan alga jenis *Cochlodinium polykrikoides* (Puspasari *et al.*, 2018). Bloom biasanya terjadi akibat kombinasi faktor: tingginya nutrisi (eutrofikasi), suhu hangat, serta kondisi perairan yang tenang. Dampak HABs pada budidaya:

- Fluktuasi DO ekstrem (oksigen tinggi siang hari, rendah malam hari).
- Produksi racun yang dapat mengakibatkan kematian ikan/udang.
- Penurunan kualitas produk, sehingga tidak aman dikonsumsi.



Gambar 4.10. HABs di Perairan
(Sumber : Feng *et al.*, 2024)

3. Monitoring Plankton dan Blooming Alga

Untuk mengendalikan risiko dari plankton dan HABs, diperlukan pemantauan rutin:

- a. Pengamatan mikroskopis: dilakukan mingguan/bulanan untuk melihat komposisi plankton.
- b. Chlorophyll-a: digunakan sebagai indikator biomassa fitoplankton, diukur dengan spektrofotometer atau fluorometer. Nilai chlorophyll-a di atas 30–40 $\mu\text{g/L}$ biasanya mengindikasikan kepadatan tinggi yang berisiko bloom (Andersen, 2009).
- c. Pantauan DO dan pH: khususnya pada jam kritis (subuh dan pagi hari) setelah terjadi bloom.

Langkah pencegahan dapat berupa pengaturan pakan, pengelolaan input pupuk, serta penggunaan biofilter atau moluska pemakan fitoplankton.

4. Mikroorganisme dan Patogen

Selain plankton, kualitas air juga ditentukan oleh keberadaan mikroorganisme, baik yang menguntungkan maupun yang berpotensi patogen.

a. Mikroba Indikator

Mikroba indikator seperti total coliform, Enterobacteriaceae, dan *Vibrio* spp. digunakan untuk menilai sanitasi perairan budidaya. Tingginya jumlah mikroba indikator menunjukkan adanya kontaminasi limbah organik, yang berpotensi menurunkan kualitas air (Itay, 2021).

b. Patogen pada Budidaya

Patogen yang sering muncul di budidaya antara lain:

- 1) Bakteri: *Vibrio harveyi*, *Aeromonas hydrophila* (menyebabkan vibriosis dan motile aeromonas septicemia).
- 2) Virus: *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) pada udang (Gambar 5.11), *Nodavirus* (NNV) pada ikan laut.
- 3) Parasit: *Ichthyophthirius multifiliis* (“white spot disease”) pada ikan air tawar.

Kehadiran patogen tidak selalu menimbulkan penyakit. Faktor lingkungan yang buruk (misalnya DO rendah atau amonia tinggi) dapat memicu mikroba oportunistik menjadi lebih virulen (Lightner, 2011).



Gambar 4.11. Penyakit WSSV pada udang
(Sumber : jala.tech, 2025)

5. Monitoring Mikrobiologi

Untuk mengantisipasi munculnya penyakit, monitoring mikrobiologi dilakukan secara terjadwal:

- a. Screening awal (baseline): sebelum penebaran benih, untuk memastikan perairan bebas dari patogen utama.
- b. Surveilans berkala: dilakukan bulanan atau ketika muncul gejala klinis (nafsu makan menurun, ikan lemas, perubahan warna insang).
- c. Metode:
 - 1) Kultur mikroba di laboratorium (*colony-forming unit*/CFU).
 - 2) PCR untuk deteksi patogen spesifik seperti WSSV atau NNV.
 - 3) Swab peralatan, jaring, dan tubuh ikan/udang.

Interpretasi hasil harus hati-hati. Misalnya, keberadaan *Vibrio* tidak selalu berarti akan terjadi penyakit, kecuali jumlahnya tinggi ($\geq 10^5$ CFU/mL) dan kondisi lingkungan mendukung (Defoirdt *et al.*, 2011).

6. Strategi Pengendalian

Beberapa langkah pengendalian biologis dalam budidaya antara lain:

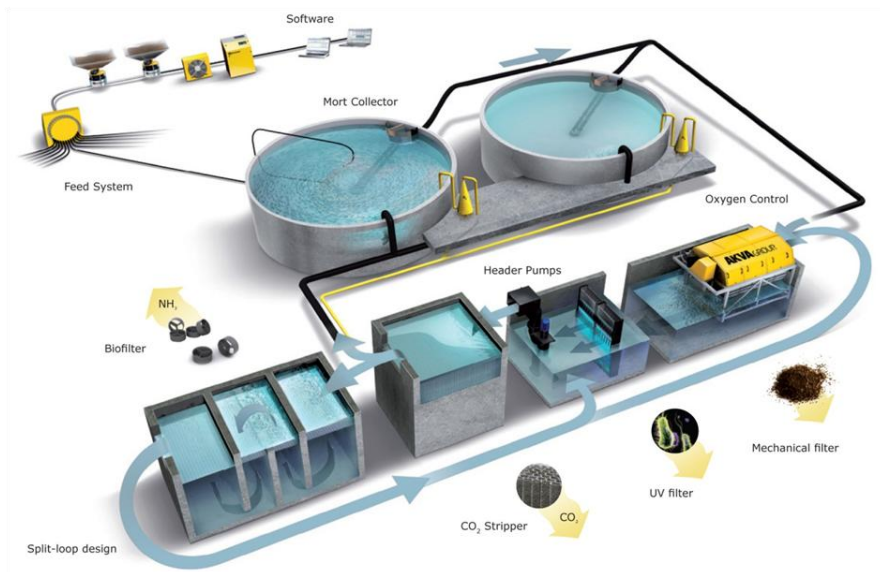
- a. Menjaga keseimbangan populasi plankton melalui manajemen pakan dan pupuk.
- b. Menerapkan biosekuriti (desinfeksi peralatan, filter air masuk).
- c. Menggunakan probiotik untuk menekan dominasi bakteri patogen.
- d. Melakukan pergantian air atau sistem resirkulasi (RAS) untuk menjaga kestabilan mikrobiota.

7. Aplikasi: Sistem RAS (*Recirculating Aquaculture System*)

Recirculating Aquaculture System (RAS) adalah teknologi budidaya ikan modern yang menggunakan sistem sirkulasi air tertutup. Air kolam tidak dibuang, tetapi terus diputar kembali setelah melewati proses penyaringan. Hal ini membuat penggunaan air jauh lebih hemat, bahkan dapat mengurangi kebutuhan air hingga 90–99% dibanding sistem konvensional (Badiola *et al.*, 2012). Keunggulan Sistem RAS:

- a. Efisiensi air: hemat hingga 90–99%.
- b. Kontrol lingkungan: suhu, pH, oksigen, dan kualitas air bisa diatur sesuai kebutuhan spesies.
- c. Produktivitas tinggi: kepadatan tebar ikan bisa lebih tinggi daripada kolam biasa.
- d. Keberlanjutan: mengurangi limbah ke lingkungan.

Namun, kelemahannya adalah biaya investasi awal yang tinggi dan kebutuhan energi listrik yang besar.



Gambar 4.12. Contoh Penerapan RAS dalam media Budidaya
(Sumber : mai.or.id, 2017)

Pada gambar di atas, sistem RAS terdiri dari beberapa komponen utama:

1. Kolam Pemeliharaan & Sistem Pakan
Ikan dipelihara di kolam bundar, sementara pakan diberikan secara otomatis melalui feed system yang dikendalikan perangkat lunak (*software*). Alat ini juga bisa menghitung jumlah pakan agar tidak berlebihan, karena pakan yang berlebih bisa meningkatkan limbah amonia.
2. Mort Collector
Alat ini berfungsi mengumpulkan ikan yang mati agar tidak mencemari air dan menjadi sumber penyakit.
3. Kontrol Oksigen
Kadar oksigen dalam air dijaga melalui sistem oksigenasi otomatis. Ikan membutuhkan oksigen terlarut minimal 5 mg/L untuk tumbuh optimal (FAO, 1998).
4. Sistem Penyaringan Air
Setelah keluar dari kolam, air melewati beberapa tahap penyaringan:

- a. *Mechanical filter*: menyaring kotoran padat (sisa pakan dan feses).
 - b. UV filter: membunuh bakteri dan patogen berbahaya.
 - c. CO₂ stripper: mengurangi kadar karbon dioksida berlebih yang bisa mengganggu pernapasan ikan.
 - d. Biofilter: menggunakan bakteri nitrifikasi untuk mengubah amonia (NH₃) menjadi nitrit (NO₂⁻) dan kemudian nitrat (NO₃⁻) yang lebih aman bagi ikan. Proses ini sangat penting karena amonia berlebih (>0,05 mg/L) dapat mematikan ikan (Timmons & Ebeling, 2013).
5. Pompa & Split-loop design
- Pompa memastikan air terus bersirkulasi melewati semua filter dan kembali ke kolam pemeliharaan. Desain *split-loop* memungkinkan aliran air lebih efisien dengan energi lebih rendah.

4.3.4 Teknik Monitoring dalam Sistem Budidaya Perikanan Modern

Monitoring kualitas air merupakan salah satu kunci keberhasilan dalam budidaya perikanan, terutama pada sistem intensif seperti *Recirculating Aquaculture System* (RAS), keramba jaring apung (KJA), maupun *hatchery*. Air bukan hanya media hidup, tetapi juga sangat memengaruhi kesehatan, pertumbuhan, serta kelangsungan hidup ikan. Oleh karena itu, berbagai teknik monitoring baik manual, laboratorium, maupun berbasis sensor otomatis digunakan untuk memastikan kualitas lingkungan tetap stabil sesuai standar.

1. Alat Pengukuran Lapangan Dasar

Di lapangan, pembudidaya umumnya menggunakan alat ukur portabel untuk memantau parameter kualitas air. Alat ini relatif mudah digunakan, hasilnya cepat, dan bisa dilakukan langsung di lokasi budidaya.

a. Multiparameter Probe

Alat ini dapat mengukur beberapa parameter sekaligus, seperti oksigen terlarut (DO), suhu, pH, konduktivitas atau salinitas, serta potensi redoks (ORP). Probe modern biasanya dilengkapi data logger, sehingga

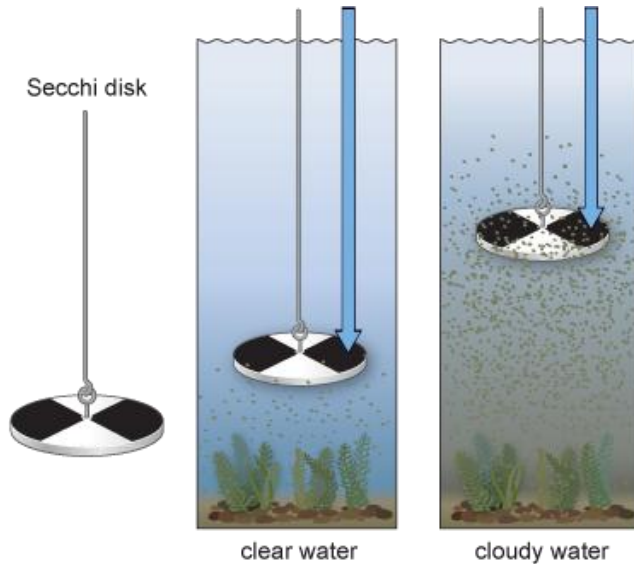
hasil bisa direkam untuk analisis lanjutan. Menurut Goblirsch *et al* (2023), penggunaan multiparameter probe dapat meningkatkan efisiensi monitoring hingga 50% secara *real-time* karena mengurangi kebutuhan sampel manual yang harus dibawa ke laboratorium.



Gambar 4.13. Multiparameter probe HI98194
(Sumber : hannainst.com.au)

b. Turbidimeter, Secchi Disk, dan Fluorometer

Alat ini digunakan untuk mengukur kecerahan air dan konsentrasi klorofil-a, yang menjadi indikator kesuburan perairan. Misalnya, Secchi disk merupakan alat sederhana berupa cakram putih-hitam yang diturunkan ke dalam air untuk mengetahui kedalaman penetrasi cahaya. Semakin dangkal nilai visibilitas Secchi disk, semakin tinggi kekeruhan air yang berpotensi mengganggu fotosintesis plankton dan kesehatan ikan (Boyd, 1990).



Gambar 4.14. Penggunaan Secchi Disk
(Sumber : barringtonautorepair.com)

c. Kit Warna & Spektrofotometer Portabel

Untuk parameter kimia seperti amonia total (TAN), nitrit, dan nitrat, sering digunakan *water test kit* berbasis warna atau spektrofotometer portabel. Kit ini lebih murah, namun tetap akurat untuk kebutuhan screening harian. Kadar amonia misalnya, harus dijaga di bawah 0,05 mg/L agar tidak bersifat toksik bagi ikan (Timmons & Ebeling, 2013).



Gambar 4.15. Ammonia Test Kits
(Sumber : chemetrics.com)

d. Laboratorium Lokal atau Kontrak

Analisis lebih rinci dilakukan di laboratorium, misalnya untuk parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), TOC (*Total Organic Carbon*), *ion chromatography*, atau identifikasi mikroba menggunakan PCR. Meskipun biayanya lebih tinggi, uji laboratorium tetap penting untuk validasi data dan mendeteksi ancaman penyakit. Saat ini di Indonesia sudah banyak *start-up* budidaya udang yang sudah dilengkapi dengan fasilitas laboratorium yang terintegrasi, seperti JALA dan DELOS.



Gambar 4.16. Laboratorium di DELOS

(Sumber : delosaqua.com)

2. Sensor Kontinu & IoT (*Internet of Things*)

Perkembangan teknologi memungkinkan monitoring kualitas air dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan (*real-time*).

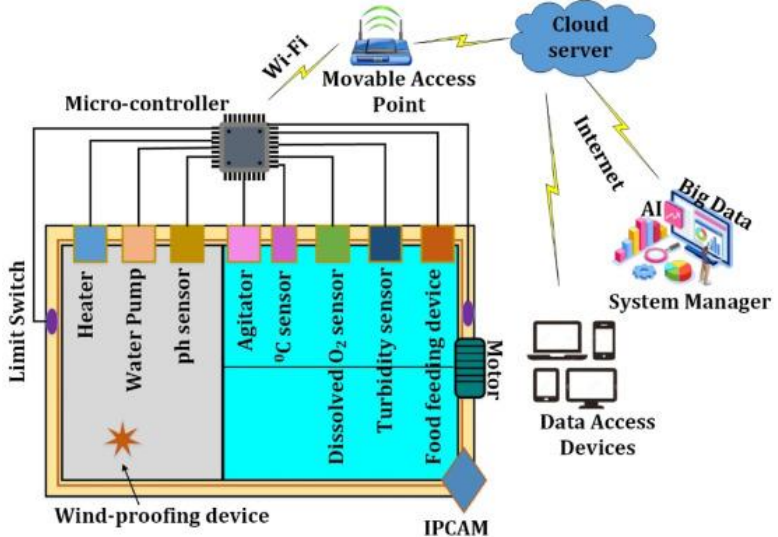
a. Sensor Kontinu

Sensor modern bisa dipasang permanen di kolam untuk mengukur DO, pH, suhu, dan salinitas sepanjang waktu. Data dikirimkan ke komputer atau smartphone melalui *data logger* dan sistem telemetri. Hal ini memungkinkan petani ikan mengetahui kondisi air 24 jam sehari. Misalnya, penurunan DO di malam hari akibat respirasi fitoplankton bisa segera terdeteksi, sehingga

aerator dapat dinyalakan tepat waktu untuk mencegah kematian massal.

b. Sistem IoT (*Internet of Things*)

IoT menyambungkan sensor → gateway (LoRa, Wi-Fi, atau 4G) → *cloud platform* → dashboard analitik. Dari dashboard, pembudidaya bisa memantau data secara historis, menganalisis tren, dan menerima peringatan otomatis via SMS atau email. Menurut Prapti *et al.* (2022), penggunaan IoT dalam akuakultur mampu menurunkan tingkat mortalitas hingga 30% karena deteksi dini kondisi stres pada ikan. Selain itu, teknologi ini juga mendukung *traceability* atau keterlacakan, yang kini menjadi tuntutan pasar global untuk produk perikanan yang berkelanjutan.



Gambar 4.17. Pengembangan sistem manajemen tambak berbasis IoT dan AI
(Sumber : Chiu *et al.*, 2022)

c. Metodologi Sampling dan SOP Singkat

Selain alat, keberhasilan monitoring juga ditentukan oleh prosedur pengambilan data yang sistematis.

1) Penentuan Titik Sampling

Titik pengambilan sampel harus mewakili seluruh area budidaya, misalnya di inlet, outlet, tengah kolam, dan berbagai kedalaman.

2) Frekuensi Monitoring

- a) Harian: suhu, pH, DO, kecerahan.
- b) 2–3 kali/minggu: amonia, nitrit, nitrat.
- c) Mingguan–bulanan: BOD, COD, mikrobiologi.

3) Kalibrasi Alat

Alat ukur seperti probe pH dan DO wajib dikalibrasi rutin (mingguan) agar data tetap akurat.

4) Pengawetan Sampel

Sampel air untuk uji mikrobiologi harus disimpan dalam es dan dianalisis maksimal 6 jam setelah pengambilan. Untuk uji nutrisi, pengawetan mengikuti standar laboratorium (APHA, 1926).

5) Dokumentasi & Tindakan Korektif

Setiap hasil monitoring harus dicatat bersama informasi pendukung (cuaca, pakan, mortalitas). Catatan ini penting untuk evaluasi dan audit produksi.

6) Manfaat Monitoring yang Baik

Monitoring kualitas air yang teratur memberikan banyak keuntungan:

- a) Deteksi dini masalah: misalnya penurunan DO atau lonjakan amonia.
- b) Efisiensi biaya: mencegah kematian massal yang bisa merugikan puluhan juta rupiah.
- c) Dukungan keputusan manajemen: data historis membantu mengatur kepadatan tebar, jadwal pemberian pakan, hingga penggunaan probiotik.
- d) Keberlanjutan: membantu menjaga keseimbangan ekosistem perairan sekitar agar tidak tercemar limbah budidaya.

4.3.5 Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perikanan

Air adalah media hidup utama dalam budidaya perikanan. Mutu air yang baik akan mendukung pertumbuhan optimal ikan, udang, maupun organisme akuatik lainnya. Sebaliknya, kualitas air yang buruk dapat menyebabkan stres, menurunkan nafsu makan, hingga meningkatkan risiko penyakit. Karena itu, pengelolaan kualitas air bukan hanya sekadar kegiatan teknis, melainkan bagian penting dari manajemen produksi yang berkelanjutan.

Secara umum, pengelolaan kualitas air dalam budidaya melibatkan tindakan proaktif (pencegahan) maupun reaktif (penanggulangan masalah) yang didasarkan pada hasil monitoring. Teknologi yang dipilih sangat bergantung pada skala usaha, ketersediaan sumber daya, dan target produksi.

1. Sirkulasi dan Pergantian Air

Sirkulasi air berfungsi menjaga keseragaman kondisi lingkungan, seperti distribusi oksigen terlarut (DO), suhu, serta mencegah terbentuknya lapisan air yang tidak tercampur (stratifikasi). Dalam kolam tradisional, sirkulasi bisa dilakukan dengan kincir air atau pompa sederhana, sedangkan pada sistem intensif seperti *Recirculating Aquaculture System* (RAS) digunakan desain hidrolis yang lebih kompleks.

