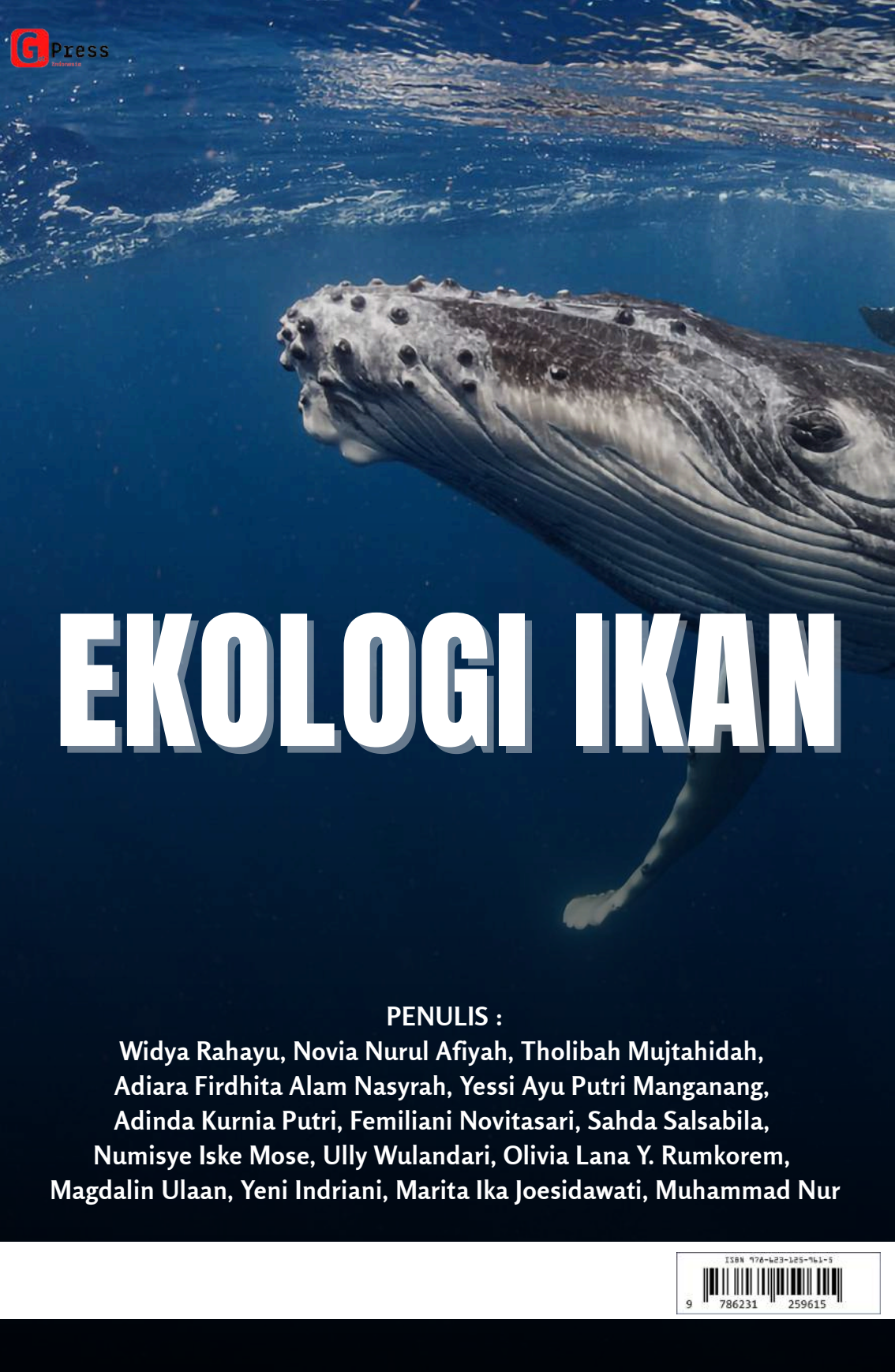




EKOLOGI IKAN

PENULIS :

**Widya Rahayu, Novia Nurul Afiyah, Tholibah Mujtahidah,
Adiara Firdhita Alam Nasyrh, Yessi Ayu Putri Manganang,
Adinda Kurnia Putri, Femiliani Novitasari, Sahda Salsabila,
Numisye Iske Mose, Ullly Wulandari, Olivia Lana Y. Rumkorem,
Magdalin Ulaan, Yeni Indriani, Marita Ika Joesidawati, Muhammad Nur**

EKOLOGI IKAN

**Widya Rahayu
Novia Nurul Afiyah
Tholibah Mujtahidah
Adiara Firdhita Alam Nasyrh
Yessi Ayu Putri Manganang
Adinda Kurnia Putri
Femiliani Novitasari
Sahda Salsabila
Numisye Iske Mose
Ully Wulandari
Olivia Lana Y. Rumkorem
Magdalin Ulaan
Yeni Indriani
Marita Ika Joesidawati
Muhammad Nur**



GET PRESS INDONESIA

EKOLOGI IKAN

Penulis :

Widya Rahayu
Novia Nurul Afiyah
Tholibah Mujtahidah
Adiara Firdhita Alam Nasyrah
Yessi Ayu Putri Manganang
Adinda Kurnia Putri
Femiliani Novitasari
Sahda Salsabila
Numisye Iske Mose
Ully Wulandari
Olivia Lana Y. Rumkorem
Magdalin Ulaan
Yeni Indriani
Marita Ika Joesidawati
Muhammad Nur

ISBN : 978-623-125-961-5

Editor : Dr. Neila Sulung, S.Pd, M.Kes

Penyunting : Tri Putri 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, Juli 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 Ekologi Ikan ini.

Buku Ini Membahas Konsep dasar ekologi ikan, Seksualitas ikan, Tingkat kematangan gonad, Fekunditas, konsep ruaya pada ikan, Awal daur hidup ikan, Kebiasaan makan dan cara makan ikan, Pertumbuhan ikan, cara menentukan umur ikan, konsep dinamika populasi ikan, Adaptasi Ikan terhadap Lingkungan, Interaksi Ikan dengan Lingkungan Abiotik dan Biotik, Peran Ikan dalam Ekosistem Perairan, Ekologi Ikan dalam Konteks Perubahan Iklim, Konservasi dan Pengelolaan Sumber Daya Ikan.

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, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB 1 KONSEP DASAR EKOLOGI IKAN.....	1
1.1 Pendahuluan: Definisi dan Ruang Lingkup	
Ekologi Ikan	1
1.1.1 Definisi Ekologi: Panggung Interaksi	
Kehidupan	1
1.1.2 Definisi Ekologi Ikan: Menyorot Aktor	
Utama Dunia Akuatik.....	1
1.1.3 Urgensi dan Relevansi: Mengapa Memahami	
Ekologi Ikan Krusial?	2
1.1.4 Tingkat Organisme dalam Ekologi: Membedah	
Kehidupan Ikan dari Berbagai Sklala	3
1.2 Lingkungan Ikan: Faktor Abiotik	6
1.2.1 Faktor Fisik	7
1.2.2 Faktor Kimia	9
1.3 Adaptasi Ikan terhadap Lingkungannya	11
1.3.1 Adaptasi Morfologi: Cerminan Ekologi	
dalam Bentuk Tubuh.....	12
DAFTAR PUSTAKA.....	16
BAB 2 SEKSUALITAS IKAN.....	19
2.1 Pendahuluan	19
2.2 Jenis Seksualitas Ikan	20
2.2.1 Gonokorisme (seks jantan dan betina tetap)	20
2.2.2 Hermaprodit	21
2.2.3 Partenogenesis atau reproduksi aseksual	23
2.2.4 Contoh ikan yang dapat berganti kelamin	24
2.3 Ciri Seksual Primer dan Sekunder	26
2.3.1 Ciri Seksual Primer	26
2.3.2 Ciri Seksual Sekunder	27
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Seksualitas.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	32

BAB 3 TINGKAT KEMATANGAN GONAD	35
3.1 Definisi	35
3.2 Anatomi Sistem Reproduksi	36
3.2.1 Anatomi sistem reproduksi jantan.....	36
3.2.2 Anatomi sistem reproduksi betina.....	37
3.3 Perkembangan Gonad	38
3.4 Tingkat Kematangan Gonad.....	39
3.4.1 Tingkat Kematangan Gonad Menurut Beberapa Peneliti Terdahulu	39
3.5 Diameter Telur.....	45
3.6 Faktor yang mempengaruhi TKG.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
BAB 4 FEKUNDITAS	49
4.1 Pendahuluan	49
4.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fekunditas	50
4.2.1 Faktor Internal.....	51
4.2.2 Faktor Eksternal.....	52
4.3 Metode Pengukuran Fekunditas	53
4.3.1 Metode Perhitungan Langsung (Gravimetrik) ...	54
4.3.2 Metode Sub-sampling.....	54
4.3.3 Metode Volumetrik	54
4.4 Hubungan Fekunditas dengan Parameter Biologis ...	55
4.4.1 Fekunditas dengan panjang.....	55
4.4.2 Fekunditas dengan bobot	55
4.5 Studi Kasus Fekunditas pada Beberapa Jenis Ikan ...	56
4.6 Implikasi Ekologis.....	58
4.7 Kesimpulan.....	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
BAB 5 KONSEP RUAYA PADA IKAN.....	67
5.1 Pengertian dan Konsep Dasar Ruaya Ikan	67
5.2 Ruaya Berdasarkan Habitat.....	70
5.3 Tujuan Ruaya	75
5.4 Faktor yang Mempengaruhi Ruaya	77
DAFTAR PUSTAKA.....	80
BAB 6 AWAL DAUR HIDUP IKAN	83
6.1 Awal Daur Hidup Ikan.....	83
6.2 Struktur dan Jenis Telur Ikan	85

6.2.1 Struktur Telur Ikan	85
6.2.2 Jenis Telur Ikan.....	85
6.3 Pembuahan dan Perkembangan Embrio	86
6.3.1 Pembuahan (Fertilisasi).....	86
6.3.2 Perkembangan Embrio Ikan.....	88
6.4 Perkembangan Larva.....	90
6.4.1 Larva dengan Kantung Kuning Telur (<i>Yolk Sac Larvae</i>)	91
6.4.2 Preflexion Larvae	91
6.4.3 Flexion dan Post-Flexion Larvae.....	92
6.5 Fase Transisi dan Ikan Muda (Yuwana).....	93
DAFTAR PUSTAKA.....	95
BAB 7 KEBIASAAN DAN CARA MAKAN IKAN.....	101
7.1 Pendahuluan	101
7.2 Kebiasaan Makan (<i>Food Habits</i>).....	103
7.3 Klasifikasi Berdasarkan Tipe makanan	103
7.4 Cara Makan Ikan.....	123
DAFTAR PUSTAKA.....	127
BAB 8 PERTUMBUHAN IKAN	133
8.1 Pendahuluan	133
8.2 Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan	135
8.3 Pertumbuhan Alometrik dan Isometrik.....	139
8.4 Hubungan Panjang Berat	142
8.5 Faktor Kondisi	143
DAFTAR PUSTAKA.....	146
BAB 9 CARA MENENTUKAN UMUR IKAN.....	149
9.1 Pendahuluan	149
9.2 Cara Menentukan Umur Ikan	151
9.2.1 Metode validasi secara langsung	152
9.2.2 Metode Validasi Tidak Langsung.....	154
DAFTAR PUSTAKA.....	162
BAB 10 KONSEP DINAMIKA POPULASI IKAN.....	165
10.1 Definisi.....	165
10.2 Konsep Dasar Dinamika Populasi	168
10.3 Struktur Umur dan Pertumbuhan.....	171
10.4 Rekrutmen	173

10.5 Kapasitas Daya Dukung dan Keseimbangan	
Populasi.....	176
10.6 Interaksi dengan Lingkungan dan Spesies Lain	177
10.7 Aplikasi Dinamika Populasi dalam Pengelolaan	
Perikanan	179
10.8 Penutup	182
DAFTAR PUSTAKA.....	184
BAB 11 ADAPTASI IKAN TERHADAP LINGKUNGAN ..	187
11.1 Pendahuluan.....	187
11.2 Jenis-jenis Adaptasi	188
11.2.1 Adaptasi Morfologi	188
11.2.2 Adaptasi Fisiologi.....	191
11.2.3 Adaptasi Tingkah Laku.....	196
11.3 Kesimpulan	198
DAFTAR PUSTAKA.....	199
BAB 12 INTERAKSI IKAN DENGAN LINGKUNGAN	
ABIOTIK DAN BIOTIK.....	203
12.1 Pendahuluan.....	203
12.2 Komponen Abiotik dalam Ekosistem Perairan.....	204
12.3 Komponen Biotik dalam Ekosistem Perairan	207
12.4 Interaksi antar komponen penyusun ekosistem.....	210
DAFTAR PUSTAKA.....	216
BAB 13 PERAN IKAN DALAM EKOSISTEM	
PERAIRAN.....	219
13.1 Pendahuluan.....	219
13.2 Ikan sebagai Komponen Biotik Ekosistem	220
13.3 Ikan dalam Siklus Nutrien.....	222
13.4 Ikan sebagai Bioindikator Kesehatan Ekosistem.....	224
13.5 Ikan Sebagai Komoditi Budiaya	226
13.5.1 Sumber Pangan Bergizi.....	227
13.5.2 Menopang Perekonomian Masyarakat	227
13.5.3 Mendukung Ketahanan Pangan Nasional	228
13.6 Ancaman Terhadap Peran Ekologi Ikan	228
DAFTAR PUSTAKA.....	230
BAB 14 EKOLOGI IKAN DALAM KONTEKS	
PERUBAHAN IKLIM	235
14.1 Pendahuluan.....	235

14.2 Dampak Perubahan Iklim pada Habitat Ikan	237
14.2.1 Perairan Tawar	237
14.2.2 Perairan Payau	239
14.2.3 Perairan Laut	241
14.3 Dampak Perubahan Iklim pada Terhadap	
Respon Biologi Ikan	243
14.3.1 Adaptasi Fisiologis	244
14.3.2 Pergeseran Pola Distribusi	245
14.4 Dampak Perubahan Iklim pada Dinamika	
Populasi dan Komunitas	245
14.4.1 Perairan Tawar	246
14.4.2 Perairan Payau	247
14.4.3 Perairan Laut	248
14.5 Dampak Perubahan Iklim pada Jaringan Makan	248
14.5.1 Tingkat Trofik	249
14.5.2 Interaksi Spesies	249
14.6 Adaptasi dan Ketahanan Spesies terhadap	
Perubahan Iklim	250
14.6.1 Mekanisme adaptasi fisiologis	251
14.6.2 Perubahan genetik dan evolusioner	251
14.6.3 Kapasitas aklimatisasi spesies kunci	251
14.6.4 Indikator biologis perubahan iklim	252
DAFTAR PUSTAKA	253
BAB 15 KONSERVASI DAN PENGELOLAAN	
SUMBER DAYA IKAN	263
15.1 Pendahuluan	263
15.2 Penetapan status konservasi ikan	264
15.3 Strategi Konservasi Ikan : Studi kasus	
konservasi ikan endemik Sulawesi	265
15.4 Pengelolaan sumber daya ikan	273
DAFTAR PUSTAKA	280
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. TKG menurut Kesteven.....	39
Tabel 3.2. TKG menurut Nikolsky	39
Tabel 3.3. TKG menurut Kaya dan Hasler (1972) pada ikan jantan <i>Green Sunfish</i>	40
Tabel 3.4. TKG menurut Devados (1969) pada ikan <i>Otolithus ruber</i> dan <i>Johnius dussumeri</i>	41
Tabel 3.5. TKG menurut Otsu dan Hansen (1962) pada ikan Albacore.....	41
Tabel 3.6. TKG menurut Tester dan Takata (1953) pikan <i>Kuhlia sandvicensis</i>	42
Tabel 3.7. TKG menurut Cassie (1956)	42
Tabel 3.8. TKG Ikan Selincah	44
Tabel 4.1. Fekunditas ikan laut.....	56
Tabel 4.2. Fekunditas ikan tawar.....	57
Tabel 10.1. Kelebihan dan kekurangan model Beverton & Ricker.....	181

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Bentuk Tubuh Ikan	12
Gambar 2.1. <i>Serranus subligarius</i>	24
Gambar 2.2. <i>Amphiprion ocellaris</i>	25
Gambar 2.3. <i>Epinephelus merra</i>	26
Gambar 2.4. Gonad Ikan.....	27
Gambar 2.5. Perbedaan Ikan salmon betina dan jantan	28
Gambar 3.1. Tahapan perkembangan oosit ikan kakap kuning / Yellow Perch (<i>Perca flavescens</i> ...)	37
Gambar 4.1. Alur mekanisme peningkatan suhu air memengaruhi fekunditas	53
Gambar 5.1. Siklus hidup ikan anadromous	71
Gambar 5.2. Siklus hidup ikan katadromous	72
Gambar 5.3. Ruaya ikan secara vertical harian.....	74
Gambar 6.1. Skema siklus hidup ikan teleostei	83
Gambar 6.2. Siklus hidup ikan sidat (<i>Anguilla</i> spp.)	84
Gambar 6.3. <i>Leptocephalus</i> (a) <i>Anguilla australis</i> dan (b) <i>Anguilla marmorata</i>	84
Gambar 6.4. Anatomi Telur Ikan	85
Gambar 6.5. Ilustrasi sel telur pada ikan air tawar dengan setiap kuning telur yang terpisah oleh membran (A) dan telur ikan laut yang kuning telurnya yang melebur (B) ..	86
Gambar 6.6. Gambar skematis sperma yang mendekati mikropil.....	87
Gambar 6.7. Perkembangan embrio ikan wader kuning (<i>R. lateristriata</i>) pada umur 0-48 jam setelah pembuahan	90
Gambar 6.7. Perkembangan morfologi ikan kerapu bebek	91
Gambar 6.6. Morfologi ikan sebelah (<i>Paralichthys dentatus</i>) dari larva dengan kantung kuning telur sampai menjadi yuwana.....	94
Gambar 7.1. Ikan Famili Acanthuridae.....	106
Gambar 7.2. Ikan Famili Scridae	107

Gambar 7.3. Ikan Famili Siganidae	108
Gambar 7.4. Ikan Nila.....	109
Gambar 7.5. Ikan Gurame.....	110
Gambar 7.6. Ikan Tawes	111
Gambar 7.7. Ikan bandeng	112
Gambar 7.8. Ikan Baronang	113
Gambar 7.9. Ikan Belanak.....	114
Gambar 7.10. Ikan Hiu.....	117
Gambar 7.11. Ikan Gabus	118
Gambar 7.12. Ikan Piranha	119
Gambar 7.13. Ikan Nila.....	121
Gambar 7.14. Ikan Mas.....	122
Gambar 7.15. Ikan Lele.....	123
Gambar 9.1. Ikan Hiu <i>Somniosus microcephalus</i>	151
Gambar 9.2. Bentuk otolit Ikan layang Jantan (kiri) dan betina (kanan).....	157
Gambar 9.3. Otolit ikan tuna (A), ikan kakap merah (B), dan ikan kerapu sunu (C).	159
Gambar 9.4. Bagian-bagian sisik; <i>circuli</i> (C), <i>radii</i> (R), <i>focus</i> (F) ikan Wader Bintik.....	160
Gambar 11.1. Bentuk-bentuk tubuh ikan. 1. <i>Fusiform</i> ; 2. <i>Compressed</i> ; 3. <i>Depressed</i> ; 4. <i>Anguilliform</i> ; 5. <i>Filliform</i> ; 6. <i>Taeniform</i> ; 7. <i>Sagittiform</i> ; 8. <i>Globiform</i>	190
Gambar 11.2. Pengaruh cahaya terhadap fisiologis dan tingkah laku ikan	197

BAB 1

KONSEP DASAR EKOLOGI IKAN

Oleh Widya Rahayu

1.1 Pendahuluan: Definisi dan Ruang Lingkup Ekologi Ikan

Di dalam keheningan dunia bawah air, sebuah dialog tanpa kata senantiasa berlangsung. Dialog ini adalah kunci untuk menjawab teka-teki alam yang paling memukau: Mengapa beberapa jenis ikan memiliki tubuh pipih dan bersembunyi di dasar perairan, sementara yang lain berbentuk laksana torpedo untuk melesat di kolom air? Mengapa ikan sidat rela menempuh perjalanan epik ribuan kilometer menuju laut dalam hanya untuk bereproduksi? Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan ini tidak ditemukan dengan hanya mengamati ikan secara terisolasi, melainkan dengan memahami interaksinya yang rumit dengan dunianya. Inilah esensi dari ekologi.