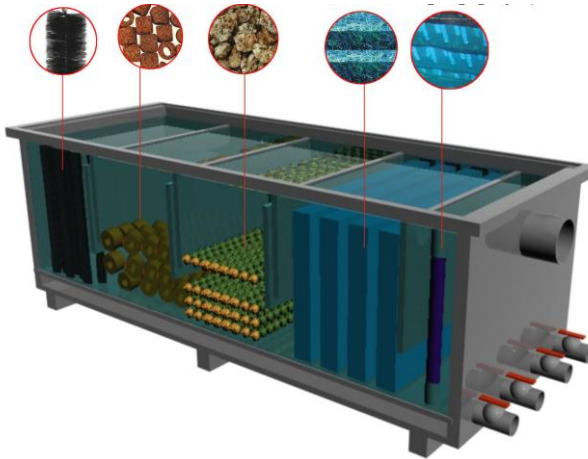
Pergantian air berperan menurunkan akumulasi senyawa toksik seperti amonia total (TAN) dan nitrit. Dalam kolam intensif, pergantian bertahap 5–20% per hari lazim dilakukan bila konsentrasi TAN mulai meningkat (Timmons & Ebeling, 2013). Pada RAS, pergantian air dijaga seminimal mungkin (1–5% per hari) untuk menjaga kestabilan salinitas dan meminimalisir penggunaan air, tetapi tetap perlu untuk mengurangi zat yang tidak bisa diuraikan oleh biofilter.

Pergantian besar secara mendadak sebaiknya dihindari karena dapat mengganggu stabilitas suhu dan salinitas, yang berpotensi menyebabkan stres pada organisme budidaya.

2. Filtrasi dan Biofilter

Filtrasi mekanik bertugas mengeluarkan padatan tersuspensi seperti sisa pakan dan feses. Jika tidak dikeluarkan, bahan organik ini akan terurai menjadi amonia, yang bersifat

racun bagi ikan. Teknologi filtrasi mekanik meliputi drum filter, sand filter, dan protein skimmer (khusus air laut).



Gambar 4.18. Bio-filter untuk sistem RAS
(Sumber : Z.K.AQUA China)

Biofilter berperan mendukung proses nitrifikasi, yaitu konversi amonia (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-), kemudian menjadi nitrat (NO_3^-) yang jauh lebih tidak beracun. Proses ini dilakukan oleh bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*.

Efisiensi biofilter sangat dipengaruhi oleh:

- Luas permukaan media (m^2/m^3) yang tersedia untuk bakteri melekat,
- Waktu retensi hidrolik (*hydraulic retention time*),
- Suhu dan pH, serta
- Stabilitas salinitas pada sistem laut.

Menurut penelitian Summerfelt (2006), biofilter berbasis media *moving bed* memiliki performa paling stabil karena kontak air dan bakteri berlangsung lebih merata. Namun, setiap biofilter membutuhkan waktu “start-up” untuk kolonisasi bakteri, biasanya 2–6 minggu tergantung kondisi lingkungan.

3. Aerasi dan Oksigenasi

Oksigen terlarut (DO) adalah faktor kritis dalam budidaya. Kadar DO yang rendah ($< 3 \text{ mg/L}$) dapat menyebabkan stres dan kematian massal, terutama pada sistem intensif dengan

kepadatan tinggi. Sistem aerasi yang umum digunakan antara lain:

- a. *Paddle wheel aerator* (kolam intensif udang/ikan) → meningkatkan DO sekaligus menciptakan sirkulasi.
- b. *Diffused aeration (bubbler)* → menggunakan diffuser untuk melepaskan gelembung halus.
- c. Venturi atau *oxygen injection* (RAS) → lebih efisien pada sistem tertutup.
- d. *Liquid oxygen system* → digunakan dalam intensifikasi sangat tinggi, misalnya *hatchery* udang.

Efisiensi transfer oksigen perlu dioptimalkan agar tidak boros energi. Studi terbaru menunjukkan bahwa desain diffuser yang tepat dapat meningkatkan efisiensi transfer oksigen hingga 20–30% per kWh listrik yang digunakan (Sakr *et al.*, 2025).

4. Probiotik dan Bioremediasi

Selain pendekatan fisik-mekanis, penggunaan probiotik juga semakin populer dalam manajemen kualitas air. Probiotik berupa bakteri “baik” yang diaplikasikan ke air atau pakan, dengan manfaat:

- a. Mengurangi konsentrasi bahan organik terlarut,
- b. Bersaing dengan mikroba patogen,
- c. Membantu menjaga stabilitas mikrobiota akuatik.

Meta-analisis oleh Zorriehzahra *et al.* (2016) menunjukkan bahwa probiotik dapat meningkatkan efisiensi pakan hingga 15% serta menurunkan tingkat kematian akibat penyakit hingga 20–30% pada berbagai spesies budidaya.

Bioremediasi juga bisa dilakukan secara alami melalui *Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA), misalnya dengan memelihara rumput laut atau moluska bersama ikan/udang. Rumput laut menyerap nutrisi anorganik (nitrat dan fosfat), sedangkan moluska menyaring partikel organik. Pendekatan ini terbukti menekan beban limbah sekaligus menghasilkan komoditas tambahan (Chopin *et al.*, 2012).

5. Protokol Korektif Umum

Agar tindakan pengelolaan lebih sistematis, biasanya disusun SOP (*Standard Operating Procedure*):

- a. Jika DO < 4 mg/L → tambah aerasi, kurangi pakan, periksa oksigenator; jika tidak membaik, lakukan pergantian air parsial.
- b. Jika TAN/NH₃ meningkat → hentikan pakan berlebih, cek aliran biofilter, lakukan water exchange parsial, tambahkan buffer alkalinitas, dan gunakan zeolit bila perlu.
- c. Jika NO₂⁻ tinggi → tambahkan NaCl pada spesies air tawar (rasio molar Cl⁻:NO₂⁻ minimal 20:1) untuk menekan toksisitas, serta percepat kolonisasi biofilter.

4.4 Pengendalian Penyakit dalam Budidaya Perairan

4.4.1 Faktor Penyebab Penyakit

Penyakit pada organisme akuatik umumnya timbul karena adanya interaksi antara patogen – inang – lingkungan (dikenal sebagai konsep *epidemiological triad* atau *Snieszko's Triangle*).

Patogen Penyebab Penyakit

1. Virus
 - a. WSSV (*White Spot Syndrome Virus*) pada udang penaeid menyebabkan bercak putih pada karapas, nafsu makan hilang, dan kematian massal.
 - b. Koi Herpes Virus (KHV) pada ikan mas dan koi dengan mortalitas 70–100%.
 - c. Tilapia Lake Virus (TiLV) yang kini menjadi ancaman global pada budidaya nila.
2. Bakteri
 - a. *Vibrio spp.* (Vibriosis) → menyebabkan bercak merah, nekrosis jaringan, dan kematian mendadak pada udang dan ikan laut.
 - b. *Streptococcus agalactiae* (*Streptococcosis*) → infeksi sistemik pada nila, menyebabkan exophthalmia (mata menonjol), pendarahan, dan kematian hingga 50%.
 - c. *Aeromonas hydrophila* → agen utama *Motile Aeromonas Septicemia* (MAS) pada ikan air tawar.
3. Parasit
 - a. *Ichthyophthirius multifiliis* (*white spot disease* pada ikan air tawar).

- b. *Cryptocaryon irritans* (marine ich pada ikan laut).
 - c. *Lepeophtheirus salmonis* (sea lice pada salmon), menyebabkan luka kulit yang memicu infeksi sekunder.
- 4. Jamur
 - a. *Saprolegnia spp.* pada telur dan ikan air tawar → menyebabkan miselium putih seperti kapas.
 - b. *Fusarium solani* pada udang, dilaporkan terkait dengan penyakit *black gill*.

Faktor Lingkungan dan Manajemen

1. Kualitas air buruk: akumulasi amonia, nitrit, atau rendahnya DO menyebabkan stres pada ikan.
2. Kepadatan tinggi: meningkatkan peluang transmisi penyakit.
3. Pakan tidak seimbang: kekurangan nutrisi tertentu (misalnya vitamin C, asam lemak esensial) menurunkan imunitas.
4. Biosekuriti lemah: peralatan, kendaraan, atau pekerja bisa menjadi vektor penyebaran penyakit.

Menurut Subasinghe (2017), >60% kasus penyakit pada budidaya disebabkan bukan semata oleh keberadaan patogen, melainkan interaksi buruk antara lingkungan dan manajemen yang tidak optimal.

4.4.2 Strategi Pencegahan

1. Biosekuriti dan Sanitasi

Biosekuriti adalah sistem perlindungan terpadu untuk mencegah masuk, berkembang, dan menyebarnya penyakit. Beberapa praktik utama:

- a. Desinfeksi wadah, peralatan, dan kendaraan.
- b. Fasilitas *footbath* dan *hand sanitizer* untuk pekerja.
- c. Karantina benih baru minimal 14 hari sebelum ditebar.
- d. Kontrol predator (burung, kepiting, serangga air) yang bisa menjadi vektor penyakit.

Tambak udang intensif dengan penerapan protokol biosekuriti diharapkan dapat menurunkan insidensi WSSV dibandingkan tambak tanpa biosekuriti.

2. Pemilihan Benih Sehat dan Bersertifikat

Benih berkualitas tinggi merupakan titik awal keberhasilan budidaya. Benih harus berasal dari induk yang SPF (*Specific Pathogen Free*) atau SPR (*Specific Pathogen Resistant*), dengan sertifikat bebas penyakit dari Balai Perikanan Budidaya atau hatchery resmi.

3. Manajemen Pakan dan Nutrisi

Nutrisi yang tepat akan meningkatkan imunitas ikan/udang. Faktor penting antara lain:

- a. Protein dan energi seimbang untuk pertumbuhan.
- b. Vitamin C, E, dan selenium berfungsi sebagai antioksidan dan imunostimulan.
- c. Prebiotik dan probiotik dalam pakan membantu kesehatan saluran pencernaan.

4.4.3 Metode Diagnostik

Deteksi dini penyakit sangat penting agar tindakan korektif cepat dilakukan. Metode diagnosis mencakup observasi visual hingga teknologi molekuler.

1. Identifikasi Gejala Klinis

- a. Perubahan perilaku (berenang lambat, hilang nafsu makan).
- b. Gejala eksternal (luka, bercak putih, insang rusak).
- c. Mortalitas mendadak tanpa tanda jelas.

Meskipun sederhana, identifikasi klinis penting sebagai indikator awal, namun harus dikonfirmasi dengan analisis laboratorium.

2. Uji Laboratorium

- a. Mikroskopis: pemeriksaan lendir, insang, dan darah untuk mendeteksi parasit.
- b. Kultur Bakteri: isolasi patogen menggunakan media selektif (misalnya TCBS agar untuk *Vibrio*).
- c. Histopatologi: mengamati jaringan dengan mikroskop untuk melihat kerusakan organ.

3. Diagnostik Molekuler

- a. PCR (*Polymerase Chain Reaction*): mendeteksi DNA virus/bakteri dengan sensitivitas tinggi.

- b. qPCR (*quantitative PCR*): mengukur jumlah patogen dalam sampel.
- c. LAMP (*Loop-mediated isothermal amplification*): metode lapangan yang lebih sederhana, dengan hasil cepat (<1 jam).

4.4.4 Strategi Pengendalian

Ketika penyakit sudah terdeteksi, strategi pengendalian harus segera diterapkan untuk menekan kerugian.

1. Metode Hayati
 - a. Probiotik: bersaing dengan mikroba patogen, menghasilkan enzim dan senyawa antibakteri.
 - b. Vaksinasi: digunakan pada ikan seperti nila, salmon, dan kerapu. Vaksin *Streptococcus agalactiae* terbukti menurunkan mortalitas hingga 70% (Amal & Zamri-Saad, 2011).
 - c. IMTA/Polikultur: memelihara lebih dari satu spesies untuk menurunkan limbah organik dan mencegah dominasi patogen.
2. Metode Kimia
 - a. Antibiotik: hanya digunakan terbatas sesuai resep, karena risiko resistensi. WHO (2019) melaporkan bahwa lebih dari 60% isolat *Aeromonas* dari budidaya ikan menunjukkan resistensi terhadap oksitetrasiklin.
 - b. Disinfektan: formalin, povidone iodine, atau kaporit digunakan untuk sanitasi kolam.
 - c. Penggunaan harus sesuai dosis agar tidak merusak lingkungan.
3. Metode Fisik
 - a. UV Sterilizer: membunuh bakteri/virus pada aliran air masuk.
 - b. Ozonisasi: oksidator kuat yang dapat menurunkan beban patogen.
 - c. Pengeringan & Pengapuran: umum diterapkan pada tambak tradisional, membunuh spora penyakit di dasar kolam.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, M. N. A., & Zamri-Saad, M. 2011. Streptococcosis in tilapia (*Oreochromis niloticus*): a review. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci*, 34 (2), 195 - 206.
- Andersen, P. 2009. *Monitoring of harmful algal blooms*. In Shellfish safety and quality (pp. 162-174). Woodhead Publishing.
- Anderson, D. M., Cembella, A. D., & Hallegraeff, G. M. 2012. Progress in understanding harmful algal blooms: paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annual review of marine science*, 4, 143-176.
- APHA (American Public Health Association). 1926. *Standard methods for the examination of water and wastewater (Vol. 6)*. American public health association.
- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. 2012. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26-35.
- Balmer, C. 2024. *Aquafarming becomes main global source for fish*, U.N. food agency says. <https://www.reuters.com/business/environment/aquafarming-becomes-main-global-source-fish-un-food-agency-says-2024-06-07/> [Diakses 5 September 2025].
- Behera, P. C. 2015. Major Non Infectious Diseases in Catfishes and their preventive measures. https://en.engormix.com/aquaculture/aquaculture-health/major-non-infectious-diseases_a36561/ (Diakses 12 September 2025).
- Biswas, G., Kumar, P., Ghoshal, T. K., Kailasam, M., De, D., Bera, A., ... & Vijayan, K. K. 2020. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) outperforms conventional polyculture with respect to environmental remediation, productivity and economic return in brackishwater ponds. *Aquaculture*, 516, 734626.
- Bondad-Reantaso, M. G., Subasinghe, R. P., Arthur, J. R., Ogawa, K., Chinabut, S., Adlard, R., ... & Shariff, M. 2005. Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary parasitology*, 132(3-4), 249-272.

- Boyd, C. E. 1990. *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Boyd, C. E. 2017. General relationship between water quality and aquaculture performance in ponds. In *Fish diseases* (pp. 147-166). Academic Press.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. 2012. *Pond aquaculture water quality management*. Alabama: Springer Science & Business Media.
- Chislock, M. F., Doster, E., Zitomer, R. A. & Wilson, A. E. 2013. Eutrophication: Causes, Consequences, and Controls in Aquatic Ecosystems. *Nature Education Knowledge*, 4(4), 10.
- Chiu, M. C., Yan, W. M., Bhat, S. A., & Huang, N. F. 2022. Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9, 100357.
- Chopin, T., Cooper, J. A., Reid, G., Cross, S., & Moore, C. 2012. Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 4(4), 209-220.
- Colt, J. 2006. Water Quality Requirements for Reuse Systems. *Aquaculture Engineering*, 34, 143-156.
- Colt, J. E., & Tomasso, J. R. 2001. Hatchery water supply and treatment. In *Fish Hatchery Management*, Second Edition, 91-186. Bethesda, MD: American Fisheries Society.
- Davidson, J., Good, C., Williams, C., & Summerfelt, S. T. 2017. Evaluating the chronic effects of nitrate on the health and performance of post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* in freshwater recirculation aquaculture systems. *Aquacultural engineering*, 79, 1-8.
- Defoirdt, T., Sorgeloos, P., & Bossier, P. 2011. Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture. *Current opinion in microbiology*, 14(3), 251-258.
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., & Thurston, R. V. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(12), 2379-2383.
- FAO. 1998. *Simple methods for aquaculture*. Rome.

- FAO. 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Sustainability in action. Rome.
- FAO. 2021. *The FAO Action Plan on Antimicrobial Resistance 2021–2025*. Rome.
- Feng, L., Wang, Y., Hou, X., Qin, B., Kutser, T., Qu, F., ... & Zheng, C. 2024. Harmful algal blooms in inland waters. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(9), 631-644.
- Fisheries, N. O. A. A. 2019. *NOAA Fisheries Priorities and Annual Guidance 2021*. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Folke, C., & Kautsky, N. 1992. Aquaculture with its environment: prospects for sustainability. *Ocean & coastal management*, 17(1), 5-24.
- Garlock, T. M., Asche, F., Anderson, J. L., Eggert, H., Anderson, T. M., Che, B., ... & Tveteras, R. 2024. Environmental, economic, and social sustainability in aquaculture: the aquaculture performance indicators. *Nature Communications*, 15(1), 5274.
- Goblirsch, T., Mayer, T., Penzel, S., Rudolph, M., & Borsdorf, H. 2023. In situ water quality monitoring using an optical multiparameter sensor probe. *Sensors*, 23(23), 9545.
- Itay, P. 2021. Monitoring Fish Pathogens in Eastern Mediterranean Fish by Applying Next Generation Sequencing on Gills' Tissue (Master's thesis, University of Haifa (Israel)).
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. 1996. *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. Ghent: Laboratory of Aquaculture and Artemia Reference Center, University of Ghent.
- Lewis Jr, W. M., & Morris, D. P. 1986. Toxicity of nitrite to fish: a review. *Transactions of the American fisheries society*, 115(2), 183-195.
- Lightner, D. V. 2011. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): a review. *Journal of invertebrate pathology*, 106(1), 110-130.
- Lukhele, T., & Msagati, T. A. M. 2024. Eutrophication of inland surface waters in South Africa: An overview. *International Journal of Environmental Research*, 18(2), 27.

- Muller-Feuga, A. 2013. Microalgae for aquaculture: the current global situation and future trends. *Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology*, 613-627.
- Obirikorang, K. A., Quagrainie, K., Kassah, J. E., & Von Ahnen, M. 2024. Sustainable aquaculture production for improved food security. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1485956.
- Prapti, D. R., Mohamed Shariff, A. R., Che Man, H., Ramli, N. M., Perumal, T., & Shariff, M. 2022. Internet of Things (IoT)-based aquaculture: An overview of IoT application on water quality monitoring. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 979-992.
- Puspasari, R., Sugianti, Y., Rustam, A., Adi, R. A., Sagala, S. S., & Pranowo, W. S. 2018. The outbreak of *Chochlodinium* sp.: the red tide maker in the coastal of Lampung Bay. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 176, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Putra, A., & Mulyono, M. 2023. Implementasi Akuakultur Biru Melalui Sistem Imta (Integrated Multi-Trophic Aquaculture). *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 1, 117-122.
- Rouse, R. D., Boyd, C., & Lichtkoppler, F. 1979. Water quality management in pond fish culture. *Research and development series*, 22.
- Sakr, M., Maraqa, M., & Mohamed, M. M. 2025. A comparative bench scale study of oxygen transfer dynamics using micro-nano bubbles and conventional aeration in water treatment systems. *Heliyon*, 11(4).
- Scarfe, A. D., Lee, C. S., & O'Bryen, P. J. 2008. *Aquaculture biosecurity: prevention, control, and eradication of aquatic animal disease*. New York: John Wiley & Sons.
- Subasinghe, R. 2009. Disease control in aquaculture and the responsible use of veterinary drugs and vaccines: the issues, prospects and challenges. *Options Méditerranéennes*, 86(2), 5e11.
- Subasinghe, R., Alday-Sanz, V., Bondad-Reantaso, M. G., Jie, H., Shinn, A. P., & Sorgeloos, P. 2023. Biosecurity: Reducing the burden of disease. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(2), 397-426.

- Summerfelt, S. T. 2006. Design and management of conventional fluidized-sand biofilters. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 275-302.
- Teixeira, R. R., Puccinelli, J. B., Poersch, L., Pias, M. R., Oliveira, V. M., Janati, A., & Paris, M. 2021. Towards precision aquaculture: A high performance, cost-effective IoT approach. *arXiv preprint arXiv:2105.11493*.
- Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. 2013. *Recirculating aquaculture*, Ithaca Publishing Company. NY: LLC, Ithaca.
- Tumwesigye, Z., Tumwesigye, W., Opio, F., Kemigabo, C., & Mujuni, B. 2022. The effect of water quality on aquaculture productivity in Ibanda District, Uganda. *Aquaculture Journal*, 2(1), 23-36.
- Tumwesigye, Z., Tumwesigye, W., Opio, F., Kemigabo, C., & Mujuni, B. 2022. The effect of water quality on aquaculture productivity in Ibanda District, Uganda. *Aquaculture Journal*, 2(1), 23-36.
- Zaman, N., Nasution, H., Susilawaty, A., Sitorus, E., Mohamad, E., Rodhiyah, Z., Syam, M., Murtini, S., Rois, I., & Tangio, J. 2023. *Manajemen kualitas air*. Medan: Penerbit Yayasan Kita Menulis.
- Zorriehzahra, M. J., Delshad, S. T., Adel, M., Tiwari, R., Karthik, K., Dhama, K., & Lazado, C. C. 2016. Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review. *Veterinary quarterly*, 36(4), 228-241.

BAB 5

BUDIDAYA MOLUSCA DAN ECHINODERMATA

5.1 Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara maritim yang memiliki kekayaan laut melimpah, dan potensi tersebut tercermin dalam sektor perikanan, khususnya perikanan budidaya atau akuakultur. Dalam beberapa dekade terakhir, sektor akuakultur menunjukkan perkembangan yang sangat pesat. Hal ini tidak lepas dari meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap protein hewani yang bersumber dari laut. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan kesadaran akan pentingnya konsumsi protein sehat, permintaan terhadap hasil laut semakin meningkat dari tahun ke tahun. Masyarakat kini tidak hanya mengandalkan perikanan tangkap, tetapi juga mulai melirik hasil dari budidaya perairan yang dinilai lebih berkelanjutan dan menjanjikan. Sektor akuakultur pun dinilai mampu menjadi salah satu solusi strategis dalam menjaga ketahanan pangan nasional sekaligus mendorong pertumbuhan ekonomi berbasis sumber daya lokal.

Dalam konteks ini, budidaya perikanan tidak lagi terbatas pada komoditas seperti ikan lele, nila, atau udang vaname saja. Saat ini, semakin banyak jenis biota laut lain yang dikembangkan dalam sistem budidaya karena memiliki nilai ekonomi tinggi dan potensi pasar yang menjanjikan. Dua kelompok hewan laut yang kini mulai mendapat perhatian besar dalam dunia akuakultur adalah moluska dan echinodermata. Moluska seperti abalon dan kerang mutiara, serta echinodermata seperti teripang dan bulu babi, diketahui memiliki nilai jual tinggi baik di pasar domestik maupun internasional. Permintaan terhadap komoditas ini meningkat karena manfaatnya yang luas, baik sebagai bahan pangan bergizi, bahan baku kosmetik, hingga obat-obatan alami. Hal ini menjadikan budidaya moluska dan echinodermata sebagai peluang besar bagi nelayan, pembudidaya, serta investor di bidang perikanan.

Moluska merupakan kelompok hewan lunak yang hidup di laut dan umumnya dilindungi oleh cangkang. Beberapa jenis moluska yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah abalon (*Haliotis spp.*) dan kerang mutiara (*Pinctada maxima*). Abalon, misalnya, dikenal luas sebagai komoditas mewah di pasar Asia Timur, terutama Jepang, Korea, dan Tiongkok. Kandungan gizinya yang tinggi serta teksturnya yang unik menjadikan abalon sebagai makanan bernilai tinggi yang sering disajikan dalam acara-acara istimewa. Selain itu, kerang mutiara menghasilkan mutiara berkualitas tinggi yang banyak digunakan dalam industri perhiasan dan fesyen. Permintaan global terhadap mutiara alami maupun hasil budidaya terus meningkat seiring perkembangan industri kreatif dan kosmetik. Oleh karena itu, budidaya moluska menjadi aktivitas yang sangat potensial dari sisi ekonomi, sosial, maupun lingkungan.

Sementara itu, echinodermata merupakan kelompok hewan laut berduri yang memiliki nilai ekonomi tak kalah menjanjikan. Teripang (*Holothuroidea*) dan bulu babi (*Echinoidea*) merupakan dua contoh echinodermata yang saat ini menjadi komoditas unggulan dalam sektor akuakultur. Teripang dikenal luas sebagai bahan makanan serta obat tradisional, khususnya di negara-negara Asia seperti Tiongkok, Jepang, dan Korea. Kandungan bioaktif dalam teripang, seperti saponin dan kolagen, dipercaya dapat membantu proses penyembuhan dan meningkatkan daya tahan tubuh. Hal ini menjadikan teripang sebagai komoditas yang sangat diminati, baik untuk konsumsi langsung maupun sebagai bahan baku industri farmasi dan kesehatan. Di sisi lain, bulu babi yang dulunya kurang dimanfaatkan kini mulai dilirik sebagai sumber pangan alternatif yang kaya protein dan mikronutrien. Di beberapa negara, gonad bulu babi bahkan dianggap sebagai makanan mewah dengan harga jual yang tinggi.

Tingginya nilai ekonomi dari moluska dan echinodermata mendorong banyak pihak untuk mengembangkan teknologi budidaya yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan. Selama ini, eksploitasi terhadap biota laut bernilai tinggi sering kali dilakukan secara berlebihan melalui penangkapan langsung di alam. Hal ini menyebabkan tekanan yang besar terhadap populasi alami dan berdampak negatif terhadap keseimbangan ekosistem laut.

Penangkapan liar, penggunaan alat tangkap yang merusak, serta minimnya pengelolaan sumber daya menyebabkan beberapa spesies mulai mengalami penurunan populasi yang signifikan. Oleh karena itu, teknologi budidaya hadir sebagai alternatif yang menjanjikan dalam upaya konservasi sumber daya laut sekaligus pemenuhan kebutuhan pasar.

Dengan adanya teknologi budidaya, masyarakat dapat melakukan produksi biota laut bernilai tinggi secara terkontrol, berkelanjutan, dan tidak bergantung pada stok alam. Teknologi ini mencakup berbagai aspek, mulai dari teknik pembenihan, pengelolaan pakan, pengendalian kualitas air, hingga manajemen kesehatan hewan budidaya. Misalnya, dalam budidaya abalon, teknologi hatchery memungkinkan pembenihan secara massal dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Di sisi lain, dalam budidaya teripang, sistem budidaya dasar (*bottom culture*) maupun rakit (*raft culture*) telah dikembangkan agar sesuai dengan karakteristik habitat alaminya. Teknologi juga terus dikembangkan agar lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan sistem resirkulasi air (RAS) atau integrasi dengan pertanian laut (IMTA – *Integrated Multi-Trophic Aquaculture*).

Perkembangan teknologi budidaya juga membuka peluang besar dalam pengembangan ekonomi lokal. Masyarakat pesisir yang sebelumnya bergantung pada penangkapan ikan kini dapat diberdayakan melalui kegiatan budidaya. Kegiatan ini tidak hanya memberikan sumber penghasilan baru, tetapi juga memperkuat kemandirian ekonomi masyarakat. Dukungan dari pemerintah melalui program pemberdayaan nelayan, pelatihan teknis, serta bantuan permodalan turut mendorong pertumbuhan akuakultur di berbagai daerah. Di beberapa wilayah pesisir, budidaya moluska dan echinodermata bahkan telah menjadi sektor unggulan yang mendukung ketahanan ekonomi desa (Troell et al., 2014).

Namun, meskipun potensi akuakultur sangat besar, tantangan dalam pengembangannya tidak bisa diabaikan. Masih terdapat berbagai kendala yang perlu diatasi, seperti kurangnya pengetahuan teknis masyarakat, keterbatasan akses terhadap teknologi, lemahnya sistem pemasaran, serta isu-isu lingkungan yang mungkin muncul. Oleh karena itu, diperlukan kolaborasi antara pemerintah, perguruan

tinggi, pelaku usaha, dan masyarakat dalam mengembangkan sistem budidaya yang berkelanjutan. Penelitian dan inovasi terus dibutuhkan untuk menghasilkan teknologi yang adaptif terhadap perubahan iklim, efisien dalam penggunaan sumber daya, serta aman bagi lingkungan.

Selain itu, penting juga untuk mengembangkan sistem sertifikasi dan standarisasi produk budidaya agar mampu bersaing di pasar global. Konsumen saat ini tidak hanya melihat dari sisi rasa atau bentuk, tetapi juga memperhatikan aspek keberlanjutan, keamanan pangan, dan tanggung jawab sosial dalam proses produksinya. Produk-produk budidaya seperti abalon, teripang, dan kerang mutiara perlu memenuhi standar internasional agar dapat diterima di pasar ekspor. Dalam konteks ini, peran lembaga sertifikasi, laboratorium uji mutu, serta regulasi pemerintah sangat penting dalam mendukung kualitas dan daya saing produk budidaya Indonesia.

Sektor akuakultur juga dapat menjadi bagian dari solusi dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Perairan pesisir yang semakin terdegradasi akibat aktivitas manusia dan perubahan suhu global memerlukan pendekatan yang lebih adaptif dan berwawasan lingkungan. Budidaya laut yang terintegrasi dengan rehabilitasi ekosistem, seperti penanaman mangrove atau restorasi terumbu karang, dapat memberikan manfaat ganda bagi keberlanjutan sumber daya dan kesejahteraan masyarakat. Inisiatif-inisiatif seperti ini harus terus dikembangkan agar akuakultur tidak hanya menjadi aktivitas ekonomi, tetapi juga bagian dari solusi ekologis jangka panjang.

Dengan mempertimbangkan berbagai potensi dan tantangan tersebut, jelas bahwa pengembangan sektor akuakultur, khususnya budidaya moluska dan echinodermata, merupakan langkah strategis dalam membangun masa depan perikanan yang berkelanjutan. Melalui pendekatan berbasis teknologi dan pelibatan masyarakat secara aktif, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi pemimpin dalam produksi biota laut bernilai tinggi. Investasi dalam bidang riset, pendidikan, dan penguatan kelembagaan akan memperkuat daya saing sektor ini di kancah global. Ke depan, akuakultur tidak hanya akan menjadi penopang kebutuhan protein

nasional, tetapi juga menjadi motor penggerak ekonomi biru yang inklusif, berkelanjutan, dan berorientasi pada masa depan (Munaeni et al., 2024).

5.2 Manajemen dan Teknik Budidaya Moluska

Moluska merupakan salah satu kelompok hewan laut yang memiliki nilai ekonomi tinggi, terutama jenis-jenis seperti tiram, abalon, dan kerang mutiara. Budidaya moluska telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir karena tingginya permintaan pasar serta peluang besar untuk menghasilkan komoditas ekspor bernilai tinggi. Dalam praktik budidaya, petani tidak hanya perlu memahami aspek biologis dari spesies yang dibudidayakan, tetapi juga harus menguasai teknik budidaya yang tepat serta manajemen kesehatan yang baik agar hasil budidaya dapat optimal dan berkelanjutan.

5.2.1 Tahapan Budidaya

Budidaya moluska secara umum terbagi ke dalam tiga tahapan utama, yaitu pembenihan, pendederan, dan pembesaran. Setiap tahap memiliki peran penting dalam keberhasilan budidaya secara keseluruhan, mulai dari memastikan kualitas benih hingga mengelola pertumbuhan hingga panen.

1. Tahap Pembenihan (*Hatchery*)

Tahap pertama dalam siklus budidaya moluska adalah pembenihan atau hatchery. Pada tahap ini, pembudidaya memilih induk yang berkualitas tinggi dengan melihat kematangan gonad atau organ reproduksinya. Pemilihan induk yang sehat dan matang secara fisiologis sangat penting karena akan menentukan kualitas larva dan spat yang dihasilkan. Proses ini umumnya diawali dengan aklimatisasi induk, yaitu adaptasi terhadap lingkungan hatchery agar induk tidak mengalami stres dan tetap dalam kondisi optimal untuk memijah.

Setelah induk menjalani proses adaptasi, tahap berikutnya adalah pemijahan. Proses ini dapat dilakukan secara alami maupun buatan. Dalam induksi alami, petani memanfaatkan perubahan suhu dan pemberian pakan yang kaya nutrisi untuk merangsang pemijahan. Sebaliknya, induksi

buatan dilakukan dengan menggunakan rangsangan kimia atau fisik seperti perubahan suhu mendadak, penyinaran, atau penggunaan zat tertentu yang dapat merangsang pelepasan gamet. Petani perlu berhati-hati dalam proses ini karena kesalahan dalam perlakuan dapat menyebabkan kegagalan pemijahan.

Jika proses pemijahan berhasil, induk akan melepaskan telur dan sperma ke dalam media air, dan fertilisasi terjadi secara eksternal. Telur-telur yang telah dibuahi kemudian berkembang menjadi larva. Pada fase ini, pemeliharaan larva menjadi sangat penting. Pembudidaya harus mengelola kualitas air dengan ketat, menjaga suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan pH agar sesuai dengan kebutuhan larva. Selain itu, larva perlu diberi pakan berupa mikroalga seperti *Chaetoceros*, *Isochrysis*, dan *Tetraselmis*, yang kaya akan nutrisi dan dapat mendukung pertumbuhan larva secara optimal.

Larva yang tumbuh dengan baik kemudian akan mencapai tahap pengumpulan spat atau spat collecting. Spat adalah fase juvenil dari moluska yang siap menempel pada substrat. Untuk mengumpulkan spat, pembudidaya memasang alat kolektor seperti kepingan PVC, tali rafia, batok kelapa, atau cangkang tiram bekas di dalam kolam atau perairan tempat larva berada. Spat akan menempel pada permukaan alat kolektor tersebut dan akan dipindahkan ke tahap selanjutnya ketika ukurannya sudah cukup besar.

2. Tahap Pendederan (*Nursery*)

Setelah spat terkumpul, tahap berikutnya adalah pendederan. Tahap ini bertujuan untuk memelihara spat agar tumbuh menjadi benih yang cukup kuat dan besar untuk ditanam di laut atau lokasi pembesaran. Pembudidaya biasanya menempatkan spat dalam wadah khusus seperti bak pemeliharaan, keranjang jaring (hapa), atau langsung di perairan yang terlindung dari ombak besar dan predator.

Selama tahap pendederan, spat harus dirawat dengan baik, mulai dari memastikan pakan alami tersedia dalam jumlah cukup hingga menjaga kondisi air tetap stabil. Pembudidaya juga

perlu memantau pertumbuhan spat secara rutin dan melakukan penjarangan apabila terjadi kepadatan berlebih. Penjarangan penting agar spat tidak saling bersaing terlalu ketat untuk mendapatkan ruang dan nutrisi, yang dapat memperlambat pertumbuhannya.

Pendederan biasanya berlangsung selama beberapa minggu hingga bulan, tergantung jenis moluska yang dibudidayakan. Ketika spat sudah mencapai ukuran siap tebar, biasanya sekitar 1–2 cm, maka spat dapat dipindahkan ke area pembesaran di laut atau perairan terbuka lainnya.

3. Tahap Pembesaran (*Grow-Out*)

Tahap pembesaran merupakan bagian akhir dari siklus budidaya moluska. Pada tahap ini, benih yang sudah siap ditebar dipindahkan ke sistem pembesaran di perairan yang telah dipilih. Ada dua sistem utama dalam pembesaran moluska, yaitu sistem bottom culture dan off-bottom culture.

Dalam sistem bottom culture, pembudidaya menebar moluska langsung ke dasar perairan. Sistem ini cocok untuk jenis moluska yang secara alami hidup di dasar laut, seperti kerang atau tiram. Sementara itu, sistem off-bottom culture menempatkan moluska pada media yang tidak bersentuhan langsung dengan dasar perairan, seperti rak, tiang pancang, longline, atau rakit apung. Sistem ini banyak digunakan untuk jenis moluska yang membutuhkan aliran air lebih lancar dan cenderung lebih sensitif terhadap lumpur atau sedimen dasar.

Pakan dalam budidaya moluska umumnya berasal dari fitoplankton atau pakan alami yang tersedia di perairan. Oleh karena itu, pembudidaya sangat bergantung pada kualitas perairan. Untuk mendukung ketersediaan pakan alami, beberapa petani melakukan pemupukan dengan cara menambahkan bahan organik ke perairan agar pertumbuhan fitoplankton meningkat. Namun, metode ini harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak menyebabkan eutrofikasi atau penurunan kualitas air secara drastis.

Selain pengelolaan pakan, perawatan lain yang penting dalam tahap pembesaran adalah pembersihan biofouling, yaitu

organisme liar seperti teritip, kerang liar, atau alga yang menempel pada media budidaya atau tubuh moluska. Biofouling dapat mengganggu pertumbuhan dan menyebabkan stres pada moluska. Oleh karena itu, pembudidaya perlu melakukan pembersihan rutin. Selain itu, mereka juga harus memantau pertumbuhan dan kesehatan moluska secara berkala, mencatat tingkat kelangsungan hidup, dan menyesuaikan kepadatan tebar bila perlu (Jarir et al., 2024).

5.2.2 Manajemen Kesehatan

Salah satu aspek terpenting dalam budidaya moluska adalah menjaga kesehatan hewan agar tidak terserang penyakit. Meski moluska termasuk hewan yang relatif tahan terhadap perubahan lingkungan, mereka tetap rentan terhadap beberapa jenis penyakit, terutama jika kondisi air buruk atau kepadatan terlalu tinggi.

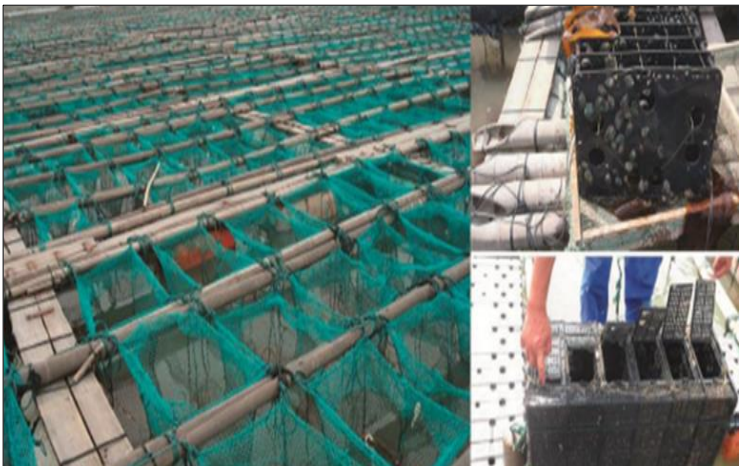
Penyakit yang sering menyerang moluska antara lain adalah infeksi dari protozoa Perkinsus yang sering menyerang tiram. Infeksi ini dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan kematian massal. Selain itu, bakteri *Vibrio* juga dikenal sebagai patogen utama yang menginfeksi larva maupun moluska dewasa, terutama pada kondisi air yang terlalu hangat dan tidak bersih. Hama seperti polychaete boring worm juga menjadi masalah karena dapat merusak cangkang dan melemahkan moluska.

Untuk mencegah penyakit, pembudidaya perlu melakukan manajemen yang baik sejak awal. Langkah pertama adalah memilih lokasi budidaya yang tepat, yaitu perairan yang bersih, jauh dari sumber pencemaran, dan memiliki parameter lingkungan yang stabil. Selanjutnya, pembudidaya harus menjaga kepadatan tebar agar tidak berlebihan. Kepadatan yang tinggi dapat memicu stres dan memudahkan penularan penyakit. Manajemen kualitas air menjadi kunci dalam menjaga kesehatan moluska. Parameter seperti suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut harus dipantau secara rutin, dan pembudidaya harus siap mengambil tindakan jika terjadi perubahan mendadak.

Jika terdapat indikasi awal penyakit, pembudidaya disarankan untuk segera memisahkan individu yang terinfeksi, membersihkan wadah budidaya, dan menghubungi ahli atau

laboratorium kesehatan ikan untuk identifikasi lebih lanjut. Penggunaan antibiotik atau bahan kimia dalam budidaya moluska sangat dibatasi karena dapat mencemari lingkungan dan merusak ekosistem perairan, sehingga tindakan pencegahan jauh lebih diutamakan daripada pengobatan.