1.1.1 Definisi Ekologi: Panggung Interaksi Kehidupan

Secara fundamental, ekologi adalah ilmu yang mempelajari "rumah tangga" alam (*oikos* berarti rumah, *logos* berarti ilmu). Ilmu ini memandang alam sebagai sebuah panggung raksasa, tempat setiap organisme menjadi aktor yang perannya ditentukan oleh interaksinya dengan lingkungan, baik sesama aktor (biotik) maupun properti panggung itu sendiri (abiotik). Ekologi tidak sekadar bertanya "apa" suatu organisme itu, tetapi lebih dalam lagi, "bagaimana" dan "mengapa" ia menempati ruang dan menjalankan peran spesifiknya di dalam tatanan kehidupan yang maha luas (Odum & Barrett, 2005).

1.1.2 Definisi Ekologi Ikan: Menyorot Aktor Utama Dunia Akuatik

Dari panggung besar tersebut, buku ini mengarahkan sorotan pada salah satu kelompok aktor paling vital dan beragam

di planet kita yaitu ikan. Ekologi Ikan adalah cabang ilmu yang secara khusus mengkaji hubungan timbal balik antara ikan dengan lingkungannya. Ilmu ini merupakan sebuah upaya untuk "membaca" dan menafsirkan kisah hidup seekor ikan secara holistik, yang dibentuk oleh dua kekuatan utama:

1. Lingkungan Biotik: Seluruh organisme hidup yang menjadi bagian dari narasi seekor ikan, mulai dari mangsa yang menjadi sumber energinya, predator yang membentuk strategi pertahanannya, kompetitor yang memperebutkan sumber daya, hingga mikroorganisme simbiotik yang menopang kesehatannya.
2. Lingkungan Abiotik: Kondisi fisik dan kimiawi yang menjadi "aturan main" habitatnya, seperti suhu air yang mendikte laju metabolismenya, kadar garam (salinitas) yang menantang sistem osmoregulasinya, arus yang memahat bentuk tubuhnya, serta ketersediaan cahaya yang memengaruhi perilakunya dalam mencari makan dan menghindari bahaya.

Dengan demikian, ekologi ikan mengungkap bagaimana bentuk tubuh, pola warna, siklus hidup, dan perilaku seekor ikan merupakan sebuah respons adaptif yang presisi terhadap tekanan dan peluang di lingkungannya (Wootton, 1998).

1.1.3 Urgensi dan Relevansi: Mengapa Memahami Ekologi Ikan Krusial?

Di era modern, mempelajari ekologi ikan bukanlah sekadar latihan akademis, melainkan sebuah kebutuhan mendesak yang menjadi fondasi bagi setidaknya empat pilar strategis:

1. Pengelolaan Sumber Daya Perikanan yang Berkelanjutan

Kita tidak dapat mengelola populasi ikan secara efektif tanpa memahami di mana mereka mencari makan, kapan dan di mana mereka memijah, serta bagaimana mereka merespons tekanan penangkapan. Ekologi ikan menyediakan data saintifik untuk merancang kuota tangkap yang rasional, menetapkan kawasan lindung perairan yang efektif, dan

memastikan keberlanjutan sumber daya protein bagi jutaan manusia (King, 2013).

2. Konservasi Keanekaragaman Hayati

Setiap spesies ikan adalah kepingan tak tergantikan dalam mozaik ekosistem perairan. Banyak spesies, terutama yang endemik, kini terancam oleh perusakan habitat, polusi, dan perubahan iklim. Dengan memahami relung ekologis (peran unik) setiap spesies, kita dapat merancang strategi konservasi yang tepat sasaran untuk melindungi mereka dari kepunahan dan mencegah efek domino yang dapat merusak stabilitas ekosistem (Moyle & Cech, 2004).

3. Pengembangan Akuakultur yang Bertanggung Jawab

Akuakultur modern tidak bisa lagi beroperasi sebagai sistem tertutup yang abai pada lingkungan. Pengetahuan ekologi seperti preferensi suhu, toleransi terhadap kualitas air, dan perilaku alami menjadi kunci untuk memilih lokasi budidaya yang tepat, merancang sistem yang minim dampak lingkungan, serta meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas ikan yang dibudidayakan (Diana, 2012).

4. Ikan sebagai Indikator Kesehatan Lingkungan

Ikan berfungsi sebagai "sensor hidup" bagi kesehatan sungai, danau, dan lautan. Perubahan dalam struktur komunitas ikan, penurunan populasi spesies sensitif, atau akumulasi polutan dalam jaringan tubuh mereka (bioakumulasi) merupakan sinyal peringatan dini atas degradasi lingkungan. Membaca sinyal ini adalah langkah pertama dalam mitigasi kerusakan ekosistem (Adams, 2002 ; Oost *et al.*, 2003).

1.1.4 Tingkat Organisme dalam Ekologi: Membedah Kehidupan Ikan dari Berbagai Skala

Untuk memahami dunia ikan secara menyeluruh, mulai dari cara seekor ikan gurami menghindari predator hingga alasan mengapa stok ikan tuna di samudra menurun, kita memerlukan sebuah kerangka kerja. Para ahli ekologi menggunakan sebuah "peta" konseptual yang disebut tingkatan organisasi ekologi. Kerangka ini memungkinkan kita untuk mempelajari kehidupan

dari berbagai skala atau "lensa", bergerak dari unit terkecil hingga sistem yang paling luas dan kompleks.

Setiap tingkatan dibangun di atas tingkatan sebelumnya dan memunculkan properti atau fenomena baru yang tidak ada pada skala di bawahnya, sebuah konsep yang dikenal sebagai *emergent properties*. Seperti yang ditekankan oleh bapak ekologi modern, Eugene P. Odum, ekologi adalah studi tentang "struktur dan fungsi alam" (Odum & Barrett, 2005). Mari kita bedah struktur ini, mulai dari yang paling fundamental.

1. Individu: Fokus pada Unit Dasar Kehidupan

Tingkatan paling dasar adalah individu atau organisme tunggal. Di sinilah seleksi alam bekerja. Studi pada tingkat ini berpusat pada pertanyaan: "Bagaimana seekor ikan beradaptasi dan bertahan hidup di lingkungannya?" Fokusnya adalah pada aspek fisiologi, morfologi (bentuk tubuh), dan perilaku yang memungkinkan ikan tersebut menghadapi tantangan fisik (suhu, salinitas) dan biologis (predator, mangsa).

Contoh dalam ekologi ikan, bayangkan seekor ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) yang hidup di muara sungai. Analisis pada tingkat individu akan mengkaji bagaimana toleransi fisiologisnya terhadap perubahan salinitas, bagaimana bentuk tubuhnya yang ramping membantunya menyergap mangsa, atau perilaku apa yang ia tunjukkan untuk memilih habitat terbaik. Keberhasilan atau kegagalan individu inilah yang menjadi fondasi bagi dinamika di tingkat selanjutnya. Seperti yang dijelaskan oleh Begon *et al.*, (2006), adaptasi individu adalah mata uang utama dalam evolusi dan ekologi.

2. Populasi: Melihat Gambaran Kolektif

Ketika kita mengamati sekelompok individu dari spesies yang sama yang menempati area tertentu dan berpotensi untuk saling kawin, kita telah beralih ke tingkat populasi. Fokus studi bergeser dari kelangsungan hidup satu ikan menjadi dinamika kelompok tersebut. Pertanyaan kuncinya adalah: "Faktor apa yang mengatur jumlah, kepadatan, dan sebaran kelompok ikan ini dari waktu ke waktu?"

Contoh dalam ekologi ikan, alih-alih melihat satu ikan lemuru, kita menganalisis seluruh populasi ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di Selat Bali. Di sini, kita tertarik pada laju kelahiran dan kematian, struktur umur (berapa banyak ikan muda vs. tua), pola migrasi musiman, dan bagaimana tekanan penangkapan memengaruhi total stok. Pemahaman ini, seperti yang dijelaskan oleh Krebs (2009) dalam karyanya yang fundamental, adalah inti dari manajemen perikanan yang bertujuan untuk memastikan kelestarian sumber daya.

3. Komunitas: Panggung Interaksi Antarspesies

Seekor ikan tidak hidup dalam isolasi spesiesnya. Ia berbagi habitat dengan beragam spesies lain, membentuk sebuah komunitas. Tingkatan ini mengeksplorasi jalinan interaksi antarpopulasi dari spesies yang berbeda. Pertanyaan sentralnya adalah: "Bagaimana spesies-spesies yang berbeda ini saling memengaruhi satu sama lain dalam satu habitat?"

Contoh dalam ekologi ikan, mari kita lihat komunitas di sebuah ekosistem terumbu karang. Di sini, ikan kepe-kepe (Chaetodontidae) bersaing memperebutkan polip karang, ikan kerapu (Serranidae) memangsa ikan-ikan yang lebih kecil, dan ikan gobi bekerja sama secara simbiotik dengan udang pistol. Hilangnya satu spesies, misalnya ikan herbivora seperti ikan kakatua (*Scarus sp.*), dapat memicu ledakan alga yang menutupi dan membunuh karang. Konsep sentral di sini adalah jaring-jaring makanan (*food web*), yang menggambarkan bagaimana energi dialirkan melalui jalur-jalur predasi dan kompetisi (Odum & Barrett, 2005).

4. Ekosistem: Sintesis antara Biotik dan Abiotik

Sebagai tingkatan paling luas dalam cakupan kita, ekosistem mencakup seluruh komunitas organisme (faktor biotik) beserta interaksinya dengan lingkungan fisik atau tak hidup (faktor abiotik) seperti air, cahaya matahari, suhu, dan nutrisi kimia. Di sini, fokusnya adalah pada proses-proses berskala besar. Pertanyaan utamanya adalah "Bagaimana energi mengalir dan materi (nutrien) didaur ulang dalam sistem ini secara keseluruhan?"

Contoh dalam ekologi ikan, sebuah ekosistem danau seperti Danau Toba. Analisisnya tidak hanya mencakup komunitas ikan (ikan mas, mujair, batak), plankton, dan tumbuhan air, tetapi juga faktor abiotik seperti suhu air, tingkat oksigen terlarut, siklus fosfor dan nitrogen, serta sedimen di dasar danau. Kualitas air (abiotik) akan menentukan jenis dan kelimpahan plankton (biotik), yang pada gilirannya menentukan produktivitas populasi ikan yang memakannya. Odum & Barrett (2005) mendefinisikan ekosistem sebagai unit fungsional dasar di alam, di mana komponen hidup dan tak hidup terjalin dalam hubungan sebab-akibat yang tak terpisahkan. Kesehatan populasi ikan pada akhirnya bergantung pada kesehatan dan integritas ekosistemnya.

Memahami hierarki ini dari individu hingga ekosistem, memberikan seorang ahli ekologi ikan kemampuan untuk mendiagnosis masalah secara komprehensif. Masalah yang terlihat pada tingkat populasi (misalnya penurunan hasil tangkapan) mungkin berakar pada tingkat komunitas (ledakan predator) atau bahkan tingkat ekosistem (polusi nutrisi). Dengan kerangka kerja ini, kita dapat menghubungkan titik-titik dan melihat gambaran utuh dari kehidupan ikan yang kompleks dan menakutkan.

1.2 Lingkungan Ikan: Faktor Abiotik

Ikan sebagai organisme akuatik terikat erat dengan kondisi medium kehidupannya yaitu air. Keberadaan, pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup mereka secara intrinsik

diatur oleh serangkaian faktor lingkungan yang kompleks. Lingkungan ini tersusun dari komponen biotik (organisme hidup lain) dan abiotik (faktor non-hidup). Bab ini akan mengupas tuntas faktor abiotik, yang dapat diklasifikasikan menjadi faktor fisik dan kimia. Memahami interaksi antara ikan dan faktor-faktor ini merupakan fondasi dari studi ekologi ikan, karena faktor abiotik sering kali bertindak sebagai "filter" ekologis utama yang menentukan spesies apa yang dapat menghuni suatu perairan (Moyle & Cech, 2004).

1.2.1 Faktor Fisik

Faktor fisik adalah atribut lingkungan yang dapat diukur dan secara langsung membentuk perilaku, fisiologi, serta distribusi spasial ikan di perairan.

1. Suhu

Suhu air barangkali merupakan variabel abiotik tunggal yang paling berpengaruh dalam ekologi ikan. Sebagai hewan poikilotermik (suhu tubuhnya mengikuti suhu lingkungan), laju metabolisme ikan secara langsung dikendalikan oleh suhu. Prinsip fundamental ini, yang dijelaskan secara klasik oleh Wootton (1998), berarti suhu mendikte hampir semua aspek biologis ikan, mulai dari laju pertumbuhan, efisiensi pencernaan, hingga waktu dan keberhasilan reproduksi. Kini, prinsip ini menjadi pusat perhatian dalam riset perubahan iklim, yang meneliti bagaimana populasi ikan beraklimatisasi atau beradaptasi secara genetik lintas generasi terhadap pemanasan global (Donelson *et al.*, 2018).

Setiap spesies memiliki rentang suhu optimalnya masing-masing. Di luar rentang ini, terdapat batas suhu letal yang tidak dapat ditoleransi. Perubahan suhu yang cepat atau ekstrem dapat menyebabkan stres fisiologis, penurunan sistem imun, dan pada akhirnya kematian, yang secara drastis dapat merombak struktur komunitas ikan di suatu ekosistem.

2. Cahaya

Cahaya, selain sebagai sumber energi primer ekosistem, juga merupakan isyarat lingkungan yang krusial. Intensitas, spektrum, dan durasi cahaya (fotoperiode) sangat memengaruhi perilaku ikan. Bagi predator visual, penetrasi cahaya ke dalam kolom air menentukan kedalaman zona berburu efektif mereka. Sebaliknya, area dengan cahaya redup atau gelap menawarkan perlindungan dari pemangsaan (Bone & Moore, 2008). Di luar siklus alami, riset modern menyoroti dampak polusi cahaya (*Artificial Light At Night/ALAN*) yang dapat mengganggu ritme sirkadian, pola migrasi, dan interaksi predator-mangsa pada ikan (Sanders *et al.*, 2021).

Fotoperiode juga berfungsi sebagai penanda musiman, terutama di daerah non tropis, yang memicu pematangan gonad dan sinkronisasi pemijahan. Banyak spesies juga melakukan migrasi vertikal harian yaitu bergerak ke perairan dalam pada siang hari dan naik ke permukaan pada malam hari, sebuah perilaku yang sangat dipengaruhi oleh siklus terang gelap.

3. Arus

Di ekosistem perairan mengalir (*lotic*), arus adalah kekuatan ekologis dominan. Karya perintis dari Hynes (1970) meletakkan dasar pemahaman bahwa arus tidak hanya menuntut pengeluaran energi dari ikan untuk mempertahankan posisi, tetapi juga membentuk habitat fisik (misalnya, mengerosi dan menumpuk substrat) serta mendistribusikan sumber daya seperti makanan dan larva.

Kini, konsep tersebut telah berkembang menjadi kerangka "rezim aliran ekologis" (*ecological flow regime*). Kerangka ini menekankan bahwa variabilitas alami dalam aliran termasuk periode banjir dan air surut sangat penting untuk menjaga isyarat migrasi, akses ke habitat pemijahan, dan keanekaragaman hayati ikan secara keseluruhan (Tonkin *et al.*, 2018). Ikan yang hidup di arus deras sering menunjukkan adaptasi morfologis yang jelas (tubuh

ramping, alat pengisap), sementara ikan di perairan tenang memiliki bentuk tubuh yang mendukung manuverabilitas.

4. Substrat Dasar

Komposisi material di dasar perairan baik lumpur, pasir, kerikil, atau bebatuan secara signifikan menentukan komunitas ikan yang menghuninya. Substrat berfungsi sebagai tempat berlindung dari predator dan arus, area mencari makan, dan yang terpenting, sebagai media untuk pemijahan (*spawning ground*). Pentingnya substrat ini, seperti yang dijelaskan oleh Allan & Castillo (2007), tidak hanya terbatas pada satu fungsi, tetapi juga menentukan kompleksitas habitat secara keseluruhan, yang menyediakan relung (*niche*) bagi berbagai spesies dan tahapan hidup ikan (Finstad *et al.*, 2021).

Sebagai contoh, banyak spesies dari famili Salmonidae membutuhkan substrat kerikil yang bersih dan teroksigenasi dengan baik untuk inkubasi telur. Sedimentasi halus akibat erosi dapat menyumbat ruang interstisial di antara kerikil, menyebabkan hipoksia dan kegagalan reproduksi. Sebaliknya, spesies lain telah beradaptasi untuk hidup di dasar berlumpur, memanfaatkan substrat lunak untuk bersembunyi atau mencari invertebrata yang terkubur.

1.2.2 Faktor Kimia

Kualitas kimiawi air menentukan kelayakan suatu habitat dari sudut pandang fisiologis. Faktor-faktor ini, meskipun tak kasat mata, dampaknya sangat mendalam dan sering kali bersifat membatasi.

1. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen adalah gas paling esensial bagi metabolisme aerobik. Kelarutannya yang rendah di air menjadikannya faktor pembatas yang umum. Menurut prinsip limnologi dasar (Wetzel, 2001), konsentrasi DO dipengaruhi oleh suhu (air dingin menampung lebih banyak oksigen), difusi dari atmosfer, serta keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi.

Kondisi oksigen rendah (hipoksia) atau tanpa oksigen (anoksia) dapat menyebabkan stres berat dan kematian massal ikan. Fenomena ini, yang dikenal sebagai deoksigenasi, telah menjadi isu global yang semakin memprihatinkan, baik di perairan tawar maupun laut, dan diakui sebagai salah satu ancaman ekologis terbesar abad ini akibat perubahan iklim dan eutrofikasi (Breitburg *et al.*, 2018). Kebutuhan oksigen pun bervariasi; ikan pelagis aktif seperti tuna membutuhkan kadar DO tinggi, sementara ikan seperti lele memiliki adaptasi untuk bertahan di kondisi hipoksia.

2. Salinitas

Salinitas atau kadar garam terlarut adalah pembatas biogeografis utama yang memisahkan fauna air tawar dan air laut. Ikan harus terus-menerus melakukan osmoregulasi pengaturan keseimbangan air dan ion untuk bertahan hidup (Moyle & Cech, 2004). Di luar dikotomi alami ini, ancaman baru muncul dalam bentuk "sindrom salinisasi air tawar", di mana aktivitas manusia (misalnya, penggunaan garam de-icing, irigasi) meningkatkan kadar garam di sungai dan danau, memberikan tekanan osmotik yang belum pernah ada pada spesies air tawar (Kaushal *et al.*, 2018).

Kemampuan toleransi salinitas (stenohaline vs. euryhaline) menentukan distribusi ikan. Spesies euryhaline seperti bandeng atau barramundi memiliki fleksibilitas fisiologis luar biasa untuk berpindah antara habitat dengan salinitas berbeda.

3. pH

Derajat keasaman (pH) air memengaruhi banyak proses fisiologis. Perairan yang terlalu asam atau basa dapat merusak insang dan lapisan mukus ikan secara langsung. Secara internal, perubahan pH eksternal dapat mengganggu keseimbangan asam-basa darah dan mengurangi afinitas hemoglobin terhadap oksigen (Evans, Piermarini, & Choe, 2005).