Budidaya moluska merupakan kegiatan yang menjanjikan dan berkontribusi besar terhadap ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat pesisir. Namun, keberhasilan budidaya tidak hanya ditentukan oleh pemilihan lokasi atau jenis moluska saja, tetapi sangat bergantung pada penerapan teknik budidaya yang tepat serta manajemen kesehatan yang menyeluruh. Mulai dari tahap pembenihan, pendederan, hingga pembesaran, setiap langkah harus dilakukan dengan perencanaan dan pemantauan yang baik. Kunci dari budidaya yang berhasil adalah memahami karakteristik biologis moluska, mengelola lingkungan budidaya dengan bijak, serta menerapkan prinsip kehati-hatian dalam mencegah penyakit. Dengan terus meningkatkan pengetahuan dan keterampilan, serta memanfaatkan teknologi yang tersedia, para pembudidaya dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen moluska, serta turut berkontribusi dalam menjaga keberlanjutan sumber daya laut Indonesia (Sari, et al., 2025).



Gambar 5.1. Keramba Jaring Apung untuk pembesaran juvenil abalon

(Sumber : Sari, et al., 2025)

5.3 Manajemen dan Teknik Budidaya Echinodermata

Echinodermata adalah kelompok hewan laut yang unik dan bernilai ekonomi tinggi. Di Indonesia, dua jenis echinodermata yang paling sering dibudidayakan adalah teripang (*Holothuroidea*) dan bulu babi (*Echinoidea*). Kedua komoditas ini memiliki permintaan pasar yang terus meningkat, baik untuk konsumsi lokal maupun ekspor, karena nilai gizi dan manfaat kesehatannya. Budidaya echinodermata menjadi alternatif yang menjanjikan bagi masyarakat pesisir, terutama karena bisa dilakukan di berbagai skala usaha, dari rumah tangga hingga industri besar. Namun, keberhasilan budidaya sangat bergantung pada pemahaman mendalam mengenai biologi hewan, tahapan teknis budidaya, dan manajemen kesehatan yang tepat.

5.3.1 Tahapan Budidaya

Budidaya echinodermata terdiri dari tiga tahap utama, yaitu pembenihan, pendederan, dan pembesaran. Setiap tahapan membutuhkan perhatian khusus karena hewan ini sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan.

1. Pembenihan (*Hatchery*)

Tahapan pembenihan merupakan tahap awal yang sangat menentukan keberhasilan budidaya echinodermata. Di tahap ini, petani mulai dengan memilih induk yang sehat dan matang gonadnya. Proses seleksi dan pemeliharaan induk didasarkan pada indeks gonad, yaitu rasio antara berat gonad dengan berat total tubuh. Induk yang memiliki indeks gonad tinggi umumnya siap untuk dipijahkan. Pembudidaya harus memelihara induk dalam kondisi lingkungan yang stabil dan bersih agar tidak mengalami stres, yang bisa menghambat pemijahan.

Setelah induk siap, pembudidaya melakukan proses pemijahan. Berbeda dengan ikan yang bisa dipijahkan dengan hormonal, echinodermata seperti teripang dan bulu babi membutuhkan induksi khusus. Beberapa metode umum yang digunakan adalah thermal shock (kejutan suhu), penyinaran intensitas tinggi, atau injeksi larutan KCl (Kalium

Klorida) ke dalam rongga tubuh induk. Teknik ini merangsang kontraksi otot yang memicu pelepasan sel telur dan sperma. Setelah induksi berhasil, gamet akan dikeluarkan ke dalam air dan fertilisasi terjadi secara eksternal.

Setelah telur dibuahi, akan berkembang menjadi larva planktonik. Larva echinodermata sangat sensitif dan membutuhkan penanganan yang cermat. Mereka memerlukan pakan mikroalga spesifik seperti *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, atau *Dunaliella* sp. dalam jumlah cukup dan kualitas tinggi. Selain itu, pembudidaya harus menjaga kualitas air tetap stabil. Parameter seperti suhu, salinitas, pH, dan oksigen harus dipantau ketat setiap hari karena sedikit perubahan bisa memicu kematian massal pada larva.

Salah satu fase yang paling krusial dalam tahap ini adalah metamorfosis, yaitu saat larva berubah bentuk menjadi juvenil. Fase ini merupakan masa transisi dari gaya hidup planktonik (mengambang bebas di air) menjadi benthik (hidup di dasar substrat). Larva harus disediakan substrat yang sesuai seperti pasir halus atau bahan alami lainnya agar dapat menempel dan menyelesaikan proses metamorfosis. Banyak larva gagal melewati fase ini akibat kondisi substrat yang tidak cocok atau gangguan kualitas air, sehingga pembudidaya perlu memberikan perhatian ekstra pada tahap ini.

2. Pendederan (*Nursery*)

Setelah melewati fase metamorfosis dan menjadi juvenil, echinodermata dipindahkan ke wadah pendederan untuk proses pembesaran awal. Pada tahap pendederan, pembudidaya biasanya memelihara juvenil dalam bak, akuarium, atau kolam terkontrol yang dilengkapi dengan substrat alami. Substrat ini bisa berupa pasir, karang mati halus, atau media buatan yang menyerupai habitat alami. Substrat sangat penting karena echinodermata bersifat

bentik dan membutuhkan dasar untuk bergerak dan mencari makan.

Dalam fase ini, pakan menjadi aspek penting lainnya. Pembudidaya bisa memberikan pakan alami seperti mikroalga bentik atau silt organik, yaitu lumpur kaya bahan organik yang diambil dari laut. Selain itu, banyak pembudidaya mulai mengembangkan pakan buatan atau pakan fermentasi, khususnya untuk teripang, yang bersifat detritivor dan memakan bahan organik terdekomposisi. Untuk bulu babi yang herbivor, pakan berupa makroalga atau rumput laut seperti *Ulva* sp. atau *Gracilaria* sp. bisa diberikan langsung atau dibudidayakan di dalam sistem pendederan.

Selama pendederan, pembudidaya perlu melakukan pemantauan harian terhadap kondisi substrat dan air. Mereka juga harus memisahkan individu yang tumbuh lebih lambat (*grading*) agar tidak kalah bersaing dalam mendapatkan pakan. Tahap pendederan berlangsung hingga juvenil mencapai ukuran tertentu yang cukup kuat untuk dipindahkan ke sistem pembesaran di luar ruangan atau laut.

3. Pembesaran (*Grow-out*)

Tahap terakhir adalah pembesaran, di mana echinodermata dibesarkan hingga ukuran konsumsi atau siap jual. Terdapat beberapa sistem budidaya yang dapat digunakan sesuai dengan lokasi, anggaran, dan tujuan produksi.

a. Karang Terjal (*Pen System*)

Sistem ini menggunakan pagar atau jaring untuk membatasi area budidaya di perairan laut yang relatif tenang. Biasanya dipasang di laguna atau teluk yang terlindung. Sistem ini cocok untuk pembesaran teripang maupun bulu babi, karena memungkinkan hewan bergerak di substrat alami sambil tetap terlindungi dari predator.

b. Karang Terjal (*Sea Ranching*)

Metode ini lebih alami karena juvenil ditebar langsung ke habitat aslinya di laut terbuka tanpa penghalang fisik.

Mereka dibiarkan tumbuh secara alami sambil tetap dimonitor oleh pembudidaya. Metode ini sangat bergantung pada keberadaan substrat alami dan kondisi perairan yang mendukung. Keunggulan metode ini adalah biaya operasional yang rendah, tetapi risiko kehilangan akibat predasi dan pencurian lebih tinggi.

c. Karang Terjal di Bak/Tank

Sistem ini dilakukan di darat menggunakan bak semen atau fiberglass. Lingkungan dan substrat dapat dikendalikan sepenuhnya, sehingga sangat cocok untuk riset, produksi benih, atau budidaya intensif. Sistem ini juga memudahkan pemberian pakan, pengawasan kesehatan, dan pengelolaan limbah. Namun, biaya operasionalnya lebih tinggi karena membutuhkan aerasi, filtrasi, dan perawatan yang rutin.

Dalam sistem pembesaran ini, manajemen pakan menjadi faktor penting. Teripang yang bersifat detritivor biasanya memperoleh nutrisi dari sedimen yang mengandung bahan organik. Namun, dalam sistem tertutup atau semi-alami, petani bisa memberikan pakan tambahan berbentuk pellet organik atau hasil fermentasi dari limbah pertanian. Pakan ini harus diaduk dengan substrat untuk meniru kondisi alami. Sementara itu, bulu babi sebagai herbivor membutuhkan pasokan rumput laut segar secara rutin. Pembudidaya dapat menanam makroalga sendiri atau memasok dari luar.

Manajemen lainnya termasuk penggantian substrat, terutama untuk teripang, agar tidak terjadi penumpukan bahan berbahaya. Monitoring pertumbuhan dilakukan secara berkala dengan cara sampling ukuran tubuh dan berat. Selain itu, petani juga perlu mengatur kepadatan tebar, karena terlalu banyak individu dalam satu area bisa memicu persaingan, stres, dan perlambatan pertumbuhan (Zamora & Jeffs, 2011).

5.3.2 Manajemen Kesehatan

Keberhasilan budidaya echinodermata sangat bergantung pada manajemen kesehatan yang baik. Meski dikenal relatif tahan, hewan ini tetap bisa mengalami gangguan jika lingkungan tidak sesuai. Beberapa penyakit yang umum menyerang echinodermata adalah infeksi bakteri, terutama oleh kelompok *Vibrio*, dan protozoa, yang menyerang organ-organ dalam tubuh. Selain itu, echinodermata juga rentan mengalami gangguan fisiologis, seperti stres osmotik akibat perubahan salinitas atau luka akibat penanganan kasar. Untuk mencegah penyakit, langkah pertama adalah mencegah stres mekanik, yaitu cedera atau tekanan fisik saat penanganan. Pembudidaya sebaiknya menggunakan peralatan yang halus dan menghindari terlalu sering memindahkan hewan. Selanjutnya, mereka harus menjaga kualitas air pada semua tahapan budidaya. Parameter seperti suhu, salinitas, pH, oksigen, dan tingkat amonia harus dipantau dengan alat uji secara rutin.

Substrat juga harus diperhatikan, terutama pada budidaya teripang. Jika substrat terlalu kotor atau miskin nutrisi, teripang bisa mengalami kekurangan pakan dan pertumbuhannya terganggu. Penggantian substrat secara berkala dan penggunaan biofilter alami (seperti tanaman laut) dapat membantu menjaga kualitas media budidaya. Apabila ditemukan gejala penyakit seperti luka terbuka, perubahan warna tubuh, atau hewan menjadi pasif, pembudidaya harus segera melakukan tindakan isolasi dan berkonsultasi dengan ahli kesehatan ikan. Penggunaan antibiotik dalam budidaya echinodermata sangat tidak dianjurkan, karena dapat merusak lingkungan dan memicu resistensi. Sebagai gantinya, pendekatan pencegahan berbasis manajemen lingkungan menjadi cara terbaik untuk menjaga kesehatan populasi.

Budidaya echinodermata, khususnya teripang dan bulu babi, merupakan peluang besar bagi pengembangan akuakultur berkelanjutan di Indonesia. Dengan teknik budidaya yang semakin maju dan kesadaran akan pentingnya konservasi, sektor ini tidak hanya menjanjikan secara ekonomi, tetapi juga membantu melestarikan populasi alami yang selama ini terus

ditekan oleh eksploitasi berlebih. Setiap tahap dalam budidaya echinodermata membutuhkan pemahaman teknis, kesabaran, dan pengelolaan lingkungan yang bijak. Dari pembenihan hingga pembesaran, keberhasilan budidaya sangat ditentukan oleh kemampuan pembudidaya dalam menjaga stabilitas lingkungan dan merespons kebutuhan biologis hewan. Manajemen pakan dan kesehatan harus berjalan seiring agar pertumbuhan optimal dan angka kematian bisa ditekan (Zamora & Jeffs, 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Zamora, L. N., & Jeffs, A. G. (2012). Feeding, metabolism and growth in response to temperature in juveniles of the Australasian sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture*, 358, 92-97.
- Zamora, L. N., & Jeffs, A. G. (2011). Feeding, selection, digestion and absorption of the organic matter from mussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Aquaculture*, 317(1-4), 223-228.
- Sari, D. N., Juharni, A., Tomaso, A. M., Syah, I. F., Wulan, W. O. S., Astiyani, W. P., ... & SianaTumembouw, S. (2025). Biosekuriti dan kesehatan Ikan. Penerbit Kamiya Jaya Aquatic.
- Jarir, D. V., Abd Jabbar, F. B., Admaja, A. K., Ode, I., Septiana, S., & Hidayah, E. (2024). BUDIDAYA ABALON. Kamiya Jaya Aquatic.
- Troell, M., Naylor, R. L., Metian, M., Beveridge, M., Tyedmers, P. H., Folke, C., ... & Deutsch, L. (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(37), 13257–13263.
- Munaeni, W., Agam, B., Tarigan, N., Hamka, M. S., Saridu, S. A., Purnamasari, T., ... & Irawan, H. (2024). Teknologi Akuakultur. Kamiya Jaya Aquatic.

BAB 6

BUDIDAYA KRUSTASEA

6.1 Pendahuluan

Krustasea seringkali disebut hewan bercangkang karena *crusta* diambil dari bahasa latin yang berarti cangkang. Sejauh ini kurang lebih 26.000 jenis yang dikenali. Krustasea pada umumnya hidup di air baik di air tawar maupun di laut dan hanya sedikit yang hidup di darat (Lumenta, 2017)

Krustasea merupakan kelompok hewan air berkulit keras (*exoskeleton*) yang termasuk dalam filum Arthropoda, subfilum Crustacea. Komoditas krustasea penting yang banyak dibudidayakan di Indonesia meliputi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*), udang windu (*Penaeus monodon*), lobster air laut maupun air tawar dan kepiting bakau (*Scylla serrata*).

Manajemen budidaya krustasea bertujuan untuk menciptakan kondisi lingkungan yang optimal agar organisme dapat tumbuh dan berkembang secara maksimal. Dalam buku ini akan dijelaskan tentang budidaya udang vaname dan kepiting bakau sistem apartemen.

6.2 Budidaya Udang Vananme

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan jenis udang budidaya lainnya. Spesies ini dikenal memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi, benih berkualitas yang tersedia secara berkesinambungan, serta bersifat *Specific Pathogen Free* (SPF) atau bebas dari patogen tertentu. Selain itu, udang vaname mampu dibudidayakan pada kepadatan tebar yang tinggi, tahan terhadap berbagai penyakit, dan memiliki rasio konversi pakan (FCR) yang rendah, sehingga lebih efisien dan ekonomis dalam sistem budidaya intensif maupun super-intensif (Aris & Wahiddin, 2022).

Dalam melakukan budidaya udang terdapat beberapa tahapan yang harus dikerjakan mulai dari persiapan wadah pemeliharaan, penebaran benih, manajemen pakan, manajemen kualitas air dan pemanenan yang akan dibahas selanjutnya.



Gambar 6.1. Udang Vaname.

Sumber: (<https://digitani.ipb.ac.id/udang-vaname-komoditas-laut-potensial-yang-punya-segudang-manfaat/>)

6.2.1 Persiapan Wadah pemeliharaan

Untuk melakukan kegiatan budidaya udang vaname hal pertama yang harus dipersiapkan adalah menyiapkan tambak sebagai wadah tempat pemeliharaan udang vaname. Dalam mempersiapkan tambak terdapat beberapa kegiatan yang dapat dilakukan yaitu pengeringan, pembersihan, perbaikan konstruksi tambak dan pemasangan kincir.

Tujuan pengeringan tambak dibawah sinar matahari ialah menguapkan bahan organik beracun yang ada dalam dasar tambak serta membunuh organisme yang tidak diinginkan. Lamanya pengeringan yaitu 5-7 hari sampai permukaan dasar petakan tambak benar-benar kering dan tidak menyisakan genangan air sedikit pun (Halim *et al.*, 2022)

Kegiatan pembersihan tambak bertujuan untuk menghilangkan sisa lumpur, bahan organik terakumulasi, serta organisme pengganggu dan pembawa penyakit yang mungkin masih terdapat di petakan budidaya (Halim *et al.*, 2022). Proses ini penting

dilakukan sebelum tahap pengeringan dan pengapuran agar kondisi dasar tambak benar-benar bersih dan siap digunakan kembali. Pembersihan dilakukan dengan cara menyemprot seluruh permukaan petakan menggunakan selang bertekanan tinggi, sehingga kotoran, endapan lumpur, dan sisa bahan organik dapat terdorong menuju saluran pembuangan (*central drain*) atau penutup outlet. Langkah ini membantu memperlancar sirkulasi air dan mencegah penumpukan sedimen pada siklus budidaya berikutnya.

Kegiatan selanjutnya ialah perbaikan konstruksi tambak bertujuan untuk mengevaluasi dan memastikan kondisi fisik tambak tetap layak digunakan, serta melakukan perbaikan pada bagian yang mengalami kerusakan. Langkah ini penting agar struktur tambak, seperti tanggul, pematang, saluran air, dan pintu pemasukan maupun pembuangan, dapat berfungsi optimal dalam mengontrol aliran air dan menjaga stabilitas lingkungan budidaya (Ritonga et al., 2021)

Tahapan selanjutnya adalah pemasangan kincir air. Kincir air berperan penting dalam sistem budidaya udang vaname terutama sebagai penyuplai oksigen terlarut (DO) bagi bakteri, plankton, dan berbagai mikroorganisme lainnya yang hidup di tambak. Selanjutnya, kincir air juga berfungsi untuk mengaduk kolom air sehingga mencegah terjadinya stratifikasi parameter kualitas air antara lapisan atas dan bawah. Selain itu, arus yang dihasilkan kincir membantu mengarahkan endapan dan kotoran ke saluran pembuangan (*central drain*), sehingga kondisi dasar tambak tetap bersih dan stabil untuk mendukung pertumbuhan udang secara optimal (Halim et al., 2022).

6.2.2 Persiapan Media Pemeliharaan.

Kegiatan ini bertujuan untuk mempersiapkan air yang akan digunakan. Tahapan dalam kegiatan ini antara lain pengapuran, pengisian air, dan pemupukan. Pengapuran dilakukan dengan tujuan menetralkan tingkat keasaman tanah (pH ideal antara 6,5 hingga 7,0) serta meningkatkan kadar alkalinitas total dalam air agar memenuhi standar budidaya udang. Apabila proses pengapuran diabaikan pada tambak dengan pH tanah di bawah standar, maka peningkatan alkalinitas air selama masa budidaya akan menjadi sulit dilakukan (Ramadani et al., 2024).

Pemupukan bertujuan untuk menumbuhkan plankton dalam tambak. Teknik yang dapat dilakukan untuk mendukung pertumbuhan plankton yang ada di perairan tambak ialah menggunakan fermentasi. Proses fermentasi dilakukan dengan mencampurkan dedak sebanyak 3 kg, molase 1 liter, ragi 30 gram, dan air secukupnya. Fermentasi ini merupakan proses dekomposisi bahan organik yang berperan dalam memperkaya nutrisi guna merangsang pertumbuhan plankton. Penggunaan molase dan dedak berfungsi sebagai sumber karbon yang dapat dimanfaatkan oleh plankton dalam proses pertumbuhannya (Halim et al., 2022). Sementara itu, pembudidaya lain juga menggunakan pupuk anorganik ZA sebanyak 8 ppm dan SP 36 sebanyak 2 ppm untuk merangsang pertumbuhan fitoplankton (Khumaidi et al., 2022).

6.2.3 Pemilihan dan Penebaran Benur

Penebaran benur merupakan tahapan krusial yang memerlukan perhatian khusus. Dua faktor utama yang sangat memengaruhi keberhasilan proses ini adalah pemilihan benur dan pelaksanaan aklimatisasi. Menurut (Khumaidi et al., 2022) disebutkan ciri-ciri benur yang berkualitas baik dapat dikenali dari keseragaman usia dan ukuran dalam satu wadah pemeliharaan, baik berasal dari satu indukkan maupun beberapa induk. Tingkat keseragaman ukuran sebaiknya mencapai minimal 80%. Benur yang sehat menunjukkan respons yang kuat saat diberi rangsangan, yaitu dengan gerakan melenting yang aktif. Secara visual, benur berkualitas memiliki warna tubuh cerah, tidak pucat, dan permukaan tubuh tampak bersih tanpa bercak atau kotoran, menandakan bahwa proses *molting* berlangsung secara normal. Selain itu, benur harus bebas dari cacat fisik, seperti tubuh bengkok atau bekas luka akibat penyakit. Ekor (uropoda) yang terbuka menyerupai kipas menandakan kesiapan benur untuk ditebar; sebaliknya, uropoda yang masih menutup menunjukkan benur belum siap. Saat berenang, benur yang sehat akan aktif melaju melawan arus air. Terakhir, benur yang layak tebar harus lolos uji formalin dan uji PCR untuk memastikan bebas dari patogen berbahaya.

Sebelum proses penebaran, udang perlu melalui tahap aklimatisasi terlebih dahulu. Tujuan dari aklimatisasi ini adalah untuk menyamakan kondisi lingkungan antara tempat asal benur (misalnya dari *hatchery*) dan kolam atau tambak pembesaran, sehingga benur tidak mengalami stres. Proses ini dilakukan selama kurang lebih satu jam. Cara pelaksanaannya yaitu kantong plastik berisi benur dimasukkan ke dalam tambak, kemudian air tambak secara perlahan dipercikkan ke dalam plastik hingga benur secara alami keluar dan beradaptasi dengan lingkungan barunya (Surianti et al., 2024)

Waktu penebaran juga perlu diperhatikan, di mana sebaiknya dilakukan saat suhu lingkungan relatif rendah. Oleh karena itu, penebaran idealnya dilakukan pada pagi, sore, atau malam hari guna meminimalkan risiko stres pada benur. Jumlah benur yang ditebar dalam wadah harus disesuaikan dengan petakan tambak seperti yang terlihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Jumlah Padat Tebar Benur Udang Vaname

Luas Petakan (m ²)	Padat tebar (ekor/m ²)	Jumlah Tebar Benur
2500	120	300.000
1300	115	150.000
1500	100	150.000

Sumber: (Khumaidi et al., 2022)

6.2.4 Manajemen Pakan Udang Vaname

Manajemen pakan merupakan faktor kunci dalam keberhasilan budidaya udang. Sekitar 60–70% dari total biaya operasional budidaya udang vaname dialokasikan untuk kebutuhan pakan. Oleh karena itu, manajemen pemberian pakan harus dilakukan secara tepat agar pertumbuhan udang mencapai hasil yang optimal dan efisien (Renitasari et al., 2021).

Pemberian pakan harus dilakukan secara cermat dan terukur agar sesuai dengan kebutuhan konsumsi udang. Kekurangan pakan (*underfeeding*) dapat menyebabkan

mengalami gagal tumbuh, ukuran tidak seragam, pertumbuhan lambat, tubuh udang tampak keropos dan kanibalisme sedangkan kelebihan pakan (*overfeeding*) dapat menyebabkan sisa pakan menumpuk di dalam kolam. apabila sisa pakan mengalami proses dekomposisi, akan terbentuk senyawa amonia (NH_3) yang bersifat toksik bagi udang yang secara perlahan meningkatkan tingkat pencemaran dan menurunkan kualitas air. ritoga Peningkatan kadar amonia dapat menyebabkan stres fisiologis, gangguan osmoregulasi, serta menurunkan tingkat kelangsungan hidup udang (Ritonga et al., 2021)

Kualitas pakan ditentukan oleh komposisi nutrisinya terutama protein, lemak, dan serat kasar—serta sejumlah nutrien esensial lain yang mendukung pertumbuhan udang. Formulasi pakan dengan protein 35%, lemak 15,20%, dan serat kasar 5,31% dilaporkan menghasilkan pertumbuhan juvenil (yuwana) udang vaname yang optimal sekaligus rasio konversi pakan (FCR) terbaik. Selain kecukupan protein, kadar lemak yang tidak berlebihan menjaga palatabilitas dan mendorong asupan pakan yang memadai, sehingga laju pertumbuhan dapat dipertahankan pada tingkat optimal.

Selain kebutuhan makronutrien, mineral esensial—terutama kalsium—berperan penting dalam proses kalsifikasi dan pembentukan karapaks pada krustase. Udang memperoleh mineral baik dari media pemeliharaan maupun dari pakan. Mengingat kadar mineral pada air dan pakan dapat berfluktuasi cukup tinggi, diperlukan suplementasi mineral di dalam formulasi pakan. Namun, tingkat suplementasi harus dibatasi agar tidak menimbulkan toksisitas yang dapat mengganggu kesehatan dan pertumbuhan udang (Darwanti et al., 2016).

Teknik Pemberian Pakan

Pemberian pakan tergantung dari jenis, bentuk dan ukuran udang. Pemberian pakan dengan jenis dan ukuran yang berbeda bertujuan agar pakan yang diberikan dimakan udang secara efektif. Jenis pakan yang digunakan dalam budidaya udang yaitu jenis pakan buatan bentuk *crumble* (DOC-30 hari) dan pellet (30 hari-panen). yang bersifat tenggelam. jenis pakan udang

vanname yang biasanya digunakan berupa *crumble* dan pellet. Ukuran pakan yang digunakan pada pembesaran udang berkisar antara 0,1 - 1,4 mm. ukuranpakan yang baik adalah pakan yang sesuai dengan lebar bukaan mulut udang (Ritonga et al., 2021)

Pemberian pakan pada udang vaname umumnya dilakukan secara manual, yaitu dengan menebarkan pakan secara merata di seluruh area tambak. Sebelum pennebaran, pakan ditimbang terlebih dahulu sesuai dosis yang telah ditentukan berdasarkan kebutuhan harian dan estimasi biomassa udang. Untuk pakan berbentuk serbuk (*powder feed*), dilakukan pencampuran dengan air sebelum ditebar. Tujuannya adalah untuk mencegah pakan beterbangan akibat hembusan angin dan memastikan pakan segera jatuh ke permukaan air. Teknik pennebaran dilakukan dengan gerakan setengah melingkar di sekitar tambak agar pakan tidak terkonsentrasi di satu titik, sehingga sisa pakan di dasar kolam dapat diminimalkan. Selain itu, penerapan alat bantu seperti *feeding tray* atau *anco* sangat disarankan untuk mengamati tingkat konsumsi pakan. Melalui pengamatan pada *anco*, pembudidaya dapat menilai apakah jumlah pakan yang diberikan telah sesuai dengan kebutuhan udang atau perlu disesuaikan (Renitasari et al., 2021)

Frekuensi Pemberian Pakan

Pemberian pakan yang efisien dicapai melalui pengaturan dosis, frekuensi, dan waktu pemberian pakan yang tepat. pakan yang dikonsumsi secara normal oleh udang akan dicerna dan dimanfaatkan dalam waktu sekitar 3–4 jam, sementara sisa yang tidak terserap akan dikeluarkan dalam bentuk kotoran. Frekuensi pemberian pakan disesuaikan dengan sifat makan udang yang bersifat *continuous feeding*, yaitu makan sedikit demi sedikit namun secara terus menerus. Pola makan ini berkaitan dengan sistem pencernaan udang yang sederhana dan tidak dapat menampung pakan dalam jumlah besar sekaligus (Renitasari et al., 2021)

6.2.5 Manajemen Kualitas Air

Kualitas air pada usaha budidaya udang bersifat dinamis dan mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu. Oleh sebab itu, pemantauan dan pengukuran rutin sangat penting dilakukan; kondisi yang terjaga pada kisaran optimal akan menyediakan ruang hidup yang lebih layak bagi udang vaname dan mendukung pertumbuhan maksimal. Pengelolaan kualitas air yang dapat dilakukan dalam kegiatan budidaya udang vaname yaitu pengamatan parameter kualitas air, pergantian air, perlakuan air, dan penyiponan (Khumaidi et al., 2022).

Udang vaname memiliki persyaratan kualitas air yang optimal untuk menunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya yaitu suhu 25-30 °C, salinitas 15-20 ppt, oksigen terlarut 4-7 mg/L, kecerahan air 30-40 cm, nitrat 0,9-3,5 mg/L, nitrit > 0.05 ppm, amoniak 0,2-2,0 ppm dan pH 7,5-8,5 (Aris & Wahiddin, 2022).

Suhu memegang peranan kunci dalam kegiatan budidaya udang vaname. Ketika suhu melebihi kisaran normal laju metabolisme udang meningkat sehingga kebutuhan energi bertambah. Sebaliknya, pada suhu lebih rendah dari optimum, nafsu makan menurun dan laju pertumbuhan melambat. Ketika suhu air menyimpang dari kisaran optimal, pengendalian dapat dilakukan dengan memanfaatkan kedalaman kolom air dan mengoptimalkan penggunaan kincir. Pengoperasian kincir secara optimal meningkatkan pencampuran vertikal sehingga suhu air menjadi lebih homogen antara lapisan atas dan bawah, dan fluktuasi termal dapat ditekan (Ahmad et al., 2023).

Pada kondisi pH rendah, fungsi fisiologis udang terganggu: ketersediaan oksigen yang efektif dimanfaatkan berkurang, konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernapasan meningkat sebagai bentuk kompensasi, dan nafsu makan menurun. Sebaliknya, pada suasana basa kecenderungan respon fisiologisnya berlawanan. Apabila nilai pH air tambak rendah, penanganan dapat dilakukan melalui pengapuran untuk membantu menetralkan pH. bila pH melebihi 8,5 disarankan dilakukan penggantian air untuk mengembalikan kondisi perairan ke kisaran yang diharapkan (Ahmad et al., 2023)

Salinitas air tambak dapat dipengaruhi oleh air hujan yang dapat menyebabkan salinitas air menjadi turun. Penurunan salinitas ini memicu ketidakseimbangan osmotik dan kekurangan mineral esensial (antara lain kalsium dan magnesium) yang diperlukan untuk proses kalsifikasi eksoskeleton. Akibatnya, kulit udang vaname menjadi lembek (*soft-shell*) dan laju pertumbuhan terhambat (Ritonga et al., 2021)

Apabila kadar nitrit di tambak meningkat melampaui kisaran aman, penanganan dapat dilakukan melalui pergantian air parsial disertai penyiponan untuk mengeluarkan sisa pakan, kotoran, dan sedimen pemicu akumulasi nitrit. Konsentrasi nitrit dapat diturunkan melalui proses pengendapan, yakni ketika polutan dan bahan organik tersuspensi—yang menjadi sumber pencemaran nitrit—mengendap ke dasar tambak, sehingga konsentrasinya di kolom air berkurang. Endapan tersebut kemudian disifon dan dibuang agar tidak kembali melepaskan senyawa nitrogen ke perairan. Selain itu, dapat juga mengurangi jumlah pemberian pakan (Ritonga et al., 2021)

Apabila kandungan amonia tinggi menyebabkan iritasi dan hiperplasia (penebalan) filamen insang, sehingga efisiensi pertukaran gas menurun. Peningkatan konsentrasi amonia di dalam hemolimfa juga menurunkan afinitas pigmen darah (hemosianin) terhadap oksigen, yang pada akhirnya mengurangi kapasitas pengangkutan O_2 dan meningkatkan kerentanan udang terhadap penyakit. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan cara pergantian air dan penyiponan untuk mengeluarkan sedimen serta bahan organik penyumbang amonia, disertai aplikasi probiotik sebagai agen pengendali biologis akuakultur. Kegiatan ini Pendekatan ini ditujukan untuk menurunkan beban amonia di kolom air dan memulihkan kualitas lingkungan pemeliharaan agar pertumbuhan udang kembali optimal (Ahmad et al., 2023).

Kisaran kecerahan air yang ideal untuk tambak udang intensif berada pada 30–50 cm. Tingkat kecerahan tersebut menunjukkan keseimbangan antara kepadatan plankton dan penetrasi cahaya yang mendukung proses fotosintesis. Warna air

yang aman dan stabil bagi budidaya udang umumnya berkisar pada hijau muda, hijau tua, hijau kecokelatan, hingga cokelat muda. Warna-warna tersebut mencerminkan keberadaan fitoplankton dalam jumlah seimbang yang berperan penting dalam menjaga kualitas air dan ketersediaan oksigen di tambak (Ritonga et al., 2021)

6.2.6 Pemanenan

Pemanenan udang vanname dapat dilakukan dengan dua cara, yakni panen parsial dan panen total. Panen parsial bertujuan untuk mengurangi populasi udang pada petakan, sehingga diharapkan udang yang belum dipanen akan memiliki produktivitas yang lebih baik (Ritonga et al., 2021) dan biasanya dilakukan setelah umur pemeliharaan lebih dari 70 hari sedangkan panen total ialah panen keseluruhan udang yang dibudidayakan setelah umur pemeliharaan lebih dari 90 hari. Teknik pemeliharaan dapat dilakukan dengan cara menurunkan volume air dan menangkap udang menggunakan jala. Kegiatan pemanenan sebaiknya dilakukan pada malam hari karena udang sangat peka terhadap sinar matahari. Udang yang telah dipanen harus dicuci bersih dan segera disimpan dalam es untuk mencegah kerusakan udang (Mansyur et al., 2014).

6.3 Budidaya Kepiting Sistem Apartemen

Kepiting bakau (*Scylla* spp.) termasuk dalam Famili Portunidae dari Suku Brachyura, dan memiliki distribusi yang luas di perairan pesisir Indonesia. Di wilayah Indonesia dikenal empat spesies utama, yaitu: kepiting bakau merah (*Scylla olivacea*), kepiting bakau hijau (*Scylla serrata*), kepiting bakau ungu (*Scylla tranquebarica*), dan kepiting bakau putih (*Scylla paramamosain*) (Aulia & Diamahesa, 2024)

Kepiting bakau (*Scylla* spp.) merupakan salah satu komoditas perikanan bernilai ekonomi tinggi yang banyak dibudidayakan di kawasan pesisir tropis. Permintaan pasar terhadap kepiting bakau, baik dalam negeri maupun ekspor, terus meningkat karena cita rasa dagingnya yang khas dan kandungan gizinya yang tinggi.



Gambar 6.2. Kepiting Bakau yang melakukan *molting* .
Sumber: (Mose et al., 2025)

Permintaan konsumen terhadap kepiting bakau hingga saat ini sebagian besar masih dipenuhi melalui penangkapan langsung dari alam, yang hasilnya bersifat fluktuatif dan tidak menentu. Kepiting hasil tangkapan nelayan umumnya memiliki kondisi tubuh yang kurang berisi, sehingga berat badannya menurun dan menyebabkan nilai jual menjadi rendah di pasaran (Mose et al., 2025). Untuk mengatasi permasalahan tersebut serta memenuhi kebutuhan pasar yang terus meningkat, diperlukan upaya pengembangan budidaya kepiting bakau yang dilakukan secara berkelanjutan.

Salah satu inovasi teknologi yang berkembang dalam budidaya kepiting bakau adalah sistem apartemen, yaitu metode pemeliharaan kepiting dalam wadah terpisah secara vertikal. Model budidaya kepiting bakau sistem apartemen menawarkan efisiensi dalam pemanfaatan ruang serta memberikan solusi terhadap perilaku kanibalisme yang umum terjadi pada kepiting bakau. Melalui sistem ini, setiap individu dipelihara secara terpisah dalam suatu sehingga interaksi langsung yang dapat memicu perkelahian dan saling mencapit dapat dihindari. Pemisahan individu menjadi langkah efektif untuk menekan tingkat mortalitas. Penerapan sistem apartemen dimulai dengan pembuatan wadah budidaya berbentuk vertikal yang terdiri atas beberapa tingkat sebagai tempat pemeliharaan kepiting secara

individual dan terkontrol (Akbar et al., 2023). Selain itu, dengan menggunakan metode ini akan memudahkan dalam pengontrolan dan pemberian pakan serta pemantauan Kesehatan sehingga menjadi lebih efisien (Setyono et al., 2024). Model budidaya kepiting bakau dengan sistem apartemen tidak hanya berfungsi untuk produksi kepiting lunak (*soft shell crab*), tetapi juga dapat dimanfaatkan dalam kegiatan penggemukan kepiting. (Akbar et al., 2023)

Adapun tahapan dalam budidaya kepiting sistem apartemen dapat dilihat dibawah ini:

6.3.1 Persiapan Wadah Pemeliharaan

Tahapan awal dalam kegiatan pembesaran kepiting bakau dengan sistem apartemen adalah persiapan wadah budidaya. Wadah yang umum digunakan berupa boks kontainer plastik berkapasitas sekitar 15 liter, yang mudah ditemukan di pasaran (Akbar et al., 2023). Langkah pertama dalam proses ini adalah pembersihan wadah pemeliharaan dengan menggosok bagian dasar dan dinding menggunakan spons serta sabun. Tujuannya untuk menghilangkan kotoran seperti lumut, sisa feses, sisa pakan, dan lumpur yang menempel pada permukaan wadah. Setelah itu, wadah dibersihkan kembali melalui pembilasan menggunakan air tawar. Pembilasan ini dilakukan untuk meminimalkan keberadaan bakteri dan parasit air payau, karena organisme tersebut umumnya tidak mampu bertahan di lingkungan air tawar.

Tahap selanjutnya adalah perendaman wadah dengan air payau. Langkah ini bertujuan agar kondisi media air di dalam wadah dapat beradaptasi dengan lingkungan budidaya, sehingga sesuai dengan habitat alami kepiting bakau. Apabila wadah yang digunakan merupakan wadah baru atau belum pernah digunakan sebelumnya, proses perendaman dilakukan selama tujuh hari sebelum penebaran benih kepiting. Sebaliknya, jika wadah sudah pernah dipakai dalam kegiatan pemeliharaan sebelumnya, maka perendaman cukup dilakukan selama satu hari sebelum penebaran (Ningsih & Affandi, 2023).

6.3.2 Persiapan Media Pemeliharaan

Media air yang digunakan pada sistem budidaya apartemen menerapkan sistem resirkulasi. Penerapan sistem ini bertujuan untuk mengurangi kebutuhan penambahan air payau secara terus-menerus, sehingga lebih efisien dalam penggunaan sumber daya air. Dengan sistem resirkulasi, budidaya kepiting bakau dapat dilakukan di berbagai lokasi, termasuk di daerah yang jauh dari sumber air payau. Pada setiap unit wadah (boks), volume air payau yang digunakan relatif sedikit, yaitu sekitar 3–5 liter dengan tingkat salinitas berkisar antara 25–30 ppm (Akbar et al., 2023).



Gambar 6.3. Wadah pemeliharaan kepiting bakau sistem apartemen

Sumber: (Haikal et al., 2025)

6.3.3 Seleksi Benih Kepiting Bakau

Ciri-ciri benih kepiting bakau yang baik meliputi kondisi tubuh yang utuh, gerakan yang lincah serta responsif, dan warna tubuh yang sesuai dengan spesiesnya. Selain itu, dilakukan seleksi tambahan untuk memilih individu yang gemuk dan tampak sehat sebelum dimasukkan ke dalam wadah apartemen masing-masing. Tahapan seleksi ini penting untuk menekan tingkat mortalitas selama periode pemeliharaan serta meningkatkan keberhasilan budidaya kepiting bakau. Waktu penebaran benih yang paling optimal adalah pada pagi atau sore

hari, ketika suhu lingkungan relatif stabil dan tidak terlalu tinggi. Sebelum proses penebaran, perlu dilakukan persiapan alat dan bahan aklimatisasi, seperti baskom, gunting, dan capit (Aulia & Diamahesa, 2024)

Proses aklimatisasi kepiting dilakukan dengan menempatkan kepiting ke dalam baskom berisi air media apartemen selama kurang lebih 15 menit agar hewan dapat menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan baru. Setelah itu, ikatan pada tubuh kepiting dilepaskan, kemudian tubuh kepiting disiram dengan sedikit air, dan selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah apartemen untuk memulai tahap pemeliharaan (Aulia & Diamahesa, 2024)

6.3.4 Manajemen Pakan

Secara umum, pakan yang digunakan dalam budidaya kepiting bakau meliputi ikan rucah, keong, bekicot, kerang-kerangan, dan bahan alami lainnya. Jenis pakan tersebut termasuk yang paling disukai oleh kepiting bakau karena mengandung nutrisi yang sesuai untuk pertumbuhan dan pembesaran (Aulia & Diamahesa, 2024). Lebih lanjut, pada sistem ini, ikan rucah merupakan pakan utama yang digunakan. Sebelum diberikan, ikan rucah dipotong menjadi ukuran lebih kecil agar mudah dimakan oleh kepiting dan meminimalkan sisa pakan yang dapat menurunkan kualitas air.