Sementara hujan asam menjadi fokus utama di masa lalu, kini pengasaman laut (*ocean acidification*) akibat

peningkatan penyerapan CO₂ atmosfer menjadi perhatian global. Riset ekstensif menunjukkan bahwa penurunan pH laut dapat mengganggu fungsi sensorik, mengubah perilaku (misalnya, respons terhadap predator) dan menurunkan tingkat kelangsungan hidup larva ikan, yang berpotensi mengancam populasi di masa depan (Cattano *et al.*, 2018).

4. Nutrien (Nitrat dan Fosfat)

Nitrat (NO₃⁻) dan fosfat (PO₄³⁻) adalah nutrien fundamental yang menopang produktivitas primer di ekosistem perairan. Dalam kadar seimbang, mereka membentuk dasar jaring makanan yang mendukung populasi ikan yang sehat. Namun, kelebihan nutrien dari sumber-sumber seperti limpasan pertanian dan limbah domestik menyebabkan eutrofikasi.

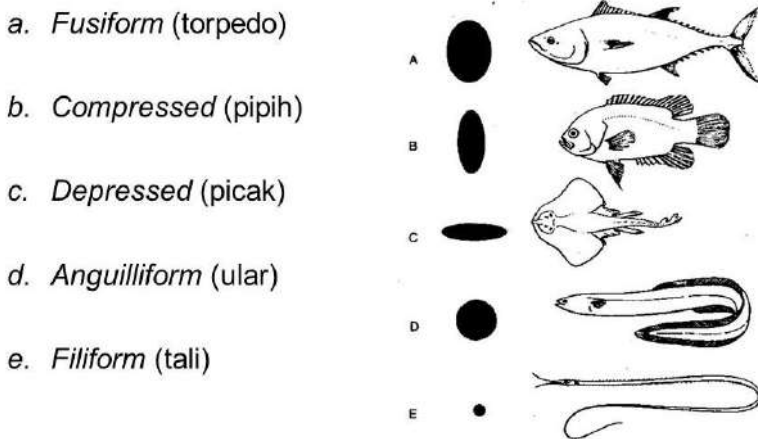
Konsekuensi dari eutrofikasi ini, yang secara gamblang dijelaskan dalam karya berpengaruh oleh Carpenter *et al.* (1998) terus menjadi masalah global. Secara spesifik, eutrofikasi sering memicu ledakan populasi alga (*algal blooms*) terutama alga biru-hijau (cyanobacteria). Ketika alga ini mati dan diurai oleh bakteri, terjadi konsumsi oksigen besar-besaran yang menyebabkan hipoksia. Selain itu, banyak spesies cyanobacteria menghasilkan toksin yang berbahaya langsung bagi ikan dan organisme lain (Huisman *et al.*, 2018).

1.3 Adaptasi Ikan terhadap Lingkungannya

Kelangsungan hidup ikan di lingkungannya yang beragam adalah buah dari proses evolusi selama ratusan juta tahun. Proses ini telah menghasilkan serangkaian adaptasi baik pada level morfologi, fisiologi, maupun perilaku yang memungkinkan mereka mengeksplorasi sumber daya, menghindari predator, dan bereproduksi secara efektif. Di antara berbagai adaptasi tersebut, morfologi, khususnya bentuk tubuh, adalah salah satu cerminan paling jelas dari ekologi suatu spesies. Bentuk tubuh bukanlah sekadar atribut acak, melainkan sebuah kompromi evolusioner yang dioptimalkan untuk tuntutan habitat spesifik (Feilich & Gidmark, 2020).

1.3.1 Adaptasi Morfologi: Cerminan Ekologi dalam Bentuk Tubuh

Prinsip "bentuk mengikuti fungsi" (*form follows function*) menjadi landasan dalam ekomorfologi ikan. Studi ini mengkaji bagaimana tekanan seleksi dari lingkungan seperti kebutuhan untuk berenang efisien, bermanuver di ruang sempit, atau bersembunyi tercermin dalam arsitektur tubuh ikan. Bentuk tubuh dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa tipe utama, yang masing-masing merepresentasikan solusi fungsional terhadap tantangan ekologis yang berbeda.



Gambar 1.1. Bentuk Tubuh Ikan
Sumber (Bond, 1979)

1. Fusiform (Bentuk Torpedo)

Bentuk tubuh ini dicirikan oleh profil yang ramping seperti torpedo, meruncing di bagian kepala dan ekor dengan diameter terbesar di bagian tengah. Desain hidrodinamis ini secara fundamental mengurangi gaya hambat (*drag*), memungkinkan ikan untuk berenang dengan kecepatan tinggi dan efisiensi energi yang maksimal. Prinsip biomekanik ini, yang telah lama dipahami, terus menjadi fokus studi modern untuk memahami batas-batas kinerja renang (Domenici *et al.*, 2014).

- Fungsi Ekologis: Perenang jarak jauh yang efisien dan predator pengejar berkecepatan tinggi.

- b. Habitat & Gaya Hidup: Umum ditemukan pada ikan-ikan pelagis seperti tuna, makarel, dan hiu yang terus-menerus bergerak untuk mencari makan atau melakukan migrasi.

2. Compressiform (Pipih Lateral)

Bentuk tubuh yang pipih dari sisi ke sisi (lateral) ini merupakan wujud dari trade-off evolusioner antara kecepatan dan kelincahan. Ikan dengan tubuh compressiform mengorbankan kecepatan puncak demi kemampuan untuk melakukan putaran tajam dan bergerak lincah. Profil tubuh yang tinggi dan sempit ini memberikan stabilitas sekaligus area permukaan yang luas untuk didorong melawan air saat bermanuver (Domenici *et al.*, 2014).

- a. Fungsi Ekologis: Kelincahan superior untuk menghindari predator dan menangkap mangsa di habitat yang berstruktur kompleks.
- b. Habitat & Gaya Hidup: Khas untuk ikan penghuni habitat dengan banyak tempat berlindung, seperti terumbu karang (*chaetodontidae*), padang lamun, atau perairan tawar dengan vegetasi padat (misalnya ikan discus dan sunfish).

3. Depressiform (Pipih Dorso-ventral)

Bentuk tubuh yang pipih dari atas ke bawah (*dorso-ventral*) adalah adaptasi definitif untuk gaya hidup benthik (di dasar perairan). Desain ini memungkinkan ikan untuk menekan tubuhnya ke substrat, menjadikannya hampir tak terlihat oleh predator di atas atau mangsa yang lewat. Tubuh yang lebar juga memberikan stabilitas terhadap arus dasar.

- a. Fungsi Ekologis: Kamuflase, penyergapan mangsa dari bawah, dan efisiensi energi saat menunggu di dasar.
- b. Habitat & Gaya Hidup: Contoh klasiknya adalah ikan pari (*rays*) dan skates. Adaptasi yang lebih dramatis terlihat pada ikan sebelah (*flatfishes*), yang mencapai bentuk ini melalui proses metamorfosis yang luar biasa. Studi genetika modern telah mulai mengungkap jalur molekuler yang mendasari migrasi mata asimetris yang unik ini,

memberikan pemahaman baru pada adaptasi yang telah lama diamati (Chen *et al.*, 2014).

4. *Anguilliform* (Seperti Belut)

Ikan dengan bentuk tubuh *anguilliform* (seperti belut) memiliki tubuh yang sangat panjang, silindris, dan fleksibel. Mereka berenang dengan menciptakan gelombang undulasi di sepanjang tubuhnya. Walaupun bukan perenang cepat di perairan terbuka, bentuk ini sangat efektif untuk navigasi di lingkungan yang sangat terbatas dan kompleks.

- a. Fungsi Ekologis: Kemampuan untuk masuk ke dalam celah-celah bebatuan, liang sempit, atau mengubur diri sepenuhnya di substrat lunak.
- b. Habitat & Gaya Hidup: Merupakan ciri khas belut, sidat, dan beberapa famili ikan lainnya yang mengeksplotasi relung ekologis yang tidak dapat diakses oleh bentuk tubuh lain. Studi biomekanika modern menunjukkan bahwa gaya renang ini, meskipun tampak sederhana, sangat efisien untuk menghasilkan daya dorong di ruang terbatas (Kern & Koumoutsakos, 2017).

5. Variasi Bentuk Lainnya

Di luar kategori utama, evolusi telah menghasilkan berbagai bentuk tubuh lain untuk fungsi yang sangat terspesialisasi:

- a. Sagittiform (Bentuk Panah): Seperti ikan pike atau barakuda, mereka memiliki tubuh panjang dengan sirip yang terkonsentrasi di bagian posterior. Desain ini adalah adaptasi untuk akselerasi ledakan (predator sergap) dari posisi diam.
- b. Globiform (Bentuk Bola): Ikan buntal (*pufferfish*) dan ikan kotak (*boxfish*) memiliki bentuk tubuh yang mengorbankan hidrodinamika demi pertahanan. Bentuknya yang canggung dan lambat diimbangi oleh pelindung fisik (duri atau lempeng tulang) dan kemampuan menggembung yang membuatnya sulit ditelan predator (Moyle & Cech, 2004).

Singkatnya, bentuk tubuh ikan adalah sebuah narasi evolusi yang tertulis dalam anatomi. Setiap kontur dan profil adalah respons fungsional terhadap tantangan ekologis, memberikan wawasan yang kuat mengenai di mana dan bagaimana seekor ikan menjalani kehidupannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, S. M. (Ed.). (2002). *Biological Indicators of Watershed Health*. CRC Press.
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream ecology: Structure and function of running waters* (2nd ed.). Springer.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems* (4th ed.). Blackwell Publishing.
- Bond CE. 1979. *Biology of Fishes*. W. B. Saunders Company: Philadelphia.
- Bone, Q., & Moore, R. H. (2008). *Biology of fishes* (3rd ed.). Taylor & Francis.
- Breitbart, D., Levin, L. A., Oshlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., ... & Zhang, J. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, 359(6371), eaam7240.
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559-568.
- Cattano, C., Claudet, J., Domenici, P., & Milazzo, M. (2018). Living in a high CO₂ world: a meta-analysis of the effect of ocean acidification on fish behaviour. *Ecology Letters*, 21(11), 1717-1729.
- Chen, J., Wang, W., Lu, G., Wang, X., & Guan, C. (2014). The genomic and genetic basis of flatfish metamorphosis. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 4(12), 2335-2344.
- Diana, J. S. (2012). *Aquaculture Production Systems* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Domenici, P., Blake, R. W., & Videler, J. J. (2014). The eco-mechanics of the fast-start: The role of the environment on the escape and attack performance of fishes. In S. F. Tytell & G. V. Lauder (Eds.), *Fish Locomotion: An Eco-ethological Perspective* (pp. 115-156). Springer.
- Donelson, J. M., Sunday, J. M., & Munday, P. L. (2018). Transgenerational plasticity to climate change: the role of

- parents, peers and selection. *Evolutionary Applications*, 12(1), 71-80.
- Evans, D. H., Piermarini, P. M., & Choe, K. P. (2005). The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiological Reviews*, 85(1), 97-177.
- Feilich, K. L., & Gidmark, N. J. (2020). A quantitative and integrative approach to understanding the evolution of fish body shapes. *Integrative and Comparative Biology*, 60(3), 633-645.
- Finstad, A. G., Einum, S., & Fiske, P. (2021). Spatiotemporal habitat structure mediates population dynamics in a stream fish. *Oecologia*, 196(3), 853-863.
- Huisman, J., Codd, G. A., Paerl, H. W., Ibelings, B. W., Verspagen, J. M., & Visser, P. M. (2018). Cyanobacterial blooms. *Nature Reviews Microbiology*, 16(8), 471-483.
- Hynes, H. B. N. (1970). *The ecology of running waters*. Liverpool University Press.
- Kaushal, S. S., Likens, G. E., Pace, M. L., Utz, R. M., Haq, S., Gorman, J., & Grese, M. (2018). Freshwater salinization syndrome on a continental scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(4), E574-E583.
- Kern, S., & Koumoutsakos, P. (2017). The hydrodynamics of undulatory swimming in eels. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 49, 437-462.
- King, M. (2013). *Fisheries Biology, Assessment and Management* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Krebs, C. J. (2009). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance* (6th ed.). Pearson Benjamin Cummings.
- Moyle, P. B., & Cech, J. J. (2004). *Fishes: An introduction to ichthyology* (5th ed.). Prentice Hall.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Thomson Brooks/Cole.
- Sanders, D., Robert, K., & Kehoe, R. (2021). A meta-analysis of the effects of artificial light at night on vertebrates. *Nature Ecology & Evolution*, 5(10), 1369-1377.

- Tonkin, J. D., Poff, N. L., Horne, A. C., & Lytle, D. A. (2018). The functional flow regime: a conceptual framework for managing rivers and their ecosystems. *WIREs Water*, 5(6), e1325.
- Van Der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. E. (2003). Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13(2), 57–149.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3rd ed.). Academic Press.
- Wootton, R. J. (1998). *Ecology of teleost fishes* (2nd ed.). Kluwer Academic Publishers.

BAB 2

SEKSUALITAS IKAN

Oleh Novia Nurul Afiyah

2.1 Pendahuluan

Ikan merupakan hewan vertebrata akuatik yang memiliki ciri khas tubuh yang bersisik, bernapas menggunakan insang, dan bergerak menggunakan sirip (Moyle & Cech, 2004). Secara umum, ikan adalah hewan berdarah dingin (*ektotermik*) yang hidup di berbagai jenis perairan, baik air tawar, air payau, maupun air laut. Keberadaan ikan memiliki peran penting dalam keseimbangan ekosistem akuatik sebagai rantai makanan, pengontrol populasi dan indikator kesehatan perairan (Bone & Moore, 2008).

Seksualitas pada ikan pada dasarnya memiliki prinsip yang umum seperti hewan darat yakni dibedakan dengan dua jenis kelamin yaitu jantan dan betina. Ikan jantan merupakan penghasil sperma, ikan betina memiliki organ reproduksi yang dapat menghasilkan telur. Pada sebuah populasi yang hanya terdiri dari ikan betina disebut dengan monoseksual, sedangkan pada populasi ikan terdiri dari dengan kelamin berbeda dalam satu komunitas disebut homoseksual. Ikan memiliki beberapa pola seksualitas yang terdiri dari hermaphroditisme sinkroni, protogini (perubahan kelamin dari betina ke jantan), hingga gonokhorisme, baik yang mengalami deferensiasi kelamin yang jelas maupun yang tidak (Wahyuningsih dan Barus, 2006).

Studi tentang seksualitas ikan sangat penting dalam bidang perikanan dan konservasi perairan dikarenakan pada proses pemijahan dan pembenihan ikan, jenis kelamin merupakan faktor yang sangat penting untuk mengidentifikasi induk jantan dan betina. Selain itu ikan memiliki nilai ekonomis dan ekologi penting, sehingga diperlukan adanya pengetahuan dan pemahaman tentang biologi reproduksi diantaranya yaitu tingkat kematangan gonad, fekunditas, hubungan panjang berat,

seksualitas ikan, ruaya, pemijahan, awal daur hidup, kebiasaan makanan dan cara memakan, persaingan dan pemangsaan, pertumbuhan ikan, umur ikan, analisis populasi dan analisa saluran pencernaan.

2.2 Jenis Seksualitas Ikan

Seksualitas ikan terdiri dari kelamin jantan dan betina. Ikan jantan memiliki organ penghasil sperma dan betina memiliki organ penghasil telur. Jenis seksualitas ikan tersiri dari gonokorisme, hermaprodit sinkroni, hermaprodit protandri dan hermaprodit protogini.

2.2.1 Gonokorisme (seks jantan dan betina tetap)

Gonokorisme merupakan sistem reproduksi pada ikan yang selama hidupnya memiliki jenis kelamin yang sama, yaitu jantan atau betina. Gonokorisme memiliki arti jika ikan tersebut dari kecil betina maka hingga dewasa tetap betina, sedangkan ikan dari kecil tersebut jantan maka sampai dewasa tetap menjadi jantan. Sebagian besar spesies ikan adalah gonokorisme. Berdasarkan hasil penelitian bahwa bentuk penentuan kelamin yang paling umum adalah gonokorisme pada ikan sebesar 88% yaitu spesies ikan teleostoei (Avisé & Mank, 2009; Devlin & Nagahama, 2002). Ikan gonokorisme yang berdifresiansi sejak dari kecil, maka tidak ada spesies interseks antara laki – laki dan perempuan yang sifatnya tidak berubah dari larva hingga dewasa (Rahardjo *et.al.* 2011).

Secara biologis ikan gonokorisme memiliki gonad jantan atau betina yang berkembang sejak fase juvenil dan tidak mengalami diferensiasi ulang. Jenis ikan ini lebih stabil tentang jenis kelamin dan akan mengurangi fisiologis antar sistem kelamin (Todd et al., 2016). Beberapa spesies ikan gonokorisme yang dikenal secara umum anatara lain ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan lele (*Clarias gariepinus*), dan ikan tuna (*Thunnus sp.*). Jenis ikan dapat diamati secara morfologi dari organ reproduksi dan perilaku pemijahan. Contohnya ikan tuna betina melepaskan jutaan telur ke perairan terbuka kemudian dibuahi oleh ikan

tuna jantan, tanpa adanya proses pergantian kelamin selama siklus hidupnya.

Gonokorisme memiliki peran penting dalam pengelolaan perikanan yang berkaitan dengan baik konservasi dan budidaya. Adapun dalam pengelolaan budidaya antara lain penentuan rasio jantan betina, prediksi waktu matang gonad, dan pemijahan buatan. Sedangkan dalam pengelolaan konservasi antara lain sistem reproduksi ikan dan pemulihan stok ikan terutama pada lingkungan yang mengalami eksploitasi berlebihan.

2.2.2 Hermaprodit

Hermaprodit (*hermaprodite*) merupakan sifat seksual ikan, dimana ikan memiliki kemampuan untuk membawa jaringan betina dan jantan dalam tubuhnya sehingga dapat memproduksi spermatozoa dan ovum secara bersamaan. Kedua jaringan tersebut berada didekat gonad dan berada dalam satu organ. Ikan hermaprodit biasanya hanya memiliki satu jenis seksualitas. Berdasarkan sifat perubahannya hermaprodit dibagi menjadi tiga, yaitu hermaprodit sinkroni, hermaprodit protogini dan hermaprodit protandri.

1. Hermaprodit sinkroni

Hermaprodit Sinkroni merupakan sifat seksual ikan pada pematangan sel kelamin jantan dan betina dalam waktu yang bersamaan. Hermaprodit sinkroni memiliki sifat seksual yang mana sel kelamin betina dan sel kelamin jantang matang dalam waktu bersamaan dan siap untuk dikeluarkan. Sifat seksualitas ikan hermaprodit sinkroni adalah sifat yang melakukan pembuahan sendiri ataupun mengeluarkan telur yang kemudian dibuahi oleh ikan yang lain.

Ikan hermaprodit sinkroni dapat berperilaku sebagai jantan ataupun betina. Ikan sebagai jantan dapat mengeluarkan sperma, sedangkan ikan sebagai betina ikan ini dapat mengeluarkan telur yang akan dibuahi oleh individu lain. Pada umumnya ikan hermaprodit sinkroni yaitu ikan dari famili Serranidae seperti *Serranus tortugarum* dan *Hepatus hepatus*. Beberapa spesies famili serranidae menunjukkan sistem “egg trading”, di mana pasangan

bergantian bertindak sebagai jantan dan betina dalam satu siklus pemijahan (Petersen, 1995; Yustian, 2018). Hal ini menunjukkan salah satu strategi yang efisien dalam menjamin keberhasilan fertilisasi pada lingkungan yang tidak stabil.

2. Hermaprodit Protandri

Hermaprodit Protandri merupakan perubahan kelamin dari jantan menjadi betina. Ikan hermaprodit protandri pada masa muda mereka memiliki gonad yang terdapat ovarium dan testis. Ikan ini pada saat masih muda gonadnya memiliki daerah ovarium dan testis, tetapi pada saat testisnya berfungsi mengeluarkan sperma, maka terjadilah masa transisi perubahan jenis kelamin, yaitu ovariumnya membesar sedangkan testisnya akan mengekerut menjadi kecil. Pada masa tua testis ikan tersebut akan tereduksi oleh jaringan ovarium.

Ikan yang memiliki sifat seksual hermaprodit protandri seperti *Amphiprion ocellaris*. Ikan ini awal mulanya ikan jantan berubah menjadi betina. Hal ini terjadi karena ikan jenis hermaprodit protandri mampu reproduksi menghasilkan banyak telur (Munday et al., 2006; Wahyuningsih & Barus, 2006). Pada suatu ekosistem hal ini terjadi pada ekosistem terumbu karang, terutama pada saat ketika ikan betina dominan mati sedangkan ikan jantan yang dapat menggantikannya.

3. Hermaprodit Protogini

Hermaprodit protogini merupakan sifat seksualitas ikan perubahan kelamin betina menjadi jantan. Pada hermaprodit protogini terjadi pada saat muda jaringan ovariumnya akan mengekerut kemudian yang berkembang adalah jaringan testisnya. Masa daur hidupnya yaitu ikan pada masa juvenile memiliki sifat seksual hermaprodit kemudian ovariumnya berfungsi dan pada masa perubahan dan masa akhir hanya kelamin jantan yang berfungsi. Contoh ikan mengalami hermaprodit protogini yaitu ikan kerapu (*Epinephelus tauvina*). Perubahan ini terjadi adanya karena hilangnya para

ikan pejantan dalam kelompok (Sadovy & Shapiro, 1987; Afrianto & Liviawaty, 2009).

Salah satu spesies ikan di Indonesia yang termasuk ke dalam hermaprodit Protogini adalah belut swah (*Monopterus albus*) dan ikan kerapu (*Epinephelus tauvina*). Pada ikan yang memiliki dua fase dalam satu siklus kehidupannya, maka setiap fasenya memiliki perbedaan dari segi morfologi atau warna ikan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem reproduksi ikan sangat responsif terhadap lingkungan dan dinamika populasi.

2.2.3 Partenogenesis atau reproduksi aseksual

Partegenosis merupakan bentuk reproduksi asesua yang berkembang tanpa adanya proses kawin atau fertilisasi. Pada jenis seksualitas ini ikan dapat berkembang biak dari satu indukan tanpa fertilisasi, melainkan memiliki materi genetik yang identik yang sangat mirip dengan induknya (Afrianto & Liviawaty, 2009). Partogenesis memiliki dua bentuk yaitu Ginogebesis dan Hibridogenesis.

Partegenosis memiliki keuntungan dan kelemahan. Keuntungan dari partogenesis adalah menguntungkan organisme yang harus dalam lingkungan tersebut, sedangkan kelemahannya adalah kurangnya variasi genetika yang dihasilkan oleh organisme ikan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian dari Dudgeon et al. 2017 mengamati ikan hiu zebra yang diproduksi bersama secara seksual. Selain itu terdapatikan moly amanon sebagai parasit seksual terhadap dua genus yang sama yaitu jenis *Poecillia mexicana* dan *P. latipinna*.

Pada bidang budidaya partenogenesis dapat dilakukan perlakuan fisik seperti kejutan suhu, tekanan hidrostatis atau bahan kimia. Tujuan dari perlakuan ini untuk menghasilkan keturunan monoseks, ikan steril atau mempercepat pertumbuhan pada ikan terutama ikan konsumsi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam produksi ikan nila, lele dan ikan mas tertentu (Afrianto & Liviawaty, 2009; Wibowo, 2021).

2.2.4 Contoh ikan yang dapat berganti kelamin

1. Hermaprodit Sinkroni pada Famili Serranidae

Salah satu contoh ikan dari famili Serranidae, seperti *Serranus tortugarum* (*chalk bass*) yang dikenal sebagai hermafrodit sinkroni. Individu-individu pada spesies dapat bertukar peran seksual selama penijahan. Pada saat pemijahan individu sebagai jantan dan pasangannya sebagai betina, mereka akan bertukar peran pada siklus pemijahan berikutnya. Hermaprodit sinkroni ditemukan pada spesies lain seperti *Serranus subligarius* dan beberapa gobiidae laut (Cole, 2002). Strategi hermaprodit sinkroni dikarenakan adanya kepadatan populasi, keterbatasan pasangan dan untuk meningkatkan peluang reproduksi (Petersen, 1995).

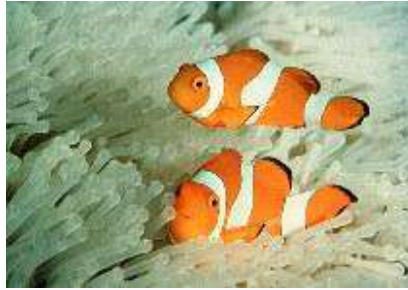


Gambar 2.1. *Serranus subligarius*
Sumber : <https://www.fishbase.se/>

2. Hermaprodit Protandri pada ikan badut (*Amphiprioninae*)

Hermaprodit protandri merupakan kondisi individu memulai kehidupan reproduktif sebagai jantan dan berubah menjadi betina seiring perkembangan pada ikan. Contoh dari protandri ini adalah ikan badut (*Amphiprioninae*), seperti *Amphiprion ocellaris*. Pada struktur sosial bersifat hierarkis, individu terbanyak pada kelompok menjadi betina dominan sedangkan individu jantan yang berpasangan akan berubah menjadi betina jika betina dominan mati. Strategi ini terjadi pada spesies ymemiliki struktur sosial atau ketika

reproduksi betina memberikan keuntungan yang lebih besar. Proses ini merupakan adaptasi ekologis yang menguntungkan karena keberhasilan reproduksi betina meningkat dengan ukuran tubuh, sementara jantan tetap mampu berfungsi secara optimal meskipun berukuran lebih kecil (Fricke & Fricke, 1977).



Gambar 2.2. *Amphiprion ocellaris*
Sumber : <https://www.fishbase.se/>

3. Hermafrodit Protogini pada spesies *Epinephelus merra*

Hermafrodit protogini merupakan strategi reproduksi pada ikan memulai kehidupan dewasa betina dan berubah menjadi jantan pada fase kehidupan selanjutnya. Contoh pada spesies *Epinephelus merra* (honeycomb grouper) spesies dari keluarga Serranidae, yang menunjukkan perubahan kelamin dari betina menjadi jantan sebagai salah satu strategi pengoptimalan reproduksi pada ukuran tubuh yang besar yang lebih menguntungkan secara kompetitif bagi jantan (Shapiro, 1987). Strategi ini memungkinkan untuk menyesuaikan rasio kelamin sesuai dinamika sosial dan struktur ukuran, sehingga memaksimalkan keberhasilan reproduksi dalam habitat karang.



Gambar 2.3. *Epinephelus merra*
Sumber : <https://www.fishbase.se/>

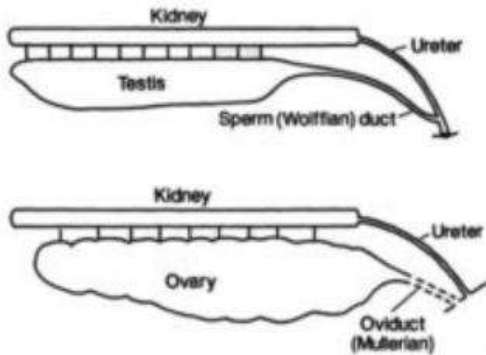
2.3 Ciri Seksual Primer dan Sekunder

Identifikasi jenis kelamin ikan merupakan langkah penting untuk melakukan kegiatan perikanan, khususnya dalam bidang budidaya dan konservasi. Salah satu metode yang digunakan yaitu mengamati perbedaan morfologis antara jantan dan betina. Perbedaan dapat dilihat dari jenis kelamin yang secara umum yaitu seksual primer dan seksual sekunder.

2.3.1 Ciri Seksual Primer

Ciri seksual primer yaitu ciri seksual yang berhubungan secara langsung dengan organ reproduksi. Gonad adalah organ reproduksi yang dapat menghasilkan sel kelamin. Pada ikan betina gonad terdiri dari ovarium sedangkan pembuluh dari gonad disebut oviduk. Sedangkan pada ikan jantan gonad terdiri dari testis dan pembuluh dari testis disebut spermduk. Bentuk gonad ikan jantan dan betina yang ditunjukkan pada gambar 1.

Pada umumnya, orang dapat menentukan Jenis kelamin ikan jantan dan betina dari saluran kencing. Namun terdapat perbedaan pada ikan jantan dan betina. Perbedaannya ikan jantan mengeluarkan sperma dan kencing pada saluran yang sama yaitu uretra. Sedangkan pada ikan betina mengeluarkan telur melalui oviduk dan kencing melalui uretra.



Gambar 2.4. Gonad Ikan
Sumber (Purdom, 1993)

2.3.2 Ciri Seksual Sekunder

Sifat seksual sekunder adalah tanda – tanda luar yang digunakan untuk membedakan antara ikan jantan dan ikan betina. Ciri seksual sekunder pada ikan terbagi menjadi 2 macam yaitu dimorfisme dan dikromatisme. Dimorfisme yaitu membedakan secara jelas antara ikan betina dan ikan jantan. Sedangkan dikromatisme yaitu membedakan ikan jantan dan betina hanya berdasarkan perbedaan warna.

1. Dimorfisme Seksual

Dimorfisme seksual merupakan salah satu ciri seksual sekunder yang dapat digunakan untuk membedakan ikan jantan dan ikan betina. Perbedaan ukuran tubuh pada beberapa spesies, jantan lebih kecil dan lebih lincah untuk memudahkan pembuahan, sementara betina memiliki tubuh lebih besar untuk mendukung produksi telur (Mank, 2007). Contoh ikan yang memiliki sifat dimorfisme seksual adalah ikan salmon. pada ikan salmon jantan mempunyai punggung yang meninggi, rahang seperti kait, sedangkan pada salmon betina punggungnya tidak meninggi dan rahangnya tidak seperti kait dan memiliki badan lebih besar.



Gambar 2.5. Perbedaan Ikan salmon betina dan jantan

Sumber : Epin Supini

<https://paktanidigital.com/artikel/ciri-ciri-dan-jenis-ikan-salmon/>

2. Dikromatisme

Dikromatisme yaitu membedakan pengenalan sifat seksual berdasarkan pada warna ikan. Pada sifat dikromatisme biasanya pada ikan jantan memiliki warna yang lebih cerah dibanding ikan betina. Perbedaan warna tidak hanya berkaitan dengan estetika, melainkan berfungsi sebagai sinyal visual dalam pemilihan pasangan, menunjukkan kualitas genetik atau kondisi kesehatan jantan (Houde, 1997). Contohnya pada ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) jantan memiliki pinggiran sirip ekor berwarna merah, sedangkan pada ikan betina lebih gelap. Sedangkan pada ikan guppy (*Poecilia reticulata*) jantan memiliki warna yang lebih terang dan bervariasi dibandingkan betina, yang berwarna lebih kusam sebagai bentuk kamuflase untuk menghindari predator (Kodric-Brown, 1985)

Jenis kelamin, morfologi, warna dan agresivitas adalah tanda ciri seksual sekunder pada ikan jantan dan betina yang berdasarkan perkembangan mulai dari larva hingga dewasa. Contoh pada ikan jantan yang dipengaruhi oleh hormon androgen yang dibuat oleh testis. Hormon ini menyebabkan ikan jantan memiliki sifat lebih agresif, memiliki sirip yang lebih panjang, warna yang lebih cerah. Ikan memiliki dua sifat yaitu sifat seksual sementara dan seksual permanen.

a. Sifat seksual sementara

Sifat seksual sementara pada ikan muncul ketika tanda – tanda ikan tersebut siap kawin atau muncul pada saat musim pemijahan. Contohnya pada ikan ovopositor, Ikan *Rhodeus amarus* (*European bitterling*) strategi reproduksi simbiotiknya yang unik, yaitu melakukan peneluran di dalam kerang air tawar. Betina *R. amarus* memiliki **ovipositor** yaitu organ panjang seperti tabung yang digunakan untuk memasukkan telur ke dalam rongga insang kerang. Setelah itu, jantan akan melepaskan sperma di dekat kerang, dan sperma masuk melalui aliran air yang disaring oleh kerang, sehingga membuahi telur di dalamnya. Telur akan berkembang dan menetas di dalam tubuh kerang, sehingga anak ikan (larva) terlindungi dari predator (Smith et al., 2004).

b. Sifat seksual Sekunder permanen

Sifat seksual sekunder permanen yang tetap ada pada saat sebelum, selama ataupun sesudah pemijahan. Contoh pada ikan *Amia calva* jantan yang ditandai dengan adanya tanda bulatan hitam pada ekor ikan. Ikan *Photocorynus* yang berparasit pada ikan betinanya. Ikan jantan memiliki tanda seksual sekunder yang positif. agian testis ikan jantan adalah tanda seksual sekunder. Namun, tidak ada perubahan pada ikan betina. Jika ovarium ikan *Amia* betina dihilangkan, tanda bulatan hitam akan muncul pada bagian ekornya, seperti yang terlihat pada ikan *Amia* jantan. Ini menunjukkan bahwa hormon yang dikeluarkan oleh ikan betina mencegah munculnya tanda bulatan hitam.

Pada bagian testis ikan jantan merupakan salah satu tanda seksual sekunder. Namun, tidak ada perubahan pada ikan betina. Apabila ovarium ikan *Amia* betina dihilangkan, tanda bulatan hitam akan muncul pada bagian ekornya seperti yang terlihat pada ikan *Amia* jantan. Hal ini menunjukkan bahwa hormon yang

dikeluarkan oleh ikan betina mencegah munculnya tanda bulatan hitam.

2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Seksualitas

1. Genetik

Faktor genetik adalah salah satu penentu utama dalam membedakan dan proses diferensiasi kelamin pada ikan. Pada beberapa spesies sistem kelaminnya ditentukan oleh genetik. Contoh pada ikan medaka (*Oryzias latipes*), dimana gen DMY memiliki peran penting untuk menentukan kelamin jantan. Selain genetik dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan hormonal pada saat perkembangan larva.

2. Hormonal

Ikan memiliki hormon seperti estrogen, testosteron dan ketotestosteron. Hormon pada ikan memiliki peran penting dalam perkembangan organ reproduksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan hormon sintetik dalam budidaya ikan dapat menghasilkan populasi jantan yang dapat menunjukkan dan mempengaruhi makulinisasi kelamin pada ikan. Selain itu, gangguan hormon di lingkungan dapat menyebabkan interseksualitas atau kelainan pada gonad ikan.

3. Lingkungan (suhu, pH, kepadatan, stres)

Faktor lingkungan memiliki pengaruh seksual pada ikan, terutama pada spesies dengan kelamin. Pertama pengaruh suhu memiliki fase awal perkembangan dapat menentukan arah kelamin. Misalnya pada suhu tinggi ($>34^{\circ}\text{C}$) cenderung dapat menghasilkan ikan jantan lebih banyak pada ikan nila. Faktor lain seperti pH, kepadatan populasi, dan tingkat stres juga dapat menekan perkembangan gonad atau mengganggu keseimbangan hormon dalam tubuh ikan. Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa pada ikan sidat (*Anguilla bicolor*), kepadatan tinggi dan kualitas air buruk dapat menghambat pematangan gonad dan mengakibatkan kelamin tidak terdiferensiasi.

4. Sosial (kehadiran dominan jantan/betina)

Kehadiran individu jantan atau betina yang dominan dalam suatu populasi dapat memicu perubahan kelamin pada spesies hermafrodit. Contoh pada ikan badut (*Amphiprion ocellaris*) memiliki sifat sosial dalam menentukan jenis kelamin. Jika pada saat kelompok ikan badut akan berubah menjadi betina sedangkan yang lain akan tetap menjadi ikan jantan. Apabila ikan betina tersebut mati maka jantan yang akan berubah menjadi betina. Hal ini menunjukkan bahwa seksualitas pada ikan sangat dipengaruhi interaksi sosial dilingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E., & Liviawaty, E. (2009). *Reproduksi dan Pemuliaan Ikan*. Bandung: CV Alfabeta.
- Bone, Q., & Moore, R. H. (2008). *Biology of Fishes* (3rd ed.). Taylor & Francis.
- Cole, K. S. (2002). Gonad morphology, sexual development, and colony composition in the obligate coral-dwelling goby *Gobiodon okinawae* (Teleostei: Gobiidae). *Marine Biology*, 140(5), 971–977. <https://doi.org/10.1007/s00227-001-0760-4>
- Fricke, H. W., & Fricke, S. (1977). Monogamy and sex change by aggressive dominance in coral reef fish. *Nature*, 266(5605), 830–832. <https://doi.org/10.1038/266830a0>.
- Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. (2009). *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Houde, A. E. (1997). *Sex, Color, and Mate Choice in Guppies*. Princeton University Press.
- Kodric-Brown, A. (1985). Female preference and sexual selection for male coloration in the guppy (*Poecilia reticulata*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 17(3), 199–205. <https://doi.org/10.1007/BF00293213>
- Lampert, K. P., & Scharf, M. (2008). A little bit is better than nothing: the incomplete parthenogenesis of *Poecilia formosa*. *BioEssays*, 30(8), 797–806. <https://doi.org/10.1002/bies.20795>
- Mank, J. E. (2007). The evolution of sexually selected traits and the gender load. *Genetica*, 134(1), 27–36. <https://doi.org/10.1007/s10709-007-9203-4>
- Moyle, P. B., & Cech, J. J. (2004). *Fishes: An Introduction to Ichthyology* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Munday, P. L., Buston, P. M., & Warner, R. R. (2006). Diversity and flexibility of sex-change strategies in animals. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(2), 89–95.

- Petersen, C. W. (1995). Reproductive behavior, egg trading, and correlates of male mating success in the simultaneous hermaphrodite *Serranus tabacarius*. *Environmental Biology of Fishes*, 43(4), 351–361
- Sadovy de Mitcheson, Y., & Liu, M. (2008). Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish and Fisheries*, 9(1), 1–43.
- Sadovy, Y., & Shapiro, D. Y. (1987). Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia*, 1987(1), 136–156.
- Shapiro, D. Y. (1987). Differentiation and evolution of sex change in fishes. *Bioscience*, 37(7), 490–497. <https://doi.org/10.2307/1310564>
- Soleh, A. M., Fitri, L., & Nur, M. (2022). Induksi Gynogenesis dan Aplikasinya pada Akuakultur Modern. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 21(2), 87–95.
- Todd, E. V., et al. (2016). Sex Determination in Fishes: Mechanisms and Evolutionary Implications. *Biological Reviews*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22948719/>
- Wahyuningsih, S., & Barus, T. A. (2006). *Biologi Ikan*. Medan: Universitas Sumatera Utara Press.
- Wibowo, E. S. (2021). Teknik Induksi Triploid Ikan Konsumsi Air Tawar. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(1), 33–40.
- Yustian, I. (2018). Strategi Reproduksi Ikan dalam Adaptasi Lingkungan Perairan. *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 5(1), 45–52.