Pemberian pakan dilakukan sebanyak 0,5% dari total bobot tubuh kepiting setiap hari. Frekuensi pemberian pakan dilakukan dua kali sehari, yaitu pada pagi hari antara pukul 09.00–10.00 dan sore hari pukul 15.00–16.00. Jenis pakan yang diberikan dapat berupa potongan ikan rucah segar, yang terbukti efektif untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup kepiting bakau (Akbar et al., 2023).

6.3.5 Manajemen Kualitas Air

Kualitas air merupakan salah satu faktor utama yang menentukan keberhasilan kegiatan budidaya. Oleh karena itu, diperlukan manajemen kualitas air yang baik untuk menjaga kondisi media tetap optimal bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup organisme budidaya.

Kepiting bakau memiliki toleransi lingkungan tertentu yang harus dipenuhi agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Parameter fisika-kimia air yang ideal untuk kehidupan kepiting bakau di tambak meliputi suhu 25–35°C, salinitas 15–25 ppt, pH 7,5–9, serta kadar oksigen terlarut (DO) lebih dari 4 mg/L.

Di antara parameter tersebut, salinitas merupakan faktor yang paling berpengaruh, karena kepiting bakau merupakan organisme yang hidup di perairan payau. Salinitas memiliki peranan penting terutama pada fase *molting*, di mana keseimbangan tekanan osmotik tubuh sangat menentukan keberhasilan proses tersebut. Penurunan salinitas yang terjadi secara mendadak dan dalam rentang yang cukup besar dapat mengganggu mekanisme osmoregulasi tubuh kepiting, yang pada akhirnya dapat menyebabkan stres fisiologis bahkan kematian (Ningsih & Affandi, 2023)

6.3.6 Pemanenan

Tahapan panen merupakan bagian akhir dari proses pembesaran kepiting bakau dan menjadi indikator keberhasilan kegiatan budidaya. Untuk kegiatan panen kepiting soka (kepiting cangkang lunak) dalam sistem apartemen, dilakukan ketika terdapat individu kepiting yang mengalami pergantian kulit (*molting*), karena pada fase ini terjadi peningkatan ukuran tubuh akibat proses pergantian eksoskeleton (Ningsih & Affandi, 2023)

Kepiting yang telah selesai *molting* segera dipanen dan dipisahkan untuk mencegah pengerasan kulit. Proses awal dilakukan dengan memindahkan kepiting ke dalam baskom berisi air es dan merendamnya selama ± 15 menit. Perendaman ini bertujuan untuk menjaga agar kulit kepiting tetap lunak dan tidak cepat mengeras (Ningsih & Affandi, 2023).

Selanjutnya, kepiting dikemas menggunakan plastik pembungkus dan disimpan di dalam *freezer*. Proses pengerasan kulit lunak umumnya berlangsung selama sekitar 4 jam, yang terjadi karena adanya absorpsi mineral dan aktivitas enzimatis di dalam tubuh kepiting (Ningsih & Affandi, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, O. :, Farabi, I., & Latuconsina, H. (2023). Manajemen Kualitas Air pada Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di UPT. BAPL (Budidaya Air Payau dan Laut) Bangil Pasuruan Jawa Timur. *JURNAL RISET PERIKANAN DAN KELAUTAN*, 5(1), 1–13.
<https://doi.org/10.33506/jrpk.v5i1.2097>
- Akbar, S. A., Putra, D. F., & Rusydi, I. (2023). Budidaya Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Teknologi Apartemen Sistem Resirkulasi Desa Cot Lamkuweueh, Kota Banda Aceh. *Jurnal Pengabdian Nasional (JPN) Indonesia*, 4(3), 518–527.
<https://doi.org/10.35870/jpni.v4i3.432>
- Aris, M., & Wahiddin, N. (2022). Seleksi Lahan Tambak Idle Untuk Kesesuaian Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). In *Aris Jurnal Ilmiah Platax* (Vol. 10, Issue 1).
<http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax>
- Aulia, D., & Diamahesa, W. A. (2024). MANAJEMEN KUALITAS AIR PADA PEMBESARAN KEPITING BAKAU (*SCYLLA SP.*) SISTEM APARTEMEN DI BALAI BESAR PERIKANAN BUDIDAYA AIR PAYAU (BBPBAP) JEPARA, JAWA TENGAH.
<http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>
- Darwantin, K., Sidik, R., & Mahasri, G. (2016). EFISIENSI PENGGUNAAN IMUNOSTIMULAN DALAM PAKAN TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN, RESPON IMUN DAN KELULUSHIDUPAN UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 18(2), 1–17.
- Haikal, M., Robin, & Kurniawan, A. (2025). SALINITAS TERHADAP MOLTING KEPITING BAKAU (*Scylla serrata*) PADA BUDIDAYA SISTEM APARTEMEN RESIRKULASI.
- Halim, A. M., Fauziah, A., & Aisyah, N. (2022). KESESUAIAN KUALITAS AIR PADA TAMBAK UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*) DI CV. LANCAR SEJAHTERA ABADI, PROBOLINGGO, JAWA TIMUR. *Chanos Chanos*, 20(2), 77.
<https://doi.org/10.15578/chanos.v20i2.11773>

- Khumaidi, A., Muqsith, A., Wafi, A., Jasila, I., & Hikam, T. (2022). KAJIAN TEKNIK PEMBESARAN UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) SECARA INTENSIF DI TAMBAK UDANG BPBAP SITUBONDO. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 5(2).
- Lumenta, C. (2017). *AVERTEBRATA AIR*. Unsratt Press.
- Mansyur, A., Mangampa, M., Suwoyo, H. S., Pantjara, B., & Syah, R. (2014). *Strategi pengelolaan pakan pada budidaya udang vaname*. 1–37.
- Mose, N. I., Indriani, Y., Saselah, J., Ulaan, M., & Manganang, Y. (2025). Pendampingan Pembesaran Kepiting Bakau Dengan Menggunakan Crab Ball Untuk Wadah Pembesaran Kepiting Di Kampung Petta Barat Kabupaten Kepulauan Sangihe. *Marine Kreatif*, 9(1). <http://jurnal.utu.ac.id/mkreatif>
- Ningsih, O., & Affandi, R. I. (2023). *TEKNIK PEMBESARAN KEPITING BAKAU (SCYLLA SP.) DENGAN SISTEM APARTEMEN*. <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/GARA>
- Ramadani, F., Salsabila, S., Iskandar, A. S., Hajirah, R. N., Azani, S. A., & Putri, N. E. (2024). *TEKNIK BUDIDAYA UDANG VANAME SKALA SUPER INTENSIF*.
- Renitasari, D. P., Yunarty, & Saridu, S. A. (2021). PEMBERIAN PAKAN PADA BUDIDAYA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) INTENSIF DENGAN SISTEM INDEX. In *Jurnal Salamata* (Vol. 3, Issue 1).
- Ritonga, L. B., Ade Sudrajat, M., Zainal Arifin, M., Studi Teknik Budidaya Perikanan, P., & Sidoarjo, P. K. (2021). *MANAJEMEN PAKAN PADA PEMBESARAN UDANG VANNAMEI (Litopenaeus vannamei) DI TAMBAK INTENSIF CV. BILANGAN SEJAHTERA BERSAMA FEED MANAGEMENT ON AQUACULTURE VANNAMEI SHRIMP (Litopenaeus vannamei) IN INTENSIVE POND CV. BILANGAN SEJAHTERA BERSAMA*. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/chanos2>
- Setyono, B. D. H., Junaidi, M., Diniariwisan, D., Sumsanto, M., Cokrowati, N., Saputra, A., & Author, C. (2024). Meningkatkan Kompetensi Masyarakat Pesisir dalam Budidaya Kepiting Bakau: Penerapan Sistem Apartemen dan RAS di Desa Persiapan Empol, Sekotong, Lombok Barat. *Jurnal Pengabdian*

Magister Pendidikan IPA, 7(4), 1771–1777.
<https://doi.org/10.29303/jpmpi.v7i4.9939>

Surianti, Gibran Halil M, Sulaeman, M. A., & W M Farhansyah. (2024).
MANAJEMEN BUDIDAYA UDANG VANAMEI (*Litopenaeus*
Vannamei) PADA TAMBAK SEMI INTENSIF DI KABUPATEN
BARRU. *LEMURU: Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan*
Indonesia, 6, 205–212.

BAB 7

BUDIDAYA PERAIRAN RAMAH LINGKUNGAN

7.1 Pendahuluan

Budidaya perairan atau dikenal akuakultur menjadi salah satu sektor pangan dari bidang perikanan yang paling pesat pertumbuhannya. Kebutuhan protein hewani dari ikan dan biota perairan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan kesadaran masyarakat akan pentingnya gizi seimbang. Namun, di balik peluang tersebut, praktik budidaya yang tidak terkendali dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran air, penyebaran penyakit, dan degradasi habitat.

Konsep budidaya perairan ramah lingkungan hadir sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Prinsip dasarnya adalah memproduksi hasil perikanan dengan cara yang berkelanjutan, efisien, dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Menurut FAO (2020), akuakultur adalah kegiatan pemeliharaan, pembesaran, dan pembiakan organisme akuatik (ikan, krustasea, moluska, dan tanaman air) dengan intervensi manusia dalam proses produksinya untuk meningkatkan hasil panen. Berdasarkan tingkat intensitas, sistem budidaya perairan dapat dibedakan menjadi:

1. Ekstensif : Mengandalkan pakan alami, biaya rendah, produksi terbatas.
2. Semi-intensif : Kombinasi pakan alami dan tambahan, teknologi moderat.
3. Intensif : Mengandalkan pakan buatan dan teknologi tinggi, padat tebar tinggi.

Berikut sistem budidaya perairan sebagai berikut:



Gambar 7.1. Budidaya Ikan secara Ekstensif

Sumber: <https://taracipta.co.id/pembahasan-ciri-ciri-kolam-ekstensif>



Gambar 7.2. Budidaya Ikan secara Semi Intensif

Sumber: <https://iratriswiyana.wordpress.com/2013/04/04/jenis-kolam-pembudidayaan-ikan/>



Gambar 7.3. Budidaya Ikan secara Intensif

Sumber: <https://www.kompasiana.com/shaniandh/6245871c5a74dc11f5084c92/sistem-pengelolaan-budidaya-perikanan>

Budidaya perairan ramah lingkungan mengacu pada penerapan teknologi dan manajemen yang memperhatikan kelestarian lingkungan, efisiensi sumber daya, dan kesejahteraan sosial-ekonomi masyarakat. Beberapa prinsip utamanya meliputi:

1. Menggunakan sumber daya secara efisien (air, pakan, energi).
2. Meminimalkan pencemaran dan limbah.
3. Menggunakan metode pengendalian hama/penyakit yang aman bagi ekosistem.
4. Menjaga keanekaragaman hayati di sekitar area budidaya.

Budidaya yang dilakukan dengan prinsip ramah lingkungan akan memberikan manfaat pada sektor ekonomi berupa produksi perikanan yang lebih stabil, kualitas produk lebih baik, harga jual lebih tinggi. Selain itu juga ada manfaat dari sektor sosial berupa tersedianya lapangan kerja, meningkatkan pendapatan masyarakat pesisir dan pedalaman. Serta dalam sektor lingkungan memiliki manfaat berupa dapat mengurangi polusi, menjaga keseimbangan ekosistem perairan.

7.2 Prinsip dan Standar Lingkungan dalam Akuakultur

Penerapan prinsip ramah lingkungan dalam akuakultur bukan hanya tuntutan etika, tetapi juga menjadi syarat penting agar usaha dapat berkelanjutan. Prinsip-prinsip ini menjadi dasar dalam setiap kegiatan produksi untuk meminimalkan kerusakan lingkungan dan menjaga kualitas produk. Prinsip dasar akuakultur dapat menjaga efisiensi sumber daya yaitu dengan menggunakan air, pakan, dan energi secara hemat. Pengendalian Limbah dengan mengelola sisa pakan, kotoran, dan limbah organik agar tidak mencemari lingkungan dan menjaga keseimbangan ekosistem yaitu menjaga biodiversitas sekitar lokasi budidaya.

Dalam pengelolaan kegiatan budidaya perairan ramah lingkungan ada beberapa lembaga internasional dan nasional telah menetapkan standar yang menjadi pedoman praktik

budidaya berkelanjutan. Beberapa Lembaga terkait Adalah sebagai berikut :

1. *FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries (1995)*

- Menjelaskan terkait pengelolaan akuakultur yang tidak merusak habitat alami
- Mendorong efisiensi sumber daya dan pengendalian pencemaran.

2. *ASC (Aquaculture Stewardship Council) Standards*

- Mengatur aspek lingkungan, sosial, dan kesejahteraan hewan budidaya.
- Fokus pada penggunaan pakan ramah lingkungan, pengelolaan limbah, dan pelaporan transparan.

3. *GlobalG.A.P. Aquaculture Standard*

- Mengatur praktik budidaya yang aman, ramah lingkungan, dan beretika.
- Termasuk aspek kesehatan ikan, keamanan pangan, dan perlindungan pekerja.

4. *SNI (Standar Nasional Indonesia) Akuakultur*

Sebagai Contoh:

- **SNI 7583:2010** tentang Budidaya Ikan Lele (*Clarias sp.*) yang Baik (CBIB).
- **SNI 01-6483.2-2000** tentang Cara Budidaya Ikan yang Baik (CBIB). Standar ini menekankan efisiensi pakan, kualitas air, dan pengelolaan limbah.

5. *ISO 14001: Manajemen Lingkungan*

Beberapa perusahaan akuakultur skala besar menerapkan ISO 14001 untuk memastikan sistem manajemen lingkungan yang terstruktur (identifikasi dampak, mitigasi, dan audit lingkungan).

7.3 Teknik Budidaya Perairan Ramah Lingkungan

Teknik budidaya ikan ramah lingkungan dilakukan mulai dari persiapan lahan, pemilihan benih yang berkualitas, manajemen pakan, pengelolaan kualitas air, manajemen hama dan penyakit ikan, serta teknologi inovasi yang diterapkan. Dalam penerapan budidaya perairan ramah lingkungan semua hal tersebut perlu diperhatikan ketika persiapan dan

pelaksanaanya sehingga kegiatan budidaya ikan ramah lingkungan dapat diterapkan. Berikut penjelasan lengkapnya :

1. Pemilihan lokasi budidaya : Lakukan studi daya dukung (*carrying capacity*), pertimbangkan arus, kedalaman, jarak ke pemukiman, ekosistem sensitif (terumbu/mangrove). Panduan FAO & BMP merekomendasikan perencanaan zonasi sebelum pengembangan (FOA, 2025)
2. Benih berkualitas : Pemilihan benih yang berkualitas dilakukan dari seleksi pemilihan induk untuk menghasilkan benih yang baik. Standar benih berkualitas untuk setiap komoditas perairan memiliki SNI yang dapat dilihat kretirianya sehingga dalam pelaksanaan kegiatan budidaya benih berkualitas ketahanan tubuh dan perkembangannya akan lebih sehat.
3. Manajemen Efisien Pakan : Pakan dibagi menjadi pakan alami dan buatan. Pemberian pakan harus dilakukan sesuai dengan ketentuan jumlah yang diberikan setiap harinya hal ini dilakukan agar pemberian pakan yang berlebihan bisa dihindari. Pemberian pakan yang tepat menyesuaikan dengan bobot tubuh ikan dan biomassa ikan perkolam. Pakan penyumbang terbesar limbah budidaya ikan karena kelebihan yang diberikan pakan akan menumpuk di dasar kolam dan tidak terbuang menjadikan air budidaya berbau dan kualitas air akan menurun (Raza et al., 2024)
4. Pengelolaan Kualitas Air : Monitoring rutin (DO, NH₃/NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, pH, suhu), aerasi memadai, dan pengolahan limbah (pengaturan kolam dan sistem budidaya dengan rancangan yang ramah lingkungan). Di sistem intensif, gunakan sensor & kontrol otomatis bila memungkinkan (Gupta et al., 2024)
5. Pengendalian Hama dan Penyakit Tanpa Bahan Kimia Berbahaya : Pengendalian hama penyakit ikan dilakukan dengan penerapan biosecurity dalam lingkungan budidaya perairan. Mencegah hama dan penyakit yang masuk merupakan salah satu strategi budidaya perairan ramah lingkungan. Menjaga kondisi lingkungan lokasi budidaya serta kebersihan peralatan budidaya yang digunakan harus

diperhatikan agar hama dan penyakit tidak menyerang. Penggunaan imonostimulan yang dapat dicampurkan ke pakan menjadi salah satu pencegahan agar biota yang dipelihara tidak terserang penyakit.

6. Pengolahan air limbah budidaya : Pembuangan limbah cair budidaya perairan sebaiknya diberikan sistem pengelolaan limbah kolam sebelum dibuat salah satunya dengan membuat kolam pengendapan, constructed wetlands (*plant-based filtration*), filter mekanis + biofilter, pemanfaatan limbah sebagai pupuk setelah stabilisasi. Terapkan prinsip 3R (*reduce-reuse-recycle*) untuk nutrien.

7.4 Pengelolaan Limbah Budidaya

Pengelolaan limbah dalam kegiatan budidaya perairan (akuakultur) merupakan aspek penting dalam penerapan budidaya berkelanjutan dan ramah lingkungan. Limbah budidaya yang tidak dikelola dengan baik dapat menurunkan kualitas air, menimbulkan bau, memicu ledakan alga (eutrofikasi), serta menyebabkan penyakit pada ikan dan organisme akuatik lainnya.

7.4.1 Jenis Limbah Budidaya

Limbah dari kegiatan budidaya perairan umumnya terdiri dari:

1. Limbah padat, seperti sisa pakan, feses ikan, dan lumpur dasar kolam.
2. Limbah cair, berupa air buangan yang mengandung bahan organik, amonia (NH_3), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), serta bahan kimia lain.
3. Limbah kimia, berasal dari penggunaan obat-obatan, desinfektan, dan bahan kimia untuk pengendalian penyakit.

7.4.2 Prinsip Pengelolaan Limbah Budidaya

Beberapa prinsip utama dalam pengelolaan limbah budidaya adalah:

1. *Reduce* (Mengurangi): Mengurangi sumber limbah sejak awal, misalnya dengan pemberian pakan efisien dan manajemen air yang baik.
2. *Reuse* (Menggunakan kembali): Pemanfaatan air budidaya setelah proses filtrasi atau pengendapan.

3. *Recycle* (Daur ulang): Mengolah limbah menjadi produk bernilai tambah seperti pupuk organik cair, kompos, atau pakan alternatif.

7.4.3 Teknik dan Strategi Pengelolaan Limbah

Beberapa teknik yang dapat diterapkan antara lain:

1. Sedimentasi : Menampung air buangan pada kolam pengendapan (settling pond) untuk mengendapkan partikel padat seperti sisa pakan dan feses sebelum dibuang ke lingkungan.
2. Biofilter dan Fitoremediasi
 - a. Biofilter menggunakan mikroorganisme (bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*) untuk menguraikan amonia menjadi nitrat yang tidak beracun.
 - b. Fitoremediasi menggunakan tanaman air seperti *eceng gondok* (*Eichhornia crassipes*), *kiambang* (*Salvinia molesta*), atau *kangkung air* (*Ipomoea aquatica*) untuk menyerap nutrisi berlebih dalam air.
3. Sistem Resirkulasi (Recirculating Aquaculture System/RAS) : Teknologi ini memungkinkan penggunaan air secara berulang melalui sistem filtrasi biologis, mekanik, dan kimiawi sehingga limbah dapat diminimalkan.
4. Pemanfaatan Limbah sebagai Pupuk atau Pakan
 - a. Limbah padat hasil bioflok atau kolam dapat difermentasi menjadi pupuk organik cair (POC).
 - b. Lumpur kolam dapat dijadikan pupuk padat untuk tanaman hortikultura.
5. Integrasi Budidaya (*Integrated Multi-Trophic Aquaculture/IMTA*): Mengombinasikan berbagai organisme akuatik (ikan, udang, rumput laut, moluska) sehingga limbah dari satu spesies menjadi sumber nutrisi bagi spesies lainnya.