BAB 3

TINGKAT KEMATANGAN GONAD

Oleh Tholibah Mujtahidah

3.1 Definisi

Tingkat kematangan gonad (TKG) menjadi satu kesatuan tahapan dalam sistem reproduksi. Reproduksi merupakan proses secara biologis untuk mampu melakukan produksi organisme baru (Deeng, 2022). Ikan melakukan reproduksi dengan tujuan untuk melestarikan jenisnya supaya tidak cepat punah, mampu menyediakan stok di alam dan melanjutkan kelangsungan hidup melalui generasi penerusnya (keberlanjutan sumberdaya). Untuk menilai kematangan gonad ikan, hal yang perlu dilakukan dengan cara melihat struktur, ukuran, serta warna organ reproduksinya. Salah satu parameter dalam tingkat kematangan gonad yang digunakan dalam estimasi waktu pemijahan yaitu diantaranya melalui pendekatan indeks kematangan gonad, sebagai metode kuantitatif. Suatu persentase nilai yang didapatkan dari perbandingan berat gonad dengan berat tubuhnya. Persentase yang semakin besar akan mencapai maksimum ketika menjelang pemijahan dan setelah ikan tersebut memijah maka persentasenya akan kecil kembali.

Tingkat kematangan gonad (TKG) merupakan tahapan perkembangan gonad ikan, baik ikan air tawar maupun ikan air laut, yang menandakan kondisi sebelum memijah hingga ikan tersebut memijah. Informasi mengenai TKG sangat penting untuk mengidentifikasi dan menentukan ukuran dan umur ikan ketika pertama kali mengalami matang gonad, menentukan pula bagaimana kondisi ikan yang sedang matang gonad dan yang belum matang gonad dari jumlah keseluruhan populasi di suatu perairan. Tingkatan ini menunjukkan bahwa semakin matang gonadnya maka ukurannya pun akan semakin besar dan memiliki warna yang pekat, hal demikian berarti ikan siap untuk memijah. Apabila didapatkan tingkat kematangan gonad yang tidak sama

ataupun tidak seragam pada tiap ikan, ketidaksamaan ini disebabkan karena jenis ikan tersebut memiliki waktu pemijahan yang berbeda-beda.

Gonad pada vertebrata merupakan organ reproduksi yang memproduksi sel kelamin (gamet), dibedakan atas gamet jantan dan betina. Gamet jantan disebut dengan sperma (tunggal: spermatozoa) dan gamet betina disebut dengan ovum (tunggal: ova). Gonad pada jantan disebut testis, sedangkan gonad pada betina disebut ovarium. Gonad ikan sebagai karakteristik seks primer, yang berperan juga dalam mengontrol karakteristik seks sekunder. Karakteristik seks sekunder mencakup struktur ekstuagonadal ikan.

1. Induk jantan matang gonad

Pengamatan morfologi gonad ikan jantan berupa ukuran besar kecilnya testis, pengisian testis dalam rongga tubuh dan kejelasan warna testisnya.

2. Induk betina matang gonad

Pengamatan morfologi gonad ikan betina berupa ukuran besar kecilnya ovarium, bentuk ovarium, kejelasan warna, serta ukuran diameter sel telur yang ada di dalam rongga ovarium.

3.2 Anatomi Sistem Reproduksi

Gonad dapat berfungsi untuk mengontrol karakteristik seks sekunder. Struktur dan bentuk biasanya tidak terkonsep pada awal produksi sel, tetapi dengan fasilitas fertilisasi gamet jantan dan betina. Karakteristik seks sekunder mencakup kebanyakan struktur ekstuagonadal dan kebiasaan pada setiap seks turunan.

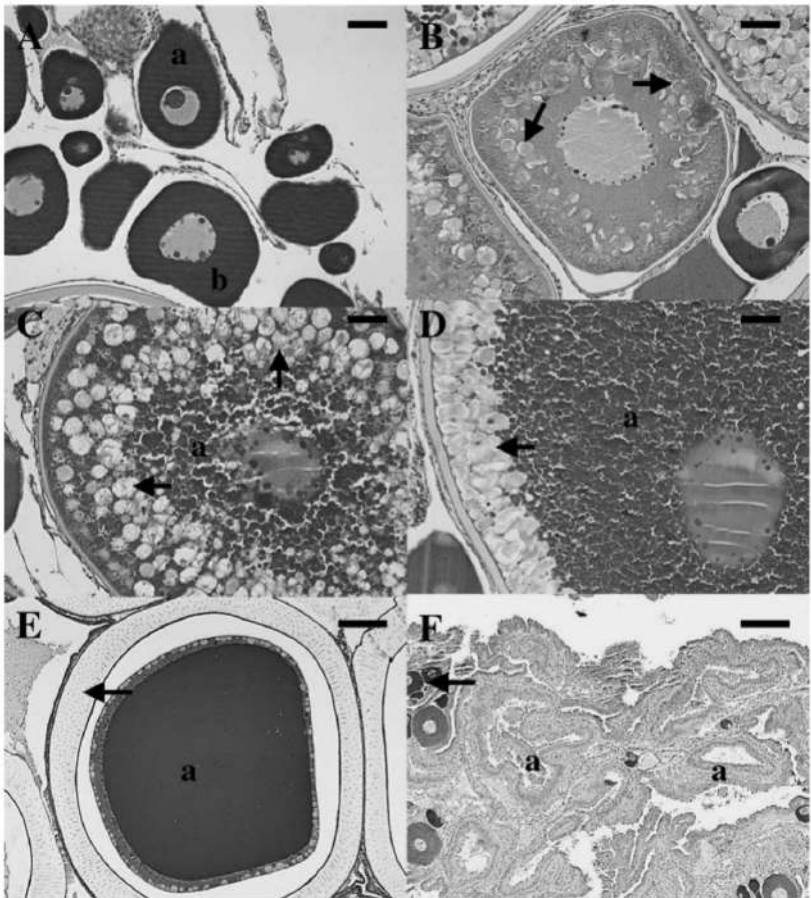
3.2.1 Anatomi sistem reproduksi jantan

Struktur testis digambarkan berupa rongga tak beraturan dan jumlahnya sangat banyak yang didalamnya terdapat tubula longitudinalis, terdapat *cyste seminiferis* di dalam tubuh dan di dalam *cyste* tersebut mengandung sel-sel yang menghasilkan sperma. Sel penghasil sperma ini disekelilingnya terdapat sel sertoli yang berperan aktif dalam penyedia nutrisi. Di bagian luar tubula ada sel interstitial yang berperan aktif sebagai

penghormonnya. Spermatozoa yang berasal dari testis akan melalui vas efferentia, epididimis, vas deferent, seminal vesikel (kantung sperma) dan urogenital sebelum spermatozoa sampai pada genital pore (lubang pelepasan gamet jantan).

3.2.2 Anatomi sistem reproduksi betina

Ovarium ikan jumlahnya sepasang, bentuknya longitudinal dan didalamnya berisi sel telur. Sel telur tersebut akan keluar melalui oviduct (saluran pelepasan gamet betina).



Gambar 3.1. Tahapan perkembangan oosit ikan kakap kuning / Yellow Perch (*Perca flavescens*) (Blazer, 2002)

Keterangan: *Bar equals* 200 μm . A: oosit nukleolus kromatin (a), perinukleolus (b), B: oosit alveoli kortikal (→), C: vitelogenik awal dengan alveoli kortikal (→), globula kuning telur yang mengisi sitoplasma secara dominan (a), E: oosit pasca-maturasi dengan kuning telur hialin dan selubung vitelin yang menebal (→), F: kondisi pasca pemijahan yang menunjukkan folikel pasca ovulasi (a), oosit previtelogenik (→).

3.3 Perkembangan Gonad

Ukuran besaran oosit berbeda-beda, perbedaan ini dipengaruhi oleh adanya hormon. Hormon dipengaruhi oleh lingkungan (adanya makanan, suhu, keberadaan ikan, dan sebagainya). Perkembangan gonad (dalam hal ini oosit) bergantung pada keberlangsungan proses vitelogenesis, dimana proses ini merupakan tahapan perkembangan telur ikan dengan ciri-ciri bertambah besar volume sitoplasma dari vitelogenin eksogen yang membentuk yolk. Adanya hormon GnRH (Gonadotrophin Releasing Hormone) dan anti dopamin yang membantu dalam peningkatan konsentrasi hormon estradiol 17β dalam darah akibat kinerja hormon FSH (*Follicle Stimulating Hormone*). Berawal dari hasil kerja hormon FSH yang menstimulasi kerja sel teka untuk melepaskan hormon testosteron kemudian menstimulasi sel granulosa untuk menghasilkan hormon estradiol 17β oleh bantuan enzim aromatase, hingga akhirnya hormon estradiol 17β dilepaskan dan masuk melalui aliran darah menuju ke organ hati untuk melakukan proses vitelogenesis (sintesis vitelogenin). Vitelogenin dilepaskan kembali ke dalam darah menuju ke oosit (terjadi penyerapan). Hasil penyerapan vitelogenin ini yang menyebabkan terjadinya perkembangan sel telur dan berimplikasi kepada penambahan diameter sel telur dan bertambah besarnya pula ukuran gonad (ovarium).

3.4 Tingkat Kematangan Gonad

3.4.1 Tingkat Kematangan Gonad Menurut Beberapa Peneliti Terdahulu

Tabel 3.1. TKG menurut Kesteven (Bagenal dan Braum, 1968)

TKG	Fase	Ciri
I	Dara	Warna testis dan ovari masih transparan, tidak berwarna atau seperti abu-abu, ukuran telur masih kecil, tidak terlihat mata
II	Dara Berkembang	Warna testis dan ovari jernih sampai abu-abu merah
III	Perkembangan 1	Warna testis dan ovari kemerahan
IV	Perkembangan 2	Testis putih kemerahan, ketika distripping belum keluar sperma
V	Bunting	Warna testis putih, ketika distripping keluar sperma, bentuk telur bulat
VI	Mijah	Sperma dan sel telur dapat keluar ketika distripping
VII	Mijah/Salin	Gonad belum kosong sama sekali
VIII	Salin	Warna testis dan ovari merah, gonad kosong, beberapa telur mengalami atresia (dihisap kembali)
IX	Pulih Salin	Warna testis dan ovari jernih, abu-abu hingga merah

Tabel 3.2. TKG menurut Nikolsky (Bagenal dan Braum, 1968)

TKG	Fase	Ciri
I	Tidak Masak	Ukuran gonad masih kecil
II	Masa Istirahat	Gamet belum berkembang
III	Hampir Masak	Telur dapat dipilah, testis berwarna transparan
IV	Masak	Gamet masak, ketika distripping belum keluar

TKG	Fase	Ciri
V	Reproduksi	Gamet keluar dari lubang genital ketika distripping, terdapat sisa-sisa sperma dan telur
VI	Keadaan Salin	Gamet telah dikeluarkan, lubang genital berwarna kemerahan, kondisi gonad mengempis
VII	Masa Istirahat	Gamet telah dikeluarkan, ukuran gonad kecil, tidak dapat diamati mata

Tabel 3.3. TKG menurut Kaya dan Hasler (1972) pada ikan jantan *Green Sunfish*

TKG	Fase	Ciri
I	Testes Regresi	Masih ada sisa sperma
II	Perkembangan Spermatogonia	Terkadang masih terlihat sisa-sisa sperma
III	Awal Aktif Spermatogenesis	Muncul <i>cyste spermatocyt</i> , sampai mulai keluar
IV	Aktif Spermatogenesis	Spermatozoa mulai terlihat dalam ruang seminiferus
V	Testis Masak	Lumen penuh dengan spermatozoa, <i>Cyste</i> memenuhi dinding lobul
VI	Testis Regresi	Bentuknya menjadi mengerut karena sperma telah keluar

Tabel 3.4. TKG menurut Devados (1969) pada ikan *Otolithus ruber* dan *Johnius dussumeri*

TKG	Fase	Ciri
I	Tidak Masak	Ovari berwarna pucat, ukuran telur kecil, sepertiga rongga perut
II	Tidak Masak	Berwarna merah anggur, tidak simetri, mengisi sepertiga hingga setengah rongga perut
III	Hampir Masak	Berwarna merah jambu hingga kuning, tidak terang, terisi setengah hingga dua per tiga
IV	Hampir Masak	Berwarna putih susu hingga kuning, gamet dapat diamati / terlihat, terisi dua per tiga bagian
V	Masak	Ovari berwarna kuning kemerahan, dapat diamati, terisi tiga per empat hingga empat per lima bagian, telur berukuran besar
VI	Masak Penuh	Berwarna kemerah-merahan, transparan, berukuran besar, terisi penuh, <i>yolk sac</i> berisi gelemin
VII	Salin	Ovarium mengerut setelah dilakukan proses pemijahan / <i>stripping</i> (penekanan pada area perut secara perlahan) dikarenakan gamet telah keluar

Tabel 3.5. TKG menurut Otsu dan Hansen (1962) pada ikan Albacore

TKG	Fase	Ciri
I	Perkembangan Awal	Telur (primitif), berwarna transparan
II	Perkembangan Akhir	Telur tidak berwarna jernih, memiliki ukuran 0,4 hingga 0,8 mm
III	Lanjutan	Kondisi telur semi transparan, berukuran 0,7 hingga 1,0 mm

Tabel 3.6. TKG menurut Tester dan Takata (1953) pikan *Kuhlia sandvicensis*

TKG	Fase	Ciri
I	Tidak Masak	Gonad berukuran kecil, transparan, testis berwarna abu-abu sedangkan betina berwarna kemerahan
II	Permulaan Masak	Terisi seperempat bagian, telur tidak nampak
III	Hampir Masak	Terisi setengah bagian, testis berwarna putih, sedangkan ovarium berwarna kuning
IV	Masak	Terisi tiga per empat bagian, testis berwarna putih dan ovarium berwarna kuning, telur dapat diamati / sudah bisa terlihat
V	Salin	Testis berwarna putih dan ovarium berwarna merah

Tabel 3.7. TKG menurut Cassie (1956)

TKG	Fase	Ciri
I	<i>Immature</i>	Testis terlihat seperti benang, ukurannya pendek dan warnanya jernih. Ovarium juga terlihat seperti benang namun panjang ke depan, warnanya jernih dan permukaannya licin
II	<i>Maturing</i>	Testis lebih besar, warnanya putih susu, bentuknya lebih jelas jika dibandingkan dengan tingkat I. Ovarium berwarna lebih gelap kekuningan, sel telur belum bisa diamati secara jelas oleh mata
III	<i>Developing</i>	Testis tampak terlihat bergerigi, berwarna makin putih dan disertai ukurannya yang semakin besar.

TKG	Fase	Ciri
		Ovarium berwarna kuning dan bentuk telurnya sudah mulai terlihat morfologi butirnya oleh mata.
IV	<i>Ripe</i>	Testis tampak terlihat bergerigi, berwarna makin putih dan disertai ukurannya yang semakin besar, tampak lebih jelas dan testis terlihat lebih pejal. Ovarium berukuran semakin besar, sel telur berwarna kuning, mudah dipisahkan per individu sel telurnya, butir minyaknya tidak terlihat, gonad mengisi setengah hingga dua per tiga bagian dari rongga perut sehingga terlihat posisi usus mulai terdesak, individu butir sel telur mudah dipisahkan jika ovariumnya dibelah.
V	<i>Spent</i>	Testis pada bagian belakang sudah mulai kempis dan ukurannya mengecil, namun di bagian pelepasan gamet sudah mulai terisi kembali. Ovarium terlihat mengerut, dindingnya tebal, butir sel telurnya tersisa di dekat <i>oviduct</i> / saluran pelepasan sel telur, dan terlihat banyak telur seperti pada tingkatan II.

Tabel 3.8. TKG Ikan Selincah (*Belontia hasselti* Cuvier, 1831)

TKG	Ovarium	Testis
I	Ukurannya kecil, halus, warna bening kuning, butiran telur belum nampak	Ukurannya sangat kecil, halus, seperti benang dan warna bening putih
II	Ukuran lebih besar daripada TKG1, butiran telur mulai nampak, tekstur sedikit kasar, warna kuning muda	Ukuran lebih besar dari TKG1 dan warnanya putih
III	Ukuran lebih besar, hampir seluruh bagian intraperitonal sudah mulai terisi, tekstur kasar, butiran sel telur bisa terlihat jelas meski belum bisa dipisah satu per satu sel telurnya dan belum bisa di- <i>stripping</i> , serta memiliki warna kuning	Ukuran lebih besar, agak kasar, belum bisa di- <i>stripping</i> , tampak bergerigi dan warna putih
IV	Ukurannya semakin besar, mengisi hampir sebagian intraperitonal, individu butiran telur bisa dipisahkan	Ukuran semakin besar, tekstur kasar dan pejal, namun sperma tidak keluar ketika di- <i>stripping</i> , warna putih cerah
V	Gonad mengisi dominan di bagian intraperitonal, individu sel telur bisa dipisahkan, telur akan keluar ketika di- <i>stripping</i>	Ukurannya hampir mengisi sebagian pada intraperitonal, sperma akan keluar ketika di- <i>stripping</i> secara perlahan
VI	Gonad mengempis, kondisi salin, gamet telah keluar, genital kemerahan, di bagian ovarium terisi hanya beberapa sel telur yang tersisa	Gonad mengempis, kondisi salin, gamet telah keluar, genital kemerahan, di bagian testis terisi sisa sperma

TKG	Ovarium	Testis
VII	Masa istirahat, warna kemerahan, gamet telah dikeluarkan, genital sudah mulai pulih, gonad berukuran kecil dan sel telur belum nampak	Masa istirahat, warna kemerahan, gamet telah dikeluarkan, genital sudah mulai pulih, testis berukuran kecil dan halus seperti benang

Sumber: Yonarta et al., (2023)

3.5 Diameter Telur

Pengukuran diameter telur bisa dilakukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop binoluler dan dengan bantuan mikrometer okuler. Ukuran diameter telur menandakan bahwa adanya penambahan yolk (kuning telur) dari hasil vitelogenesis yang menumpuk dan menyebabkan pertambahan diameter pada sel telur. Semakin besar ukuran gonad maka semakin tinggi tahapan tingkat kematangan gonadnya dan semakin besar pula diameter sel telurnya. Berdasarkan penelitian Setiawati dan Melianawati (2020), diameter telur ikan kerapu batik (*Epinephelus polyphekadion*) pada masing-masing tingkat kematangan gonad diantaranya pada TKG I dimana ukuran gonad masih sangat kecil dan sitoplasma masih berwarna biru, pada tahap ini didominasi oleh ukuran diameter 10,0-35,9 μm (89,5%), sedangkan sedikit pada ukuran diameter 36,0-61,9 μm (10,5%). TKG II ditandai dengan sel telur sudah mulai membesar, memiliki tiga ukuran diameter telur dimana ukuran 36,0-61,9 μm (73,2%), ukuran 10,0-35,9 μm (21,4%) dan 62,0-87,9 μm (5,4%). Selanjutnya, TKG III mulai terlihat kortikal alveoli serta terlihat jelas dinding selnya, pada tahap ini ditemukan ukuran diameter dominan 36,0-61,9 μm (56,1%) dan 140,0-165,9 μm (1,7%). Tahap TKG IV digambarkan dengan munculnya vitelogenin berwarna merah sebagai tanda bahwa terbentuk yolk dan terlihat jelas dinding selnya, tahapan ini dominan memiliki ukuran diameter telur 30,0-61,9 μm (58,8%) dan juga 166,0-191,9 μm (1,5%). Berdasarkan hasil penelitian

Yonarta *et al.* (2023), didapatkan diameter telur ikan selincah dengan ukuran $40,34 \pm 45,97 \mu\text{m}$.

3.6 Faktor yang mempengaruhi TKG

Faktor yang mempengaruhi tingkat kematangan gonad ikan, diantaranya pakan, suhu, turunan sifat genetik, hormonal, umur ikan, ukuran ikan, asal, kualitas perairan, perbedaan wilayah, laju pertumbuhan yang berbeda dan tekanan yang disebabkan oleh penangkapan di perairan. Jenis pakan yang berbeda memiliki kandungan nutrisi yang berbeda pula. Selain itu, kualitas dan kuantitas pakan juga sangat berkaitan erat dengan proses pembentukan gamet pada gonad. Seperti halnya dengan pemberian tambahan vitamin E dalam pakan berpengaruh dalam kualitas telur karena vitamin E berperan sebagai antioksidan yang mampu mencegah terjadinya oksidasi lemak tak jenuh. Hal ini yang bisa meningkatkan proses pematangan gonad ikan.

Perkembangan gonad ikan juga dipengaruhi oleh suhu perairan. Kisaran suhu di Bulan November berkisar $24\text{-}26\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau $24\text{-}28\text{ }^{\circ}\text{C}$ dimana Bulan November masih termasuk kedalam musim barat dengan suhu perairan yang relatif rendah. Suhu perairan yang dingin mempengaruhi tingkah laku, metabolisme dan berpengaruh terhadap gerak aktif ikan kurisi (*Nemipterus bathybius*). Suhu juga mempengaruhi rangsangan terhadap pertumbuhan ikan serta aktivitas pemijahan. Dampak saat kondisi suhu menurun secara ekstrim dapat menimbulkan terjadinya kegagalan reproduksi atau terlewatkannya musim pemijahan (Malau, et al., 2022).

Selain faktor di atas, kondisi lingkungan sebagai habitat biota juga sangat penting dan sangat mempengaruhi tingkat kematangan gonad. Penelitian Setiawati dan Melianawati (2020) mengungkapkan bahwa kedalaman habitat juga diduga menyebabkan lambatnya perkembangan ukuran diameter telur ikan kerapu batik (*E. polyphemadion*).

DAFTAR PUSTAKA

- Blazer, V.S. 2002. Histopathological Assessment Of Gonadal Tissue In Wild Fishes. Fish Physiology And Biochemistry. 26:85-101.
- Deeng, R. B., Kusen, J.D., Kumampung, D.R.H., Ompi, M., Paruntu, C.P. dan Tombokan, J. 2022. Analisis Tingkat kematangan Gonad dan Indeks Kematangan Gonad Pada Ikan Kakatua Famili Scaridae. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis. 10(3): 231-240.
- Effendie, M. I. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.
- Nikolsky, G. V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press. London 352p.
- Setiawati, K.M. dan Melianawati, R. 2020. Pertumbuhan Dan Tingkat Kematangan Gonad Ikan Kerapu Batik (*Epinephelus polyphekadion*) Hasil Budidaya. Journal of Fisheries and Marine Research. 4 (10): 125-131.
- Yonarta, D., Tanbiyaskur, Syaifudin, M., Sari, D.W. dan Sanjaya, R. 2023. Pematangan Gonad Calon Induk Ikan Selincah (*Belontia hasselti* Cuvier, 1831) dengan Tingkat Kepadatan Berbeda di Embung Sriwijaya. Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik. 7(1):23-32.

BAB 4

FEKUNDITAS

Oleh Adiara Firdhita Alam Nasyrah

4.1 Pendahuluan

Fekunditas merupakan salah satu parameter biologis dalam perikanan yang memiliki peran penting untuk memberikan gambaran terkait potensi reproduksi ikan betina dalam satu siklus pemijahan. Fekunditas mengacu pada jumlah total oosit yang akan dikeluarkan ikan pada saat periode pemijahan (Hasan et al., 2020). Fekunditas dapat dihitung dari jumlah total telur yang dihasilkan (fekunditas absolut) maupun dari jumlah telur per satuan berat tubuh atau panjang tubuh ikan (fekunditas relatif).

Dalam konteks ekologi ikan, fekunditas memiliki peranan krusial karena berhubungan dengan kemampuan suatu populasi untuk mempertahankan atau meningkatkan jumlah generasinya dari waktu ke waktu. Selain itu, fekunditas merupakan komponen penting dalam dinamika stok ikan (Rickman et al., 2000) diantaranya menduga potensi produksi stok ikan yang akan masuk ke dalam populasi, fekunditas yang tinggi dapat mempertahankan atau memulihkan populasi akibat penangkapan berlebih, indikator kesehatan lingkungan, sebagai parameter model populasi untuk memberkirakan biomassa stok pemijahan, dan sebagai dasar pengelolaan berkelanjutan. Dengan kata lain, fekunditas adalah cerminan dari kesehatan reproduktif ikan.

Fekunditas pada ikan dipengaruhi oleh banyak faktor yang baik secara internal maupun eksternal oleh kombinasi faktor biologis dan lingkungan. Ukuran dan bobot tubuh merupakan faktor internal utama yakni ketika individu yang lebih besar dengan bobot tubuh yang lebih berat biasanya menghasilkan lebih banyak telur karena memiliki cadangan energi yang lebih besar (Dick et al., 2017). Demikian pula berat ovarium memiliki

hubungan dengan fekunditas karena ovarium yang lebih berat biasanya menunjukkan jumlah oosit yang lebih banyak. Selain itu, musim pemijahan juga berperan penting karena spesies ikan yang memijah beberapa kali dalam setahun menunjukkan variasi fekunditas di setiap siklus reproduksi. Faktor lain adalah kondisi lingkungan seperti suhu air dan ketersediaan makanan sangat penting untuk mendukung kondisi fisiologis ikan yang lebih baik untuk alokasi energi yang lebih besar untuk reproduksi (Palma et al., 2024). Beberapa faktor ini menunjukkan bahwa fekunditas bersifat kompleks dan pemahaman untuk parameter ini sangat penting dalam pengelolaan perikanan dan upaya konservasi yang efektif.

Bab ini akan mengulas metode yang digunakan untuk pengukuran fekunditas, baik secara langsung melalui perhitungan jumlah oosit dalam ovarium maupun secara tidak langsung dengan pendekatan statistik. Selain itu, akan dibahas hubungan antara fekunditas dan parameter biologi seperti panjang dan bobot tubuh ikan, mengingat parameter tersebut sering digunakan sebagai indikator potensial dalam estimasi fekunditas. Sebagai pelengkap, bab ini akan menyajikan contoh penerapan analisis fekunditas pada beberapa spesies ikan baik ikan ekonomis penting dan ikan endemik yang memerlukan perhatian konservasi, guna menunjukkan relevansi dan manfaat praktis dari kajian fekunditas dalam berbagai konteks ekologi dan perikanan.

4.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fekunditas

Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi fekunditas ikan secara langsung maupun tidak langsung, baik melalui kondisi fisiologis individu maupun kualitas lingkungan habitat hidupnya. Faktor ini penting karena fekunditas merupakan indikator utama dalam memahami potensi reproduksi dan keberlanjutan populasi ikan seperti menunjang pengelolaan dan konservasi populasi, mendukung budidaya ikan, menilai dampak perubahan lingkungan, kajian ekologi populasi, dan mempertahankan populasi suatu spesies.

4.2.1 Faktor Internal

Faktor internal merupakan faktor biologis yang berasal dari dalam tubuh ikan itu sendiri dan berperan dalam menentukan kemampuan reproduksi termasuk fekunditas. Beberapa faktor internal utama yang telah banyak diteliti yaitu:

1. Ukuran Tubuh

Ukuran tubuh dan fekunditas memiliki hubungan positif baik panjang maupun berat dengan jumlah telur yang dihasilkan (Dick et al., 2017). Ikan dengan ukuran tubuh besar cenderung memiliki gonad yang lebih banyak karena kapasitas ruangnya besar untuk menghasilkan dan menyimpan telur. Namun, hubungan antara ukuran tubuh dan fekunditas tidak selalu liner dan bisa bervariasi sehingga menjadikan ukuran tubuh sebagai indikator dalam kajian stok ikan harus berhati-hati dan perlu data biometrik yang akurat.

2. Umur dan Kematangan Gonad

Umur ikan berkaitan erat dengan kematangan gonad dan kapasitas reproduksi (Murua & Saborido-Rey, 2003). Ikan yang telah mencapai umur reproduktif dan mengalami kematangan gonad umumnya memiliki fekunditas lebih tinggi dibandingkan individu yang lebih muda. Studi menunjukkan bahwa fekunditas akan meningkat seiring bertambahnya umur hingga mencapai titik optimum, sebelum akhirnya menurun karena faktor degeneratif pada ikan tua. Oleh karena itu, pemahaman mengenai struktur umur populasi sangat penting dalam memperkirakan potensi reproduksi suatu spesies.

3. Faktor Genetik

Variasi fekunditas juga dipengaruhi oleh faktor genetik. Spesies ikan dalam satu populasi dapat memiliki perbedaan kapasitas reproduksi baik dalam jumlah telur, ukuran telur, maupun keberhasilan pemijahan. Seleksi alam maupun buatan dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan fekunditas dari generasi ke generasi. Dengan demikian, faktor genetik menjadi salah satu pertimbangan dalam konservasi dan perbaikan kualitas *broodstock* (Barber & Blake, 2016).

4.2.2 Faktor Eksternal

Faktor-faktor eksternal yang berasal dari lingkungan luar dan aktivitas manusia juga berperan penting dalam memengaruhi fekunditas ikan. Beberapa faktor eksternal yang telah diidentifikasi dalam berbagai studi antara lain, yaitu:

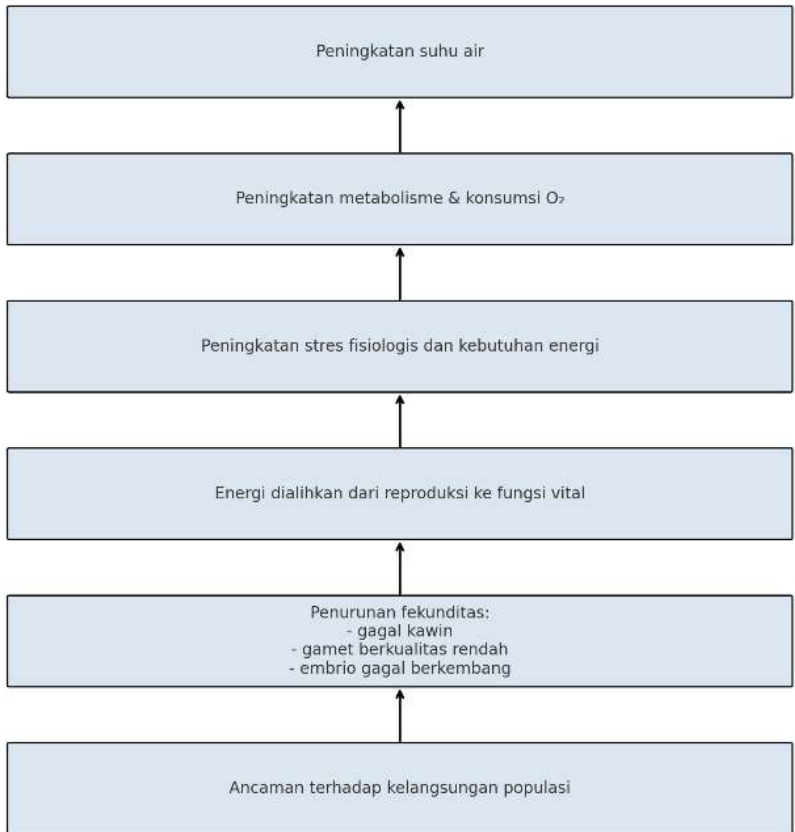
1. Eksploitasi perikanan

Eksploitasi perikanan yang intensif dapat memberikan dampak signifikan terhadap fekunditas ikan (Murua et al., 2003; Sadovy, 2001). Penangkapan selektif yang cenderung menangkap ikan-ikan berukuran besar dan berumur tua yang secara alami memiliki kapasitas reproduksi lebih tinggi telah menyebabkan penurunan rata-rata fekunditas dalam populasi. Selain itu, penangkapan selektif terhadap ikan jantan juga menjadi faktor eksternal yang menurunkan keberhasilan reproduksi populasi (Pardo et al., 2017). Akibatnya, struktur populasi didominasi oleh ikan yang lebih muda dan lebih kecil, yang secara biologis menghasilkan lebih sedikit telur. Kondisi ini menunjukkan bahwa tekanan penangkapan bukan hanya mengurangi jumlah stok ikan, tetapi juga menurunkan potensi reproduktif jangka panjang dalam suatu populasi. Hal ini telah ditunjukkan dalam penelitian (Pitman et al., 2013) terhadap ikan *Hoplostethus atlanticus*. Jika tidak dikelola secara bijak, penurunan fekunditas ini dapat menghambat kemampuan populasi untuk pulih dari tekanan eksploitasi sehingga berdampak langsung terhadap keberlanjutan sumber daya perikanan.

2. Suhu

Kenaikan suhu akibat perubahan iklim merupakan faktor eksternal yang dapat menurunkan fekunditas ikan (Alp et al., 2003; Concannon et al., 2021; Palma et al., 2024). Dampak suhu yang melebihi ambang toleransi optimal menyebabkan gangguan reproduksi, penurunan jumlah fekunditas, bahkan hilangnya kemampuan reproduksi yang dapat mengancam kelangsungan populasi ikan (Pörtner et al., 2001). Ketika peningkatan suhu terjadi maka laju metabolisme meningkat yang akibatnya kebutuhan energi tubuh juga meningkat drastis. Energi yang seharusnya dialokasikan untuk

reproduksi seperti perkembangan gonad dan produksi telur akan lebih banyak digunakan untuk mempertahankan kelangsungan hidup (Castanheira et al., 2011). Selain itu, stres suhu berkepanjangan meningkatkan pelepasan hormon stres seperti kortisol yang mengganggu regulasi hormonal sistem reproduksi (Guzman et al., 2023).



Gambar 4.1. Alur mekanisme peningkatan suhu air memengaruhi fekunditas

4.3 Metode Pengukuran Fekunditas

Metode pengukuran fekunditas umumnya dilakukan dengan beberapa pendekatan. Berikut adalah metode-metode

utama pengukuran fekunditas dalam studi biologi ikan (Murua et al., 2003):

4.3.1 Metode Perhitungan Langsung (*Gravimetrik*)

1. Ovarium diambil dari ikan betina yang matang gonad
2. Seluruh gonad ditimbang untuk menentukan bobot total gonad
3. Jumlah telur dihitung di bawah mikroskop atau menggunakan counting dish.

4.3.2 Metode Sub-sampling

1. Ovarium diambil dari ikan betina yang matang gonad
2. Seluruh gonad ditimbang untuk menentukan bobot total gonad
3. Gonad diambil pada tiga bagian yakni posterior, anterior, dan middle yang merupakan sub sampel, kemudian ditimbang
4. Jumlah telur dihitung di bawah mikroskop atau menggunakan counting dish.
5. Fekunditas total dihitung dengan persamaan berikut

$$F = \frac{Wt}{Ws} \times N$$

Keterangan :

F = fekunditas total

N = jumlah telur dalam sampel

Ws = berat sub sampel gonad

Wt = berat total gonad

4.3.3 Metode Volumetrik

Metode ini digunakan jika telur sangat kecil dan jumlahnya banyak dan menggunakan volume sebagai pengganti bobot.

1. Volume gonad total diambil
2. Kemudian diambil volume kecil (misal 1 mL) dan dihitung jumlah telur dalam volume tersebut
3. Selanjutnya total telur dihitung berdasarkan proporsi volume

4.4 Hubungan Fekunditas dengan Parameter Biologis

Fekunditas merupakan salah satu parameter penting dalam studi biologi reproduksi ikan karena berkaitan langsung dengan potensi reproduktif suatu populasi. Oleh karena itu, seringkali dihubungkan dengan panjang tubuh dan bobot tubuh ikan.

4.4.1 Fekunditas dengan panjang

Secara umum, terdapat hubungan positif antara panjang tubuh ikan dengan fekunditas. Semakin besar ukuran ikan, maka kapasitas ruang dalam rongga tubuh untuk perkembangan ovarium juga meningkat, memungkinkan produksi telur dalam jumlah banyak (Naranji et al., 2021). Hubungan ini biasanya dimodelkan menggunakan persamaan regresi berikut (Effendie, 1979):

$$F = a L^b$$

Dimana F adalah fekunditas, L adalah panjang tubuh, a adalah konstanta *intercept*, dan b adalah koefisien kemiringan (*slope*). Nilai b yang lebih besar dari 1 menunjukkan peningkatan fekunditas yang lebih cepat dibandingkan pertambahan panjang, sedangkan b mendekati 1 menunjukkan hubungan linier.

Penerapan hubungan ini dalam studi biologi perikanan sangat urgen untuk memperkirakan potensi reproduktif suatu populasi ikan berdasarkan distribusi panjang tubuh ikan.

4.4.2 Fekunditas dengan bobot

Hubungan antara fekunditas dan bobot tubuh ikan juga menunjukkan kecenderungan positif, ketika terjadi peningkatan bobot tubuh umumnya diikuti oleh peningkatan jumlah telur yang dapat diproduksi (Kusmini et al., 2017). Hal ini berkaitan dengan kapasitas fisiologis ikan dalam mengalokasikan energi untuk pertumbuhan dan reproduksi. Ikan dengan bobot tubuh yang lebih besar cenderung memiliki cadangan energi lebih banyak, ovarium yang lebih berkembang, dan kemampuan produksi telur yang lebih tinggi (Arif Habib Fasya & Mufidah F, 2022). Hubungan ini biasanya dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut (Effendie, 1979) :

$$F = aW^b$$

Keterangan : F adalah fekunditas, W adalah bobot tubuh (gram), a adalah konstanta, dan b adalah eksponen atau *slope* yang menunjukkan tingkatan perubahan fekunditas terhadap bobot tubuh.

Pemodelan hubungan ini sangat berguna dalam memprediksi potensi reproduktif individu maupun populasi ikan di alam. Dalam praktik pengelolaan perikanan, pemahaman hubungan fekunditas-bobot tubuh mendukung kebijakan konservasi terhadap ikan-ikan dengan tubuh besar karena kontribusinya terhadap regenerasi populasi lebih tinggi dibandingkan individu ikan yang lebih kecil.

4.5 Studi Kasus Fekunditas pada Beberapa Jenis Ikan

Nilai fekunditas dapat bervariasi antar spesies, bahkan dalam satu spesies yang hidup di habitat berbeda. Berikut disajikan (Tabel 4.1 dan 4.2) data fekunditas beberapa jenis ikan laut dan ikan tawar berdasarkan hasil studi di berbagai perairan Indonesia.

Tabel 4.1. Fekunditas ikan laut

No.	Spesies	Fekunditas (butir)	Perairan	Referensi
1.	<i>Plotosus canius</i> (Ikan Sembilang)	564 – 864	Perairan Laut Majakerta	(Muharam et al., 2020)
2.	Ikan Kembung (<i>Rastreliger kanagurta</i>)	2.314-96.924	Perairan Selat Sunda	(Putera & Setyobudiandi, 2019)
3.	Ikan layur (<i>Trichiurus lepturus</i>)	6.539-97.210	Perairan Teluk Kolono	(Karau et al., 2022)
4.	Ikan terbang (<i>Cheilopogon abei</i>)	2.321-9.438	Perairan Selat Geser Seram Timur	(Tuapetel, 2021)
5.	Ikan tongkol krai (<i>Auxis thazard</i>)	75.107-750.470	Perairan Kedonganan, Badung Bali	(Purwaningsih et al., 2022)

Tabel 4.2. Fekunditas ikan tawar

No.	Spesies	Fekunditas (butir)	Perairan	Referensi
1.	Ikan nilem (<i>Osteochilus vittatus</i>)	2.389 – 12.606	Perairan Waduk Benanga	(Jusmaldi et al., 2020)
2.	Ikan baung (<i>Hemibagrus nemurus</i>)	4.901- 7.609	Sungai Air Gandong	(Deri et al., 2023)
3.	Ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	439 – 4.281	Perairan Rawa Aopa, Konawesi Selatan	(Erni et al., 2018)
4.	Ikan betok (<i>Anabas testudineus</i>)	253- 1.023	Danau Tempe, Wajo	(Hasnidar et al., 2022)
5.	Ikan gabus (<i>Channa striata</i>)	1.141 – 16.486	Sungai Musi, Sumatera Selatan	(Makmur, 2006)

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 terlihat bahwa fekunditas ikan laut umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan ikan air tawar. Perbedaan ini mencerminkan variasi strategi reproduksi yang berkembang sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Ikan laut seperti ikan tongkol krai (*Auxis thazard*) dan ikan layur (*Trichiurus lepturus*) menunjukkan fekunditas yang sangat tinggi, masing-masing mencapai hingga 750.470 butir dan 97.210 butir telur. Tingginya fekunditas pada spesies-spesies ini berfungsi sebagai kompensasi terhadap tingkat kematian telur dan larva yang tinggi di lingkungan laut yang dinamis dan memiliki tekanan predasi yang tinggi pada fase awal kehidupan ikan (*Early life of fishes*).