7.5 Sistem Budidaya Perairan Ramah Lingkungan

Menurut Boyd & McNevin (2015), praktik akuakultur berkelanjutan berfokus pada penerapan teknologi dan manajemen yang mampu mengurangi emisi limbah, mengoptimalkan efisiensi pakan, serta menjaga kualitas air di lingkungan budidaya. Sistem budidaya perairan ramah

lingkungan bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, menjaga keseimbangan ekosistem perairan, serta mendukung keberlanjutan produksi. Sistem ini mengutamakan efisiensi penggunaan sumber daya (air, pakan, energi), pengelolaan limbah, serta pemeliharaan kesehatan ikan tanpa merusak ekosistem alami. Beberapa sistem akuakultur yang biasa dilakukan oleh pembudidaya Adalah sebagai berikut :

7.5.1 Sistem Bioflok

Bioflok merupakan salah satu inovasi dalam sistem budidaya ikan yang ramah lingkungan, efisien, dan berkelanjutan. Sistem ini memanfaatkan aktivitas mikroorganisme (bakteri heterotrof) untuk mengubah limbah organik, terutama sisa pakan dan kotoran ikan, menjadi massa mikroba (bioflok) yang dapat digunakan kembali sebagai pakan alami bagi ikan. Menurut Avnimelech (2015), teknologi bioflok adalah pendekatan “*zero water exchange*”, artinya pergantian air dilakukan sangat minimal karena limbah organik diolah langsung di dalam kolam melalui proses biologis.. Bantuan probiotik sebagai bakteri pengurai dalam budidaya sistem bioflok diduga menjadikan ikan lebih sehat dan bobotnya terus bertambah menurut Rarassari *et al.*, 2021 menyatakan bahwa menyatakan bahwa penambahan probiotik (bakteri EM4) dapat menambah bobot ikan lele yang dipelihara pada sistem bioflok.

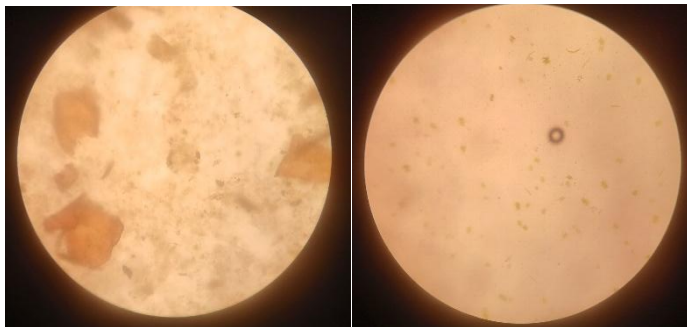
Keuntungan teknologi bioflok yaitu dapat menggunakan pakan tambahan alami sehingga menghemat 20–30% pakan komersial. Kualitas air yaitu lebih stabil seperti amonia dan nitrit terkontrol karena dimanfaatkan bakteri. Produktivitas tinggi karena padat tebar ikan tinggi bisa diterapkan karena sistem sirkulasi tertutup. Bioflok juga dapat mengurangi air limbah budidaya karena berkurangnya pergantian air yang dilakukan serta Kesehatan ikan yang meningkat karena adanya probiotik dalam bentuk flok sehingga mengurangi penyerangan pathogen yang menyerang ikan. Berikut Adalah budidaya perairan dengan sistem bioflok :



Gambar 7.4. Sistem Budidaya ikan dengan teknologi bioflok
Sumber: Pengabdian Sa'adah (2025)



Gambar 7.5. Media bioflok dan hasil flok yang terbentuk
Sumber: Pengabdian Sa'adah (2025)



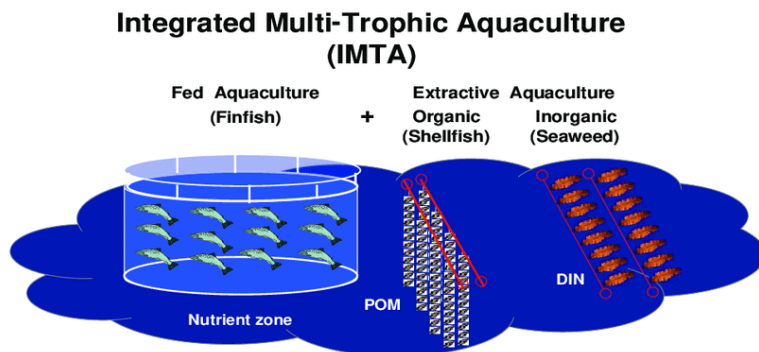
Gambar 7.6. Flok dan plankton dalam sistem bioflok ikan lele
Sumber: Penelitian Sa'adah (2025)

7.5.2 *Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)*

Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) atau Akuakultur Multi-Trofik Terpadu adalah sistem budidaya yang

mengintegrasikan beberapa jenis organisme dari tingkat trofik berbeda dalam satu sistem perairan. Tujuannya adalah untuk menciptakan keseimbangan ekologis, efisiensi pemanfaatan limbah, serta keberlanjutan produksi perikanan. Dalam sistem IMTA, limbah organik dan anorganik dari satu organisme (misalnya ikan atau udang) dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi organisme lain (misalnya rumput laut atau kerang). Dengan demikian, limbah bukan menjadi polutan, tetapi menjadi sumber daya produktif yang mendukung organisme lain dalam sistem. Menurut Chopin *et al.* (2012), IMTA merupakan pendekatan ekosistem akuakultur yang meniru proses alami rantai makanan di laut, di mana organisme heterotrof, autotrof, dan detritivor saling mendukung dalam siklus nutrisi yang berkelanjutan.

Manfaat *Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA) dalam budidaya perikanan berkelanjutan adalah mengurangi limbah dan pencemaran nutrisi (N dan P) di perairan, diversifikasi produk (ikan, rumput laut, kerang) meningkatkan pendapatan pembudidaya, meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap aktivitas budidaya karena lebih ramah lingkungan dan meniru sistem alami dan mendukung keseimbangan ekosistem. Berikut adalah contoh budidaya dengan sistem IMTA :



re: from Chopin (2006)

Gambar 7.7. Sistem *Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA)

Sumber. https://www.researchgate.net/figure/Conceptual-diagram-of-an-integrated-multi-trophic-aquaculture-IMTA-operation-combining_fig1_286751000

7.5.3 *Recirculating Aquaculture System (RAS)*

Recirculating Aquaculture System (RAS) atau Sistem Akuakultur Resirkulasi merupakan teknologi budidaya ikan modern dengan prinsip penggunaan air secara tertutup dan berulang (*recirculation*). Dalam sistem ini, air dari kolam budidaya disaring, diolah, dan dikembalikan ke kolam untuk digunakan kembali sehingga menghemat air dan mengurangi pencemaran lingkungan. Menurut Timmons dan Ebeling (2013), RAS adalah sistem produksi intensif yang menggabungkan filtrasi mekanik, biologis, dan kimiawi untuk mempertahankan kualitas air yang optimal tanpa perlu pergantian air dalam jumlah besar. Sistem ini memungkinkan kepadatan tebar tinggi, efisiensi penggunaan air, dan kontrol lingkungan yang presisi. Kelebihan metode RAS adalah dapat menghemat hingga 90–95% penggunaan air dibanding sistem konvensional, suhu, oksigen, pH, dan kualitas air dapat dikontrol dengan presisi, padat tebar tinggi (hingga 80–100 kg/m³) dapat diterapkan, limbah cair minimal, mudah dikelola dan dapat diterapkan di daerah minim air atau jauh dari sumber alami. Berikut adalah sistem RAS yang dilakukan dalam budidaya perairan:



Gambar 7.8. Sistem *Recirculating Aquaculture System (RAS)*
Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Recirculating_aquaculture_system

DAFTAR PUSTAKA

- Avnimelech, Y. (2015). *Biofloc technology: A practical guide book* (3rd ed.). The World Aquaculture Society.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3869-9>
- Boyd, C. E. (2020). *Water quality: An introduction*. Springer.
- Boyd, C. E., & McNevin, A. A. (2015). *Aquaculture, resource use, and the environment*. Wiley-Blackwell.
<https://doi.org/10.1002/9781118857646>
- Chopin, T., Robinson, S. M. C., Troell, M., Neori, A., Buschmann, A. H., & Fang, J. (2012). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) – A responsible practice providing diversified seafood products while rendering biomitigation services. *Aquaculture*, 356–357, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.045>
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2025). *Guidelines for Sustainable Aquaculture (GSA)*. FAO
- Gupta, Shruti, Makridis, Pavlos, Henry, Ingrid, Velle-George, Michael, Ribicic, Deni, Bhatnagar, Amit, Skalska-Tuomi, Kinga, Daneshvar, Ehsan, Ciani, Elia, Persson, David, Netzer, Roman, Recent Developments in Recirculating Aquaculture Systems: A Review, *Aquaculture Research*, 2024, 6096671, 21 pages, 2024. <https://doi.org/10.1155/are/6096671>
- NACA. (2011). *Better Management Practices for Sustainable Aquaculture*. Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., ... & Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551–563.
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>
- Rarassari, M. A., Dwinanti, S. H., Absharina, F. D., & Gevira, Z. (2021). Aplikasi bioflok dan probiotik dalam pakan pada pembesaran ikan lele mutiara (*Clarias gariepinus*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(2), 329–334

- Rahman, M. M., Verdegem, M. C. J., & Nagelkerke, L. A. J. (2020). Effects of integrated aquaculture systems on water quality and production efficiency. *Aquaculture Research*, 51(12), 4761–4773. <https://doi.org/10.1111/are.14845>
- Raza, B., Zheng, Z., & Yang, W. (2024). A review on biofloc system technology, history, types, and future economical perceptions in aquaculture. *Animals*, 14(10), 1489. <https://doi.org/10.3390/ani14101489>
- Saadah R., M. A. Rarassari dan U. Muharramah. 2025. Pengembangan Budidaya Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) melalui *Low External Input Sustainable Aquaculture* di Pokdakan Balai Bina Kabupaten Banyuasin. Pengabdian Kemendiktisaintek BIMA 2025.
- SNI 01-6483.2-2000. *Produksi Benih Ikan Air Tawar*.
- Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). *Recirculating aquaculture systems (2nd ed.)*. Cayuga Aqua Ventures.

BAB 8

MANAJEMEN PRODUKSI DAN PEMASARAN HASIL BUDIDAYA

8.1 Pendahuluan

Manajemen produksi dan pemasaran hasil budidaya merupakan aspek penting dalam mendukung keberhasilan usaha di sektor perikanan dan pertanian. Proses budidaya yang baik tidak hanya menekankan pada teknik produksi yang efisien, tetapi juga harus memperhatikan strategi pemasaran yang tepat agar produk dapat terserap dengan baik di pasar. Dengan demikian, keberlanjutan usaha budidaya sangat ditentukan oleh kemampuan pelaku usaha dalam mengintegrasikan sistem produksi dengan pemasaran yang efektif (Kotler & Keller, 2016).

Produksi hasil budidaya memerlukan perencanaan yang matang, mulai dari pemilihan bibit unggul, pengelolaan pakan, hingga penerapan teknologi modern dalam pengendalian kualitas. Efisiensi dalam manajemen produksi akan berdampak pada peningkatan produktivitas, kualitas, serta daya saing produk (Gittinger, 2017). Sementara itu, pemasaran hasil budidaya menuntut strategi yang adaptif terhadap perubahan perilaku konsumen, tren pasar, serta perkembangan teknologi digital (Philip et al., 2020). Penerapan manajemen pemasaran yang baik mampu membuka peluang pasar yang lebih luas, baik domestik maupun internasional, sehingga memberikan nilai tambah bagi produk budidaya (Porter, 2008).

Selain itu, tantangan global seperti perubahan iklim, fluktuasi harga, serta persaingan pasar internasional menuntut adanya inovasi dalam pengelolaan produksi dan pemasaran (FAO, 2022). Oleh karena itu, integrasi antara manajemen produksi dan pemasaran menjadi kunci utama dalam membangun ketahanan dan keberlanjutan usaha budidaya. Pembahasan mengenai manajemen produksi dan pemasaran hasil budidaya ini diharapkan dapat memberikan pemahaman

yang komprehensif mengenai strategi yang harus diterapkan oleh pelaku usaha agar dapat mencapai efisiensi, efektivitas, serta keberlanjutan dalam kegiatan budidaya (Yunus, 2019).

8.2 Manajemen Produksi Hasil Budidaya

Manajemen produksi merupakan salah satu aspek penting dalam keberhasilan usaha budidaya perairan. Produksi dalam konteks akuakultur tidak hanya mencakup kegiatan pemeliharaan organisme akuatik hingga siap panen, tetapi juga pengelolaan sumber daya, teknologi, serta tenaga kerja untuk mencapai hasil yang optimal. Menurut Hardianto dkk. (2021), manajemen produksi pada budidaya perairan bertujuan untuk mengendalikan input produksi, meminimalkan risiko, serta memastikan kuantitas dan kualitas produk sesuai permintaan pasar.

Budidaya perairan memiliki karakteristik yang berbeda dari sektor agribisnis lainnya, karena bergantung pada faktor lingkungan seperti kualitas air, suhu, pH, oksigen terlarut, hingga ketersediaan pakan alami maupun buatan. Oleh sebab itu, manajemen produksi tidak bisa dilepaskan dari pengendalian ekosistem dan penerapan teknologi budidaya yang berkelanjutan (Cahyadi, 2022).

8.2.1 Perencanaan Produksi

Tahap awal dalam manajemen produksi adalah perencanaan. Perencanaan mencakup pemilihan komoditas yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan pasar, pemilihan lokasi budidaya, serta penyusunan jadwal produksi. Misalnya, komoditas seperti ikan nila, lele, udang vaname, dan rumput laut dipilih karena memiliki prospek pasar tinggi dan teknologi budidayanya relatif mapan (Nugraha dkk., 2020).

Perencanaan juga harus mempertimbangkan aspek finansial, yaitu biaya benih, pakan, tenaga kerja, sarana-prasarana, serta teknologi pendukung. Jadwal produksi yang baik akan membantu pembudidaya melakukan panen bertahap untuk menjaga kesinambungan suplai ke pasar.

8.2.2 Pengorganisasian Produksi

Pengorganisasian meliputi pengaturan sumber daya manusia, pembagian tugas, serta pengelolaan sarana dan prasarana produksi. Pada unit budidaya skala besar, biasanya terdapat tenaga khusus untuk pengelolaan air, pakan, kesehatan ikan, hingga administrasi keuangan. Sementara pada unit skala kecil, fungsi ini dapat dirangkap oleh pembudidaya.

Menurut Intyas & Abidin (2021), pengorganisasian produksi yang baik akan meningkatkan efisiensi kerja, meminimalkan pemborosan input, serta memperbaiki koordinasi antarbagian.

8.2.3 Pelaksanaa Produksi

Tahap pelaksanaan mencakup seluruh kegiatan teknis budidaya, antara lain:

1. **Manajemen benih:** pemilihan induk unggul, proses pembenihan (*hatchery*), penanganan transportasi benih, serta penebaran benih dengan kepadatan yang tepat.
2. **Manajemen pakan:** pemberian pakan sesuai kebutuhan, kualitas nutrisi, serta efisiensi konversi pakan (*Feed Conversion Ratio/FCR*). Pakan biasanya menyumbang 60–70% biaya produksi.
3. **Manajemen kualitas air:** meliputi pemantauan suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, dan nitrit. Kualitas air yang baik akan mendukung pertumbuhan optimal dan menekan angka kematian.
4. **Pengendalian penyakit:** penerapan biosekuriti, vaksinasi (pada komoditas tertentu), serta penggunaan probiotik.
5. **Monitoring pertumbuhan:** sampling rutin untuk mengukur pertambahan berat, panjang, dan *survival rate*.

Pelaksanaan produksi harus mengikuti prinsip *Good Aquaculture Practices (GAP)* untuk menjamin keberlanjutan lingkungan dan keamanan pangan (FAO, 2020).

8.2.4 Pengendalian Produksi

Pengendalian dilakukan dengan tujuan menjaga mutu hasil dan meminimalkan risiko kegagalan. Kegiatan ini mencakup pengawasan mutu air, kualitas benih dan pakan, serta pencatatan operasional. Sistem pencatatan produksi membantu pembudidaya mengevaluasi hasil, menghitung biaya, dan menentukan strategi perbaikan di siklus berikutnya (Borges, 2021).

8.2.5 Panen dan Pascapanen

Panen merupakan tahap akhir produksi, tetapi harus direncanakan dengan baik agar produk tetap segar dan sesuai standar mutu. Panen dapat dilakukan secara total (sekali habis) atau parsial (bertahap). Setelah panen, hasil budidaya perlu ditangani dengan teknik pascapanen yang benar, meliputi sortasi, grading, pencucian, pendinginan, dan pengemasan.

Penanganan pascapanen yang baik akan mempertahankan nilai jual produk, memperpanjang daya simpan, serta meningkatkan daya saing di pasar domestik maupun internasional (Fattah & Purwanti, 2019).

8.2.6 Analisis Produksi

Analisis produksi mencakup perhitungan produktivitas (misalnya $\text{kg/m}^2/\text{tahun}$ atau ton/ha/tahun), efisiensi produksi, serta analisis keuntungan. Beberapa indikator yang umum digunakan adalah:

1. **Feed Conversion Ratio (FCR)**: efisiensi pakan
2. **Survival Rate (SR)**: tingkat kelangsungan hidup
3. **Break Even Point (BEP)**: titik impas usaha
4. **Return on Investment (ROI)**: keuntungan dibandingkan modal

Analisis ini penting sebagai dasar pengambilan keputusan manajerial dalam siklus budidaya berikutnya.

8.2.7 Kendala dan Solusi

Manajemen produksi dalam budidaya perairan mencakup seluruh tahapan mulai dari perencanaan, persiapan sarana dan prasarana, pemeliharaan, hingga panen dan pascapanen. Tujuan utamanya adalah mencapai hasil produksi yang optimal, efisien, dan berkelanjutan. Namun, dalam praktiknya pembudidaya sering menghadapi berbagai kendala yang memengaruhi produktivitas dan kualitas produk. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang tepat agar usaha budidaya dapat berjalan dengan baik.

Tabel 8.1. Kendala dan Solusi Manajemen Produksi Hasil Budidaya

Aspek Produksi	Kendala	Solusi
Perencanaan Produksi	Perkiraan permintaan pasar tidak akurat → risiko <i>overproduction</i> atau <i>underproduction</i> .	Melakukan survei pasar secara rutin, menggunakan data historis dan prediksi permintaan.
Benih	Kualitas benih tidak seragam, rentan penyakit.	Menggunakan hatchery bersertifikat, uji kualitas benih sebelum tebar, penerapan <i>biosecurity</i> .
Pakan	Biaya pakan tinggi (60–70% dari total biaya produksi).	Optimasi pemberian pakan, penggunaan pakan mandiri, penelitian pakan alternatif berbasis lokal.
Kualitas Air	Fluktuasi suhu, oksigen rendah, pencemaran.	Monitoring rutin kualitas air, penggunaan aerator, sistem resirkulasi, dan filtrasi.
Kesehatan Ikan	Wabah penyakit dan parasit yang dapat menurunkan produksi.	Vaksinasi, karantina ikan baru, penerapan manajemen kesehatan terpadu.