Sebaliknya, ikan air tawar seperti ikan nilem (*Osteochilys vittatus*) dan ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) memiliki

fekunditas yang lebih rendah, yaitu berkisar antara 2.389-12.606 butir dan 4.901-7.609 butir. Hal ini dapat dikaitkan dengan lingkungan air tawar yang relatif lebih stabil dan tertutup, sehingga meningkatkan peluang kelangsungan hidup larva meskipun jumlah telur yang dihasilkan lebih sedikit. Dalam kondisi ini, upaya reproduktif lebih difokuskan pada peningkatan peluang bertahanya setiap individu daripada sekedar memperbanyak jumlah telur. Selain itu, variasi fekunditas juga dapat dipengaruhi oleh ukuran tubuh, umur ikan, dan kondisi fisiologis spesies. Misalnya, ikan dengan ukuran tubuh yang lebih besar seperti ikan tongkol krai cenderung memiliki kapasitas ovarium yang lebih besar untuk menghasilkan telur dalam jumlah lebih banyak.

4.6 Implikasi Ekologis

Fekunditas ikan memiliki peran penting dalam dinamika populasi dan kestabilan ekosistem perairan. Dalam sistem ekologi akuatik, spesies dengan fekunditas tinggi memiliki potensi untuk mempercepat pemulihan populasi setelah mengalami tekanan seperti penangkapan berlebih, pencemaran, atau perubahan habitat. Sebaliknya, spesies dengan fekunditas rendah umumnya memiliki jalu pertumbuhan populasi yang lambat dan lebih rentan terhadap tekanan lingkungan. Oleh karena itu, informasi mengenai fekunditas menjadi indikator awal dalam menilai kerentanan suatu spesies terhadap gangguan ekologis dan menjadi salah satu dasar dalam penyusunan strategi konservasi.

Selain itu, fekunditas juga berperan dalam menjaga keseimbangan antarspesies dalam suatu komunitas perairan. Populasi ikan yang berhasil mempertahankan fekunditas optimal berkontribusi pada stabilitas rantai makanan, karena menyediakan sumber makanan bagi predator alami dan mengatur kepadatan populasi melalui kompetisi intra dan interspesifik. Ketika fekunditas suatu spesies terganggu akibat faktor lingkungan atau aktivitas antropogenik, hal ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan dalam struktur komunitas, seperti ledakan populasi organisme tertentu atau menurunnya

populasi predator. Fekunditas tinggi dapat menjadi indikator bahwa suatu spesies memiliki potensi peningkatan populasi yang tinggi jika kondisi lingkungan mendukung perkembangan telur dan larva, dan tidak terjadi overfishing terhadap ikan matang gonad,

Dalam perspektif ekologis yang lebih luas, fekunditas dapat digunakan sebagai salah satu indikator kualitas lingkungan perairan. Lingkungan yang sehat akan mendukung proses reproduksi ikan, termasuk pematangan gonad, pemijahan, dan perkembangan embrio. Sebaliknya, kondisi lingkungan yang tercemar atau mengalami perubahan fisik dapat menghambat proses reproduksi dan menurunkan fekunditas.

Jumlah fekunditas yang dihasilkan ikan dalam satu siklus reproduksi merupakan indikator utama dari kapasitas reproduktif suatu spesies. Semakin tinggi fekunditas, semakin besar potensi populasi ikan untuk menambah jumlah stok baru dalam populasi. Namun, keberhasilan reproduksi tidak hanya bergantung pada jumlah telur tetapi juga pada faktor lingkungan, tingkat kelangsungan hidup larva dan sukses rekrutmen. Fekunditas yang tinggi pada individu besar menunjukkan bahwa upaya konservasi dan pengelolaan perikanan sebaiknya diarahkan untuk melindungi ikan-ikan betina dewasa yang besar. Penangkapan yang intensif terhadap ikan yang belum mencapai matang gonad dapat berdampak terhadap kelestarian populasi dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pengelolaan perikanan yang berkelanjutan harus mempertimbangkan batas ukuran tangkap minimum yang didasarkan pada data fekunditas dan ukuran kali pertama matang gonad.

4.7 Kesimpulan

Fekunditas merupakan parameter penting dalam kajian biologi reproduksi ikan yang menggambarkan kemampuan ikan betina dalam menghasilkan telur selama satu siklus pemijahan. Nilai fekunditas dapat digunakan sebagai indikator potensi reproduktif populasi, kesehatan lingkungan, serta efektivitas pengelolaan perikanan. Fekunditas dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal. Metode pengukuran fekunditas

dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung melalui pendekatan gravimetrik, sub-sampling, dan volumetrik. Oleh karena itu, pemahaman tentang fekunditas sangat penting dalam pengelolaan, budidaya, serta kebijakan stok ikan yang berkelanjutan dan berbasis ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alp, A., Kara, C., & Büyükçapar, H. M. (2003). Reproductive biology of brown trout, *Salmo trutta macrostigma* Dumeril 1858, in a tributary of the Ceyhan River which flows into the eastern Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 19(6), 346–351.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2003.00455.x>
- Arif Habib Fasya, & Mufidah F. (2022). The Effect of Parental Length and Weight on Fecundity of *Betta* sp. *Journal of Aquaculture Science*, 7(2), 130–134.
<https://doi.org/10.31093/joas.v7i2.257>
- Barber, B. J., & Blake, N. J. (2016). Chapter 6 - Reproductive Physiology. In S. E. Shumway & G. J. Parsons (Eds.), *Scallops* (Vol. 40, pp. 253–299). Elsevier.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62710-0.00006-7>
- Castanheira, M. F., Martins, C. I. M., Engrola, S., & Conceição, L. E. C. (2011). Daily oxygen consumption rhythms of *Senegalese sole* (Kaup, 1858) juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 407(1), 1–5.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.06.036>
- Concannon, C. A., Cross, E. L., Jones, L. F., Murray, C. S., Matassa, C. M., McBride, R. S., & Baumann, H. (2021). Temperature-dependent effects on fecundity in a serial broadcast spawning fish after whole-life high CO₂ exposure. *ICES Journal of Marine Science*, 78(10), 3724–3734.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab217>
- Deri, Adibrata, S., & Gustomi, A. (2023). Aspek reproduksi ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) di Sungai Air Gandong Kecamatan Riau Silip Kabupaten Bangka. *Jurnal Sumberdaya Perairan*, 17(1), 35–43.
<https://doi.org/10.33019/akuatik.v17i1.3754>
- Dick, E. J., Beyer, S., Mangel, M., & Ralston, S. (2017). A meta-analysis of fecundity in rockfishes (genus *Sebastes*). *Fisheries Research*, 187, 73–85.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.11.009>

Effendie, M. I. (1979). *Metode Biologi Perikanan*.

Erni, R., Asriyana, ., & Mustafa, A. (2018). Biologi Reproduksi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Perairan Rawa Aopa Watumohai Kecamatan Angata Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 3(2), 117–123.

Guzman, A., Miller, O., & Gabor, C. R. (2023). Elevated water temperature initially affects reproduction and behavior but not cognitive performance or physiology in *Gambusia affinis*. *General and Comparative Endocrinology*, 340, 114307.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2023.114307>

Hasan, M., Hosen, M. H. A., Miah, M. I., Ahmed, Z. F., Chhanda, M. S., & Shahriar, S. I. M. (2020). Fecundity, length at maturity and gonadal development indices of river catfish (*Clupisoma garua*) of the old Brahmaputra River in Bangladesh. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 259–263.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.003>

Hasnidar, H., Tamsil, A., Hasrun, H., & Akram, A. M. (2022). Reproductive biology climbing perch *Anabas testudineus* (Bloch 1792) at Danau Tempe Kabupaten Wajo South Sulawesi. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 22(1), 17–34. <https://doi.org/10.32491/jii.v22i1.567>

Jusmaldi, Hariani, N., Hendra, M., Wulandari, N. A., & Sarah. (2020). Beberapa aspek biologi reproduksi ikan nilam, *Osteochilus vittatus* Valenciennes, 1842) di perairan Waduk Benanga, Kalimantan Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 20(3); 20(3), 217–233.

Karau, W. A., Asriyana, & Yasidi, F. (2022). Biologi Reproduksi Ikan Layur (*Trichiurus lepturus*) di Perairan Teluk Kolono Kecamatan Kolono Timur , Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 7(1), 21–31.

- Kusmini, I. I., Putri, F. P., & Prakoso, V. A. (2017). Bioreproduksi dan hubungan panjang-bobot terhadap fekunditas pada ikan lalawak (*Barbonymus balleroides*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 11(4), 339. <https://doi.org/10.15578/jra.11.4.2016.339-345>
- Makmur, S. (2006). Fecundities and eggs diameter of snakehead (*Channa striata* Bloch) in the flood plain area of Musi River, South Sumatera. *Jurnal Perikanan (Journal of Fisheries Sciences) All Rights Reserved*, 2, 853–6384.
- Muharam, D., Sulistiono, & Riani, E. (2020). Biologi reproduksi ikan sembilang (*Plotosus canius*) di Perairan Pantai Majakerta, Indramayu, Jawa Barat. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 11(2), 199–209.
- Murua, H., Kraus, G., Saborido-Rey, F., Witthames, P. R., Thorsen, A., & Junquera, S. (2003). Procedures to estimate fecundity of marine fish species in relation to their reproductive strategy. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33, 33–54. <https://doi.org/10.2960/J.v33.a3>
- Murua, H., & Saborido-Rey, F. (2003). Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 33(December 2003), 23–31. <https://doi.org/10.2960/J.v33.a2>
- Naranji, M. K., Velamala, G. R., & Sujatha, K. (2021). Reproductive biology of female sawcheek scorpionfish, *Brachypterois serrulata* (Richardson, 1846) (Teleostei; Scorpaenidae) from Visakhapatnam Coast, India. *Marine Life Science and Technology*, 3(3), 347–354. <https://doi.org/10.1007/s42995-020-00083-7>
- Palma, J., Correia, M., Leitão, F., & Andrade, J. P. (2024). Temperature Effects on Growth Performance, Fecundity and Survival of *Hippocampus guttulatus*. *Diversity*, 16(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/d16120719>
- Pardo, L. M., Riveros, M. P., Fuentes, J. P., Pinochet, R., Cárdenas, C., & Sainte-Marie, B. (2017). High fishing intensity reduces females' sperm reserve and brood fecundity in a eubrachyuran crab subject to sex-and size-biased harvest.

- ICES Journal of Marine Science*, 74(9), 2459–2469.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx077>
- Pitman, L. R., Haddy, J. A., & Kloser, R. J. (2013). Fishing and fecundity: The impact of exploitation on the reproductive potential of a deep-water fish, orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). *Fisheries Research*, 147, 312–319.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.06.008>
- Pörtner, H. O., Berdal, B., Blust, R., Brix, O., Colosimo, A., De Wachter, B., Giuliani, A., Johansen, T., Fischer, T., Knust, R., Lannig, G., Naevdal, G., Nedenes, A., Nyhammer, G., Sartoris, F. J., Serendero, I., Sirabella, P., Thorkildsen, S., & Zakhartsev, M. (2001). Climate induced temperature effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: Developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*). *Continental Shelf Research*, 21(18–19), 1975–1997.
[https://doi.org/10.1016/S0278-4343\(01\)00038-3](https://doi.org/10.1016/S0278-4343(01)00038-3)
- Purwaningsih, N. L. K. P., Pertami, N. D., & Pratiwi, M. A. (2022). *Aspek Biologi Reproduksi Ikan Tongkol Krai (Auxis thazard Laceoede, 1800) di Perairan Kedonganan, Badung Bali*. 63, 57–63.
- Putera, M. L. A., & Setyobudiandi, I. (2019). Reproduksi Ikan Kembung Lelaki (*Rastrelliger kanagurta* Cuvier, 1816) Kaitanya Dengan Suhu Permukaan Laut Di Perairan Selat Sunda. *Journal of Tropical Fisheries Management*, 3(1), 30–37. <https://doi.org/10.29244/jppt.v3i1.29632>
- Rickman, S. J., Dulvy, N. K., Jennings, S., & Reynolds, J. D. (2000). Recruitment variation related to fecundity in marine fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(1), 116–124. <https://doi.org/10.1139/cjfas-57-1-116>
- Sadovy, Y. (2001). The threat of fishing to highly fecund fishes. *Journal of Fish Biology*, 59(sA), 90–108.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2001.tb01381.x>

Tuapetel, F. (2021). Biologi Reproduksi Ikan Terbang, *Cheilopogon abei* Parin, 1996 di Perairan Selat Geser Seram Timur. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 21(2), 167–184.

BAB 5

KONSEP RUAYA PADA IKAN

Oleh Yessi Ayu Putri Manganang

5.1 Pengertian dan Konsep Dasar Ruaya Ikan

Studi mengenai ruaya ikan merupakan aspek mendasar karena pemahaman terhadap lintasan pergerakan ikan memungkinkan identifikasi batas-batas geografis tempat suatu stok atau subpopulasi berada dan berkembang. Dalam melakukan aktivitas hidupnya ikan melakukan ruaya atau berpindah baik secara individual maupun bergerombol (*fish school*) dan ini sudah menjadi bagian dari daur hidupnya (Adjie,S.,2008). Ikan melakukan ruaya atau migrasi ke wilayah-wilayah yang menyediakan kondisi lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan pada tahapan tertentu dalam siklus hidupnya, seperti untuk aktivitas makan (*feeding*), pertumbuhan (*growth*), pematangan gonad (*maturity*), dan pemijahan (*spawning*). Proses ruaya ini dipengaruhi oleh interaksi antara kebutuhan biologis ikan dan berbagai faktor lingkungan. Sebagai organisme akuatik yang responsif terhadap perubahan ekosistem, ikan cenderung bermigrasi ketika kondisi lingkungan tidak lagi mendukung kelangsungan hidupnya sebagaimana sebelumnya (Effendie, 2006 *dalam* Tamsil et al., 2019). Ruaya yang dilakukan ikan biasanya bersifat aktif tetapi adapula yang bersifat pasif pergerakannya dari satu habitat ke habitat yang lain.

Ruaya merupakan aktivitas perpindahan hewan yang terjadi dalam skala besar dan berlangsung dalam kurun waktu tertentu dengan tujuan biologis spesifik. Tujuan ruaya berbeda-beda tergantung pada karakteristik spesies. Pada ikan, pola ruaya menunjukkan variasi yang teratur berdasarkan waktu, yang dapat berlangsung secara harian, musiman, tahunan, atau bahkan lebih panjang, serta mencakup jarak mulai dari beberapa meter hingga ribuan kilometer. Perilaku ruaya pada ikan ini merupakan mekanisme yang bersifat periodik dan adaptif, yang umumnya

berkaitan dengan kebutuhan untuk memperoleh makanan serta melakukan reproduksi (Kumari, 2024) . Beberapa spesies ikan yang tergolong sebagai perenang/peruaya jarak jauh atau spesies bermigrasi tinggi (*highly migratory species*) meliputi kelompok tuna (genus *Thunnus*), marlin yang dikenal pula sebagai *spear fish* (genus *Makaira* dan *Tetrapturus*), ikan layar atau *sailfish* (*Istiophorus*), serta ikan pedang atau *swordfish* (*Xiphias*).

Ikan sidat merupakan salah satu jenis ikan yang siklus hidupnya dari air laut beruaya ke perairan air tawar hingga menjadi dewasa dan kemudian Kembali lagi ke laut untuk melakukan pemijahan. Siklus hidup sidat terdiri dari lima stadia yaitu larva (*Leptocephalus*), benih ikan sidat (*glass eel*), ikan sidat berpigmen (*elver*), sidat muda (*yellow eel*) dan sidat dewasa (*silver eel*). Pada stadia benih ini ikan sidat memiliki tingkat kematian tertinggi, ini dikarenakan pada saat melakukan ruaya benih sidat seringkali tidak sampai ke habitat perairan tawar dengan baik karena terhalang dengan adanya keberadaan bendungan dan jeram pada jalur migrasi atau ruayanya (Linda et al., 2023). Ikan tuna adalah salah satu bagian dari ikan pelagis besar dengan karakteristik oseanik atau mempunyai sifat beruaya dari suatu perairan ke perairan lain dengan kondisi oseanografis, biologis dan meteorologis yang sesuai dengan habitatnya ((Sibagariang et al., 2011). Parameter oseanografi yang mempengaruhi ruaya dan status keberadaan ikan tuna pada suatu perairan, yaitu suhu, salinitas, arus dan kesuburan perairan (Tangke at al., 2016) .

Ikan yang hidup di perairan tawar maupun laut dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok utama, yaitu ikan non-peruaya dan ikan peruaya. Ikan non-peruaya bersifat residen, tetap berada dalam satu habitat sepanjang hidupnya. Sebaliknya, ikan peruaya menunjukkan pola migrasi, berpindah dari suatu habitat ke habitat lain pada waktu tertentu untuk memenuhi kebutuhan biologis seperti pemijahan, mencari makanan, atau aktivitas ekologis lainnya. Berikut batasan yang digunakan antara hubungan ruaya dengan habitat ikan ((Tamsil et al., 2019)) :

1. Amfibiolik, merupakan ikan yang melakukan ruaya antara habitat laut dan air tawar, baik dari laut ke sungai maupun sebaliknya.
2. Holobiotik, merupakan ikan yang tidak berruaya, melainkan menetap sepanjang hidupnya di satu jenis perairan, baik air tawar maupun laut; namun ada beberapa spesies dalam kelompok ini dapat menunjukkan perilaku ruaya terbatas.
3. Diadrom, adalah ikan yang melakukan ruaya antar perairan laut dan tawar secara periodik dengan tujuan utama untuk pemijahan.
4. Amfidrom, ikan yang melakukan ruaya antar perairan laut dan tawar bukan untuk pemijahan, tetapi untuk mencari makan atau kebutuhan ekologi lainnya.
5. Potamodrom, ikan yang melakukan ruaya sepenuhnya dalam ekosistem air tawar, seperti sungai dan danau.
6. Oseanodrom, adalah ikan yang menetap dan berruaya di lingkungan laut saja.
7. Batidrom, merupakan spesies ikan yang melakukan migrasi atau ruaya vertikal menuju perairan laut dalam.
8. Breakheadrom, ikan yang melakukan migrasi atau ruaya di perairan laut dangkal.

Jenis-jenis ruaya ikan berdasarkan kebutuhannya (Kumari, 2024):

1. Ruaya untuk mencari makan atau *Alimentary*, merupakan proses ruaya yang dilakukan untuk mencari pada daerah yang kaya akan sumber makanan. Proses ini terjadi ketika sumber makanan di habitat sebelumnya telah habis.
2. Ruaya pemijahan (*Gametic*), adalah ruaya yang terjadi pada musim reproduksi untuk mencari lokasi pemijahan yang sesuai.
3. Ruaya iklim atau musiman (*Climatic*), adalah ruaya yang dilakukan untuk mencari kondisi iklim yang optimal bagi kelangsungan hidup.
4. Ruaya osmoregulasi adalah ruaya yang bertujuan untuk menjaga keseimbangan air dan elektrolit, yaitu dari laut ke perairan tawar atau sebaliknya.