Aspek Produksi	Kendala	Solusi
Teknologi Produksi	Masih banyak menggunakan teknologi tradisional dengan efisiensi rendah.	Adopsi teknologi intensif/ <i>modern</i> (bioflok, RAS), pelatihan pembudidaya.
Sumber Daya Manusia	Keterbatasan pengetahuan teknis dan manajerial pembudidaya.	Penyuluhan, pelatihan, peningkatan kapasitas SDM melalui program pemerintah/akademik.
Modal dan Pembiayaan	Sulitnya akses permodalan dari lembaga keuangan.	Skema kredit usaha rakyat (KUR), kemitraan dengan perusahaan, koperasi pembudidaya.
Pemanenan	Panen tidak terjadwal → harga jual rendah saat panen massal.	Penjadwalan panen terencana, diversifikasi pasar.
Pascapanen	Penanganan pascapanen buruk (penyimpanan, transportasi) → menurunkan mutu produk.	Penggunaan rantai dingin (<i>cold chain</i>), pengemasan higienis, peningkatan fasilitas logistik.

Sumber: Hasil olahan penulis, diadaptasi dari FAO (2022), KKP (2021), dan Suryanto & Yuliana (2019).

8.3 Manajemen Pemasaran Hasil Budidaya

Manajemen pemasaran merupakan salah satu aspek penting dalam agribisnis karena menentukan bagaimana hasil budidaya dapat sampai ke tangan konsumen dengan cara yang efektif, efisien, dan menguntungkan. Kotler dan Keller (2016) mendefinisikan pemasaran sebagai suatu proses sosial dan manajerial di mana individu maupun kelompok memperoleh apa yang mereka butuhkan dan inginkan melalui penciptaan, penawaran, serta pertukaran produk yang bernilai. Dalam konteks hasil budidaya, manajemen pemasaran berfungsi untuk menghubungkan kegiatan produksi dengan kebutuhan pasar

sehingga tercipta nilai tambah baik bagi produsen maupun konsumen.

8.3.1 Konsep Pemasaran dalam Budidaya

Pemasaran dalam konteks budidaya perairan tidak hanya sebatas menjual produk hasil panen, tetapi juga meliputi serangkaian kegiatan yang direncanakan dan diorganisasi untuk menciptakan, mengkomunikasikan, dan menyampaikan nilai produk kepada konsumen. Konsep pemasaran modern berorientasi pada kepuasan konsumen dengan tetap memperhatikan efisiensi biaya distribusi dan keberlanjutan usaha.

Prinsip utama pemasaran hasil perikanan dan budidaya perairan mencakup:

1. **Orientasi Konsumen** – memahami kebutuhan pasar terkait ukuran, kualitas, dan bentuk produk.
2. **Integrasi Kegiatan Pemasaran** – mulai dari produksi, pengolahan, hingga distribusi harus terkoordinasi.
3. **Pencapaian Tujuan Usaha** – melalui keuntungan finansial, keberlanjutan usaha, dan kepuasan konsumen.

8.3.2 Strategi Pemasaran Hasil Budidaya

Strategi pemasaran hasil budidaya perairan merupakan langkah terencana yang digunakan oleh pembudidaya atau pelaku usaha perikanan untuk meningkatkan nilai jual, memperluas pasar, dan menjamin keberlanjutan usaha. Dalam industri akuakultur yang semakin kompetitif, strategi pemasaran tidak hanya berorientasi pada penjualan produk, tetapi juga pada penciptaan nilai tambah, diferensiasi produk, serta pemenuhan standar mutu dan keamanan pangan.

Penerapan bauran pemasaran (*marketing mix*) menjadi kunci dalam merancang strategi pemasaran hasil budidaya. Unsur-unsurnya meliputi:

1. Produk (*Product*)

Produk hasil budidaya harus memenuhi standar kualitas sesuai dengan permintaan pasar. Faktor yang memengaruhi antara lain ukuran, kesegaran, nilai gizi, serta keamanan

pangan. Pengembangan produk olahan seperti fillet ikan, nugget, udang beku, maupun rumput laut kering dapat meningkatkan daya saing di pasar domestik maupun ekspor.

2. Harga (*Price*)

Strategi harga ditentukan berdasarkan biaya produksi, daya beli konsumen, dan kondisi persaingan. Model harga kompetitif atau premium dapat diterapkan sesuai dengan segmen pasar. Produk dengan sertifikasi organik atau ramah lingkungan biasanya memiliki nilai jual lebih tinggi.

3. Tempat/Distribusi (*Place*)

Distribusi hasil budidaya melibatkan berbagai saluran, mulai dari pasar tradisional, pedagang pengumpul, retail modern, restoran, hingga ekspor. Efisiensi distribusi berperan penting dalam menjaga kesegaran produk dan menekan biaya logistik.

4. Promosi (*Promotion*)

Promosi dapat dilakukan melalui branding produk, kampanye konsumsi ikan, pameran, dan pemasaran digital. Pemanfaatan media sosial serta platform e-commerce semakin relevan dalam memperluas jangkauan konsumen.

5. Orang (*People*)

Pelaku usaha yang terampil dalam komunikasi, pelayanan, dan negosiasi mampu meningkatkan hubungan dengan konsumen dan mitra dagang. Peningkatan kapasitas sumber daya manusia menjadi strategi penting.

6. Proses (*Process*)

Proses produksi hingga distribusi harus memenuhi standar keamanan pangan (*food safety*). Penerapan *Good Aquaculture Practices* (GAP) dan sertifikasi HACCP akan meningkatkan kepercayaan pasar.

7. Bukti Fisik (*Physical Evidence*)

Kemasan yang higienis, menarik, dan berlabel resmi menjadi bukti kualitas produk. Identitas merek (*brand image*) juga membantu membedakan produk budidaya di tengah persaingan pasar.

8.3.3 Saluran Pemasaran Hasil Budidaya

Saluran pemasaran menggambarkan jalur produk dari produsen ke konsumen. Beberapa pola distribusi yang umum:

1. Produsen → Konsumen langsung (*direct marketing*).
2. Produsen → Pedagang pengumpul → Pasar tradisional → Konsumen.
3. Produsen → Pengolah → Retail modern → Konsumen.
4. Produsen → Eksportir → Pasar internasional.

Pemilihan saluran pemasaran ditentukan oleh skala usaha, jenis komoditas, serta segmen pasar yang dituju.

8.3.4 Strategi Diferensiasi dan Segmentasi Pasar

Dalam persaingan bisnis hasil budidaya perairan, produsen tidak hanya dituntut menghasilkan produk berkualitas, tetapi juga harus mampu membedakan produknya dari kompetitor dan menentukan segmen konsumen yang tepat. Dua pendekatan penting dalam hal ini adalah strategi diferensiasi dan segmentasi pasar. Diferensiasi berfokus pada penciptaan keunikan produk agar bernilai lebih di mata konsumen, sedangkan segmentasi pasar membantu produsen memilih target konsumen yang sesuai dengan karakteristik produk.

Strategi diferensiasi dan segmentasi saling melengkapi. Diferensiasi menghasilkan keunikan produk, sementara segmentasi memastikan produk tersebut dipasarkan ke kelompok konsumen yang paling membutuhkan. Misalnya, rumput laut organik bersertifikat dapat ditargetkan untuk segmen konsumen menengah ke atas atau pasar ekspor Jepang yang sensitif terhadap isu kesehatan dan keamanan pangan.

8.3.5 Pemasaran Digital dan Globalisasi Pasar

Pemasaran digital merupakan strategi pemasaran yang memanfaatkan internet, media sosial, marketplace, dan teknologi informasi lainnya untuk mempromosikan serta mendistribusikan produk.

Globalisasi pasar adalah proses integrasi ekonomi dunia yang memungkinkan produk dari suatu negara dipasarkan ke seluruh penjuru dunia. Dalam sektor perikanan budidaya, globalisasi menghadirkan peluang sekaligus tantangan.

Pemasaran digital dan globalisasi saling memperkuat. Melalui pemasaran digital, produsen skala kecil pun berpeluang menembus pasar global dengan biaya rendah. Misalnya, promosi produk budidaya melalui website berbahasa Inggris atau platform B2B internasional (Alibaba, TradeKey, Indotrading) dapat mempertemukan pembudidaya dengan importir mancanegara.

8.3.6 Tantangan dan Peluang

Dalam mengelola pemasaran hasil budidaya perairan, terdapat sejumlah tantangan yang dihadapi oleh pelaku usaha, namun di sisi lain juga tersedia berbagai peluang yang bisa dimanfaatkan untuk meningkatkan daya saing dan nilai produk.

Tabel 8.2. Tantangan dan Peluang Manajemen Pemasaran Hasil Budidaya

Aspek	Tantangan	Peluang
Harga & Permintaan	Fluktuasi harga akibat musim, pasokan, dan kondisi pasar global → menurunkan kepastian pendapatan.	Permintaan produk perikanan global meningkat seiring tren makanan sehat dan protein berkelanjutan.
Persaingan	Persaingan ketat dengan produk sejenis dari negara lain (Vietnam, Thailand, India).	Potensi diferensiasi produk (organik, ramah lingkungan, olahan bernilai tambah) meningkatkan daya saing.
Distribusi & Infrastruktur	Rantai distribusi dingin (<i>cold chain</i>) belum merata, risiko kerusakan produk tinggi.	Perkembangan logistik modern & e-commerce mendukung distribusi lebih cepat dan luas.

Aspek	Tantangan	Peluang
Standar Mutu & Regulasi	Persyaratan ekspor ketat (HACCP, GAP, eco-label), sulit dipenuhi pembudidaya kecil.	Dukungan pemerintah dan lembaga sertifikasi membantu peningkatan mutu dan akses pasar ekspor.
Pemasaran	Literasi digital masih rendah, banyak produsen bergantung pada pasar tradisional.	Digitalisasi membuka peluang promosi via marketplace, media sosial, dan B2B internasional (Alibaba, Indotrading).
Konsumen	Konsumen domestik masih sensitif terhadap harga, kurang memperhatikan kualitas.	Konsumen global cenderung memilih produk berkelanjutan, organik, dan bersertifikat → peluang diferensiasi.
Produk	Banyak produk dijual dalam bentuk mentah dengan nilai tambah rendah.	Diversifikasi produk olahan (fillet, nugget, abon, kosmetik berbasis kolagen, rumput laut olahan) meningkatkan nilai jual.

Sumber: Hasil olahan penulis, diadaptasi dari Kotler & Keller (2016), Suryanto & Yuliana (2019), FAO (2022), dan KKP (2021).

Dengan demikian, meskipun terdapat tantangan yang kompleks dalam manajemen pemasaran hasil budidaya perairan, berbagai peluang juga terbuka luas. Kunci keberhasilan terletak pada kemampuan pelaku usaha dalam mengubah tantangan menjadi kesempatan, melalui inovasi produk, pemanfaatan teknologi digital, serta pemenuhan standar mutu yang berlaku di pasar global.

DAFTAR PUSTAKA

- Borges, B. A. A. (2021). *Sustainable Aquaculture: Management and Techniques*. Delve Publishing.
- Cahyadi, J. (2022). *Manajemen Perikanan Budidaya Air Payau dan Laut: Prinsip & Praktik*. Banda Aceh: USK Press.
- Chaffey, D., & Ellis-Chadwick, F. (2019). *Digital Marketing* (7th ed.). Pearson Education.
- FAO. (2020). *Good Aquaculture Practices (GAP) Guidelines*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fattah, M., & Purwanti, P. (2019). *Manajemen Industri Perikanan*. Malang: UB Press.
- Gittinger, J. P. (2017). *Economic Analysis of Agricultural Projects*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Gitosudarmo, I. (2014). *Manajemen Pemasaran*. Yogyakarta: BPFE.
- Hardianto, Sucipto, & Tim. (2021). *Buku Referensi Manajemen Industri Budidaya Perikanan*. Jakarta: Media Penerbit Indonesia.
- Intyas, C. A., & Abidin, Z. (2021). *Manajemen Agribisnis Perikanan*. Kubuku Press.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2020). *Statistik Ekspor Hasil Perikanan Indonesia*. Jakarta: KKP.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2021). *Strategi Pemasaran Hasil Perikanan Budidaya*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2021). *Strategi Ekspor Produk Perikanan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing Management* (15th ed.). Pearson Education.
- Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2021). *Marketing 5.0: Technology for Humanity*. Hoboken: Wiley.
- Lupiyoadi, R. (2013). *Manajemen Pemasaran Jasa*. Jakarta: Salemba Empat.

- Nugraha, J. P., dkk. (2020). *Agribisnis Perikanan*. Jakarta: Mega Press.
- Philip, N., Raju, P., & Thomas, S. (2020). Digital marketing strategies in agribusiness: Opportunities and challenges. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 56(2), 101–110.
- Porter, M. E. (1998). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.
- Porter, M. E. (2008). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.
- Stanton, W. J., Etzel, M. J., & Walker, B. J. (2012). *Fundamentals of Marketing*. McGraw-Hill.
- Suryanto, A., & Yuliana, E. (2019). *Pemasaran Hasil Perikanan*. Malang: UB Press.
- Yunus, M. (2019). Strategi pengembangan pemasaran hasil perikanan berbasis digital. *Jurnal Manajemen Agribisnis Indonesia*, 7(2), 45–55.

BIODATA PENULIS



Tohap Simangunsong, S.Pd., M.Sc.

Dosen Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman

Penulis merupakan seorang dosen di Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman. Dosen memiliki peran penting dalam dunia pendidikan tinggi, khususnya dalam menjalankan tugas tridarma perguruan tinggi. Hasil pemikiran dan penelitian dari dosen dapat menjadi sumber ilmu baru bagi mahasiswa, masyarakat, pemangku kepentingan, dan lainnya. Hasil tersebut juga diharapkan dapat diterapkan di masyarakat melalui program pengabdian masyarakat. Dosen berperan besar dalam menyebarkan pengetahuan. Buku ini ditawarkan sebagai referensi terbaruterkait dengan perikanan pesisir dan laut. Buku ini bermanfaat bagi pembaca yang ingin memperluas pemahaman mengenai sektor perikanan dan akuakultur pesisir dan laut.

BIODATA PENULIS



Jetti Treslah Saselah, S.Pi,M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Budidaya Ikan
Jurusan Perikanan dan Kebaharian Politeknik Negeri Nusa Utara

Penulis lahir di Manado tanggal 30 Juni 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Budidaya Ikan Jurusan Teknologi Perikanan dan Kebaharian Program Studi Teknologi Budidaya Ikan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi dan melanjutkan S2 pada Program Studi Ilmu Perairan Pascasarja Universitas Sam Ratulangi Manado. Mulai bekerja di Politeknik Negeri Nusa Utara sebagai Dosen pada tahun 2010-sekarang. memiliki keahlian sebagai operator, teknisi dan ahli dalam budidaya pembesaran ikan, keahlian pembenihan ikan, Senior Trainer dalam kegiatan perikanan budidaya. penulis juga terlibat dalam kegiatan penelitian dan pengabdian dalam bidang budidaya ikan dan aktif dalam pertemuan pertemuan ilmiah. Penulis dapat dihubungi lewat email : jettisaselah@gmail.com

BIODATA PENULIS



Nursanti, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Ilmu Perikanan
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Wira Bhakti Makassar

Penulis lahir di Bone, Sulawesi Selatan, pada 5 November 1990. Saat ini, penulis menjabat sebagai dosen tetap di Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi (SAINTEK), Universitas Wira Bhakti. Penulis menempuh pendidikan Sarjana (S1) pada Jurusan Budidaya Perairan, Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar, dan melanjutkan pendidikan Magister (S2) di Jurusan Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Laut, Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar. Penulis menekuni bidang Ilmu Perikanan, khususnya pengelolaan budidaya perikanan pesisir dan laut.

BIODATA PENULIS



Yohanes Harvinda, S.Pi., M.Sc.

Dosen Program Studi S1 Ilmu Kelautan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Jenderal Soedirman

Lahir di Pangkalan Bun, 26 September 1999. Penulis menempuh pendidikan sarjana di Prodi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Gadjah Mada, dan lulus pada tahun 2021. Melanjutkan studi di bidang yang sama di Prodi Magister Ilmu Perikanan Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2022, dengan tesis tentang produksi, pemurnian, dan karakterisasi enzim kitinase dari *Micromonospora* sp. AR17. Pada jenjang magister ini, ia lulus *cumlaude* dan meraih predikat Wisudawan Terbaik Fakultas Pertanian.

Sejak tahun 2025, penulis berkarier sebagai Dosen di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) Purwokerto. Bidang keilmuan yang digeluti meliputi pengolahan hasil perikanan, bioteknologi kelautan, mikrobiologi pangan laut, serta inovasi berbasis sumber daya hayati pesisir.

Selain mengajar dan meneliti, penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian masyarakat, khususnya pada isu-isu ketahanan pangan laut, pengembangan UMKM berbasis perikanan, dan pemberdayaan masyarakat pesisir melalui diversifikasi produk hasil perikanan.

Minat riset saat ini meliputi:

1. Bioplastik biodegradable berbasis sumber daya laut,
2. Bioteknologi mikroba untuk pangan fungsional, dan
3. Pengembangan model bisnis berbasis hasil perikanan yang ramah lingkungan.

Dengan latar belakang akademik, pengalaman profesional, dan komitmen pada pengembangan ilmu pengetahuan, penulis terus berupaya memberikan kontribusi nyata bagi sektor perikanan dan kelautan Indonesia, baik melalui pendidikan, penelitian, maupun pengabdian masyarakat.

Penulis dapat dihubungi melalui

e-mail : yohanes.harvinda@unsoed.ac.id

LinkedIn : Yohanes Harvinda

Instagram : yohanesharvinda_

BIODATA PENULIS



Suleman S.S.T.Pi.,M.P

Suleman S.S.T.Pi.,M.P lahir di Malaysia pada tanggal 12 April 1989, penulis adalah dosen aktif pada Universitas Nusa Cendana, program studi budidaya perairan, Fakultas Peternakan Kelautan dan Perikanan. Penulis menyelesaikan S1 pada Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta program studi Teknologi Akuakultur pada tahun 2013. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan S2 di Universitas Brawijaya pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.

Penulis juga aktif sebagai editor dan reviewer pada beberapa jurnal nasional. Sejumlah publikasi ilmiah telah dihasilkan penulis baik diterbitkan pada jurnal nasional dan internasional maupun buku. Beberapa judul buku yang telah diterbitkan diantaranya Kewirausahaan dan Agribisnis Perikanan, Dasar-dasar Akuakultur: Prinsip, Teknologi dan Manajemen Budidaya Perairan dan Parameter Kualitas Air dalam Akuakultur.

BIODATA PENULIS



Numisye Iske Mose, STP. M.Sc

Program Studi Teknologi Budidaya Ikan
Jurusan Teknologi Perikanan dan Kebaharian
Politeknik Negeri Nusa Utara

Penulis, dilahirkan di Manado pada 02 Oktober 1988. Penulis mengawali karir sebagai dosen pada 01 Desember 2016. Penulis telah memiliki sertifikat kompetensi Teknisi Budidaya Perikanan pada tahun 2021. Selain sebagai dosen, penulis juga bagian dari tim pengelola Pusat Budidaya Ikan Air Tawar (PBIAT) Manganitu Polnustar yang telah tersertifikasi IKI dan CKIB. Penulis giat melakukan penelitian dan kegiatan pengabdian kepada masyarakat terkait budidaya ikan air tawar di Sangihe.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: iskemose88@gmail.com

BIODATA PENULIS



Raudhatus Sa'adah, S.Pi., M.Si

Dosen Program Studi Agribisnis Pangan
Jurusan Rekayasa Teknologi dan Bisnis Pertanian
Politeknik Negeri Sriwijaya

Penulis lahir di Bandar Lampung tanggal 29 November 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agribisnis Pangan Jurusan Rekayasa Teknologi dan Bisnis Pertanian, Politeknik Negeri Sriwijaya. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Budidaya Perairan Universitas Sriwijaya dan melanjutkan S2 pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan Universitas Sriwijaya.

BIODATA PENULIS



Nur Islah Sugianto, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Ilmu Perikanan
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Wira Bhakti

Penulis lahir di Makassar tanggal 01 November 1998. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Wira Bhakti. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan dan melanjutkan S2 pada Program Studi Ilmu Perikanan. Bidang keahlian yang digeluti adalah manajemen produksi dan pemasaran hasil perikanan. Buku ini merupakan salah satu karya akademik yang ditulis sebagai bentuk kontribusi penulis dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang manajemen produksi dan pemasaran hasil perikanan.