5. Ruaya juvenil merupakan ruaya larva dari daerah pemijahan menuju habitat tempat induknya mencari makan.

5.2 Ruaya Berdasarkan Habitat

Ruaya ikan berdasarkan habitat merujuk pada pergerakan antar jenis habitat perairan, yaitu air tawar, air laut atau kombinasi keduanya. Ruaya ini sangat penting untuk kelangsungan hidup spesies, karena setiap habitat memberikan fungsi ekologis yang berbeda serta ini juga sangat penting dalam pengelolaan perikanan, pelestarian habitat dan pembangunan berkelanjutan. Ruaya ikan berdasarkan habitat terbagi dalam tiga kategori, yaitu (Larinier, 2000):

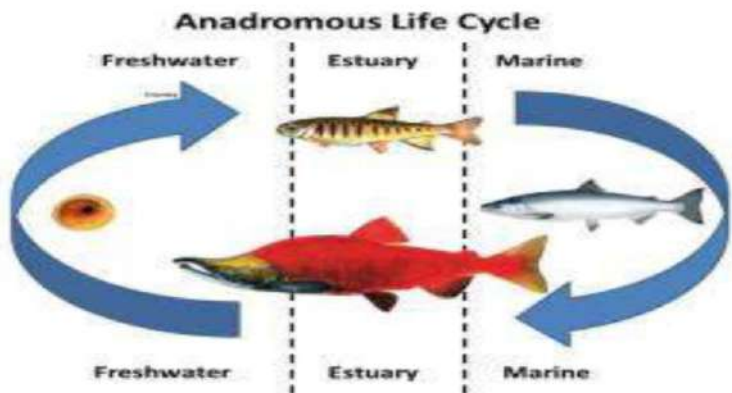
1. Ruaya Diadromous

Adalah jenis ruaya yang melibatkan perpindahan antara air tawar dan air laut. Ruaya ini terjadi sebagai bagian dari siklus hidup ikan, biasanya untuk tujuan pemijahan atau pertumbuhan, di mana lokasi reproduksi dan lokasi mencari makan dapat terpisah oleh jarak yang sangat jauh, bahkan hingga ribuan kilometer. Ada tiga tipe ruaya yang termasuk dalam kelompok ini, yaitu :

- a. Anadromous

Ikan anadromous merupakan spesies yang menjalani fase pertumbuhan utama di lingkungan laut dan bermigrasi menuju perairan tawar untuk melakukan proses pemijahan. Spesies anadromous memiliki kemampuan untuk mengenali daerah asalnya di dalam daerah aliran sungai (DAS) dan bermigrasi kembali ke lokasi tersebut dengan tingkat akurasi tinggi untuk melakukan reproduksi. Perilaku kembali ke tempat kelahiran ini dikenal sebagai *homing*, yang terutama dimediasi oleh kemampuan penciuman terhadap ciri khas kimiawi aliran sungai. Sebagai konsekuensinya, setiap DAS mendukung keberadaan unit stok ikan yang khas dan terpisah secara genetik maupun ekologis. Ikan hidup di laut, tetapi berpindah ke air tawar untuk bertelur. Contoh Ikan: Salmon, contoh habitat: Hidup di samudra, lalu bermigrasi ke sungai atau danau untuk pemijahan.

Menurut Kumari (2024), siklus hidup anadromous contohnya pada ikan salmon yaitu Salmon melakukan migrasi dari laut ke perairan sungai selama musim dingin untuk tujuan reproduksi. Selama proses migrasi ini, terjadi sejumlah adaptasi fisiologis, antara lain: penghentian asupan makanan sepanjang perjalanan, perubahan warna tubuh dari keperakan menjadi cokelat kemerahan yang kusam, dan pematangan organ reproduksi (gonad). Ikan salmon akan memilih habitat pemijahan yang optimal dan menggali sarang berbentuk cekungan menyerupai piring. Di dalam sarang tersebut, ikan betina melepaskan telur, yang kemudian dibuahi oleh sperma dari ikan jantan. Setelah menetas, larva juvenil yang masih menempel pada kantung kuning telur disebut *alevin*. Tahapan ini kemudian berkembang menjadi juvenil yang dikenal sebagai *parr*, dan akan mengalami metamorfosis menjadi individu dewasa sebelum kembali bermigrasi ke laut.

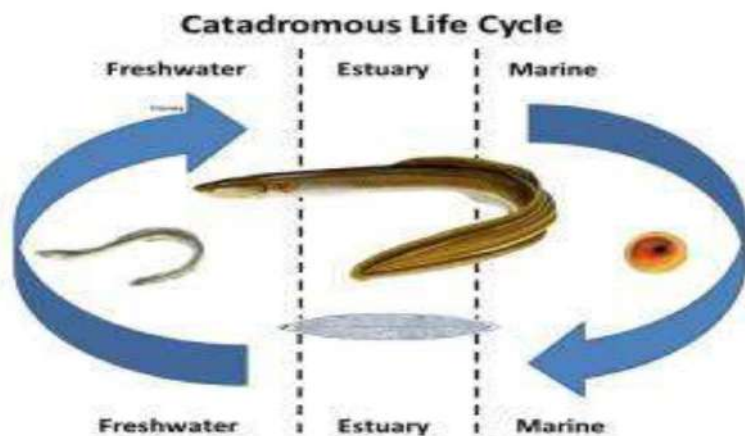


Gambar 5.1. Siklus hidup ikan anadromous
Sumber : Kumari (2024)

b. Katadromous

Spesies katadromous, menunjukkan pola siklus hidup yang berlawanan, di mana migrasi menuju perairan laut berlangsung untuk tujuan reproduksi, sedangkan migrasi

kembali ke perairan tawar berfungsi sebagai upaya kolonisasi wilayah pencarian makanan. Ikan sidat (*Anguilla* sp.) termasuk dalam kelompok ikan dengan pola migrasi katadromous, yaitu ikan yang memulai siklus hidupnya di laut, kemudian bermigrasi ke perairan tawar untuk tumbuh menjadi individu dewasa, dan akhirnya kembali ke laut untuk melakukan pemijahan.



Gambar 5.2. Siklus hidup ikan katadromous
Sumber : Kumari (2024)

Siklus hidup ikan sidat terdiri dari lima tahapan utama, yaitu larva (*leptocephalus*), benih sidat (*glass eel*), sidat berpigmen (*elver*), sidat muda (*yellow eel*), dan sidat dewasa (*silver eel*). Pada fase *leptocephalus*, larva ikan sidat bergerak secara pasif terbawa arus laut menuju daerah pesisir, kemudian bermetamorfosis menjadi benih (*glass eel*) yang melakukan migrasi ke sungai dan naik ke hulu sebagai sidat berpigmen (*elver*). Pada fase ini, sidat tumbuh menjadi sidat muda dan mengalami pematangan gonad hingga mencapai tahap dewasa, lalu bermigrasi ke hilir untuk melakukan pemijahan di laut (Romadhi et al., 2022).

Sebelum dan selama migrasi, tubuh ikan mengalami sejumlah adaptasi fisiologis, antara lain:

- 1) Akumulasi cadangan lemak yang signifikan sebagai sumber energi untuk mendukung perjalanan migrasi.
- 2) Perubahan pigmen tubuh dari warna kuning menjadi abu-abu keperakan dengan kilauan metalik.
- 3) Penyusutan saluran pencernaan yang menyebabkan penghentian aktivitas makan.
- 4) Pembesaran mata disertai peningkatan ketajaman penglihatan, serta peningkatan sensitivitas pada organ sensorik lainnya.
- 5) Kulit berperan sebagai organ tambahan dalam proses pernapasan.
- 6) Gonad mengalami proses pematangan dan peningkatan ukuran sebagai persiapan reproduksi.

Setelah mencapai kematangan gonad, ikan dewasa memulai migrasi kembali ke laut untuk berkembang biak. Setelah proses pemijahan di laut, siklus hidup berakhir karena ikan dewasa umumnya mati setelah bereproduksi.

c. Amfidromous

Spesies amfidromous, menjalani sebagian siklus hidupnya di perairan tawar maupun laut. Migrasi yang terjadi tidak berkaitan dengan reproduksi, melainkan lebih sering berfungsi untuk mencari sumber makanan dan/atau tempat perlindungan.

2. Ruaya Potamodromous

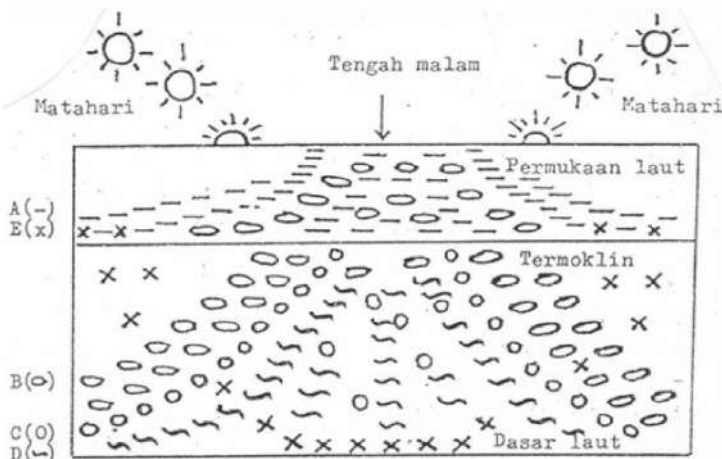
Spesies potadromous menyelesaikan seluruh tahapan siklus hidupnya di lingkungan perairan tawar dalam satu sistem Sungai, danau atau rawa. Lokasi untuk reproduksi dan aktivitas makan dapat terletak pada jarak yang bervariasi, mulai dari beberapa meter hingga ratusan kilometer. Contoh : Ikan mas, ikan nilem, ikan lele lokal.

3. Ruaya Oceanodromous

Ruaya yang terjadi sepenuhnya di laut, mencakup perairan pesisir, pelagis (permukaan laut terbuka), hingga laut dalam. Mengacu pada pergerakan ikan yang berlangsung sepenuhnya di wilayah laut, dengan tujuan menemukan habitat yang optimal untuk aktivitas makan dan pemijahan. Siklus hidup dimulai dengan penetasan di sekitar area pemijahan, diikuti oleh fase larva yang terbawa arus laut, kemudian menetap sebagai juvenil, tumbuh menjadi individu dewasa, dan akhirnya kembali bermigrasi menuju lokasi asal untuk bereproduksi. Contoh Ikan: Tuna, Mackerel, Herring.

4. Ruaya Vertikal

Merupakan pergerakan ikan yang terjadi secara rutin setiap hari antara lapisan perairan dalam dan permukaan, dengan tujuan utama memperoleh makanan, mendapatkan perlindungan, atau melakukan pemijahan. Berdasarkan respons terhadap rangsangan cahaya, Hela & Laevastu (1961) serta Laevastu & Hayes (1981) dalam Syam & Satria, (2009) mengklasifikasikan ikan ke dalam enam kelompok menurut pola migrasi vertikal hariannya yaitu :



Gambar 5.3. Ruaya ikan secara vertical harian
Sumber : Hela & Laevastu (1961) ; Laevastu & Hayes (1981) dalam Syam & Satria, (2009)

- a. Mencakup ikan pelagis yang pada siang hari berada sedikit di atas lapisan termoklin. Saat menjelang sore, ikan-ikan tersebut beruaya menuju lapisan permukaan, kemudian pada malam hari menyebar di antara lapisan permukaan hingga termoklin. Ketika matahari tiba, ikan cenderung menghindari lapisan di atas termoklin sebagai respons terhadap peningkatan intensitas cahaya.
- b. Terdiri atas ikan pelagis yang siang harinya berada di bawah lapisan termoklin. Menjelang sore, ikan akan beruaya menembus lapisan termoklin menuju permukaan, lalu selama malam hari menyebar di seluruh kolom air antara permukaan hingga dasar perairan, dengan sebagian ikan tetap berada di atas termoklin. Saat matahari terbit, ikan-ikan ini bergerak turun kembali ke lapisan perairan yang lebih dalam.
- c. Terdiri atas ikan pelagis yang mulai muncul di bawah lapisan termoklin pada sore hari, kemudian pada malam hari menyebar ke seluruh lapisan antara termoklin hingga dasar perairan, dan berpotensi bergerak ke kedalaman yang lebih ekstrem saat matahari terbit.
- d. Mencakup ikan-ikan demersal yang pada siang hari berada dekat dasar perairan. Menjelang sore, ikan melakukan ruaya dan menyebar ke lapisan bawah termoklin, meskipun sebagian ikan dapat berada tepat di atas termoklin, lalu kembali turun ke dasar atau lapisan lebih dalam saat matahari terbit.
- e. Terdiri dari ikan yang memiliki pola penyebaran merata di seluruh kolom perairan selama siang hari, namun pada malam hari berpindah ke lapisan dasar perairan.
- f. Terdiri dari jenis-jenis ikan pelagis dan demersal yang tidak menunjukkan pola migrasi harian yang konsisten atau teridentifikasi secara jelas.

5.3 Tujuan Ruaya

Ruaya merupakan aktivitas esensial dalam siklus hidup ikan. Tujuan utama ruaya adalah untuk bertahan hidup dan melanjutkan keturunan. Berdasarkan tujuan ruaya, menurut

Utomo & Samuel (2005) *dalam* Adjie (2008), ruaya ikan di perairan umum ke dalam tiga kategori, yakni: ruaya untuk pemijahan, ruaya dalam rangka mencari makanan, dan ruaya sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan.

1. Ruaya untuk pemijahan adalah ruaya yang dilakukan oleh ikan menuju lokasi tertentu dengan tujuan utama melakukan reproduksi. Aktivitas ini merupakan bagian penting dari siklus hidup ikan untuk memastikan keberhasilan perkembangbiakan dan kelangsungan populasi. Ruaya pemijahan sering melibatkan perpindahan dari habitat aslinya ke habitat khusus yang memiliki kondisi lingkungan yang sesuai untuk bertelur dan menetasakan anak ikan, seperti perairan dengan kualitas air, suhu, dan substrat yang optimal. Beberapa spesies ikan sungai, seperti belida, baung, tapa (*Wallago leeri*), tilan (*Mastocembelus unicolor*), dan lais (*Kryptopterus* spp.), melaksanakan ruaya pemijahan menuju habitat hutan rawa.
2. Ruaya dalam rangka mencari makanan adalah ruaya yang dilakukan oleh ikan dengan tujuan utama untuk memperoleh sumber daya makanan guna mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Pergerakan ini sering terjadi sebagai respons terhadap perubahan ketersediaan makanan di habitat asal atau untuk memanfaatkan sumber makanan yang lebih melimpah di area lain. Beberapa spesies ikan rawa pada musim kemarau menghabiskan waktu di bagian dalam badan air pada daerah rawa banjir dan melakukan migrasi lokal untuk mencari sumber makanan di sekitar perairan tersebut. Sementara itu, ikan putih bermigrasi lebih jauh ke hulu dan hilir sungai; selama musim kemarau, ikan ini berada di hilir sungai utama dan melakukan pencarian makanan di kawasan rawa banjir.
3. Ruaya sebagai respon terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan merupakan mekanisme adaptasi dalam menghadapi perubahan kualitas perairan, seperti

penurunan pH, kadar oksigen yang rendah, peningkatan suhu, dan faktor lingkungan lainnya. Beberapa jenis ikan putih, misalnya, pada musim hujan ketika debit air meningkat, melakukan migrasi dan pemijahan di wilayah lebak. Namun, pada musim kemarau, karena tidak tahan terhadap keasaman tinggi dan oksigen yang terbatas, ikan-ikan tersebut kembali bermigrasi ke sungai dengan kondisi air yang lebih baik.

5.4 Faktor yang Mempengaruhi Ruaya

Perilaku ruaya ikan dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok utama, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal mencakup kondisi lingkungan yang secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi aktivitas migrasi ikan. Sementara itu, faktor internal merupakan faktor fisiologis yang berasal dari dalam tubuh ikan, seperti sekresi hormon oleh kelenjar endokrin, yang interaksinya erat kaitannya dengan rangsangan dari lingkungan eksternal. Beberapa faktor lingkungan dan internal mempengaruhi perilaku ruaya ikan, seperti:

1. Suhu air

Ikan sangat sensitif terhadap perubahan suhu, yang dapat memicu beruaya ke habitat dengan suhu optimal. Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu parameter lingkungan yang memengaruhi proses metabolisme dan aktivitas biologis ikan, termasuk tingkat konsumsi pakan, pertumbuhan, serta pola migrasinya. Ketika suhu air terlalu rendah, laju metabolisme ikan cenderung melambat, yang pada akhirnya berdampak pada terhambatnya pertumbuhan. Sebaliknya, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut di perairan, memicu stres fisiologis pada ikan, dan dalam kondisi ekstrem, dapat menyebabkan kematian (Pratama et al., 2024).

2. Salinitas (kadar garam)

Perubahan kadar salinitas di lingkungan perairan dapat menjadi stimulus bagi ikan untuk beruaya menuju area

dengan tingkat salinitas yang lebih sesuai dengan tekanan osmotik tubuhnya, guna mempertahankan keseimbangan osmoregulasi secara fisiologis. Terutama penting bagi ikan diadromous, yang berpindah antara air laut dan air tawar. Hasil penelitian (Romadhi et al., 2022) menunjukkan bahwa data pengukuran parameter kualitas air di Sungai Lorok, yang merupakan habitat ruaya ikan sidat, tercatat suhu air berkisar antara 27,1 hingga 32,5 °C; pH berada pada rentang 8,0 hingga 8,5; kadar oksigen terlarut berkisar antara 8,4 hingga 8,8 mg/L; dan seluruh stasiun pengamatan menunjukkan nilai salinitas sebesar 0 ppt. Salinitas merupakan salah satu parameter kualitas air yang sangat penting bagi kelangsungan hidup ikan sidat, di mana kemampuan benih ikan sidat menurun saat memasuki perairan tawar, khususnya pada fase ikan sidat berpigmen.

3. Arus dan pasang surut

Arus laut dan sungai, serta siklus pasang surut, membantu pergerakan ikan terutama selama migrasi pemijahan atau mencari makan. Arus perairan berperan dalam memfasilitasi ruaya ikan melalui transportasi pasif telur dan juvenil dari lokasi pemijahan menuju daerah asuhan. Selain itu, ikan dewasa yang telah selesai melakukan pemijahan memanfaatkan arus untuk kembali ke zona pencarian makanan. Fenomena pasang surut di perairan menjadi salah satu faktor penyebab terbentuknya arus tersebut. Kehadiran arus laut memainkan peran penting dalam menentukan distribusi spasial ikan, khususnya dalam mendukung proses migrasi dan ruaya. Selain itu, arus turut berkontribusi terhadap dinamika produktivitas biologis di ekosistem laut (Tangke et al, 2016).

4. Intensitas Cahaya

Rangsangan cahaya dapat memicu migrasi vertikal harian dan memengaruhi waktu migrasi musiman. Berbagai aspek perilaku ikan, seperti pola makan, pembentukan kelompok, dan ruaya harian, sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, yang berkaitan erat dengan keberadaan fitoplankton sebagai sumber pakan utama. Beberapa jenis fitoplankton

- melakukan fotosintesis dan dalam prosesnya dapat menghasilkan senyawa toksik, sehingga mendorong ikan untuk menghindari area yang tercemar oleh fitoplankton tersebut. Pola ruaya harian pada jenis ikan tertentu dipengaruhi secara tidak langsung oleh keberadaan fitoplankton, sebagai konsekuensi dari respons terhadap Cahaya (Syam & Satria, 2009).
5. Ketersediaan makanan
Ikan cenderung berpindah ke wilayah dengan sumber makanan yang lebih melimpah. Kelimpahan spesies ikan pelagis, seperti layang, tongkol, kembung, dan selar, menunjukkan keterkaitan yang signifikan dengan parameter oseanografi, terutama suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a. Studi yang dilakukan di wilayah Teluk Weda mencatat bahwa konsentrasi klorofil-a mengalami fluktuasi antara $0,4 \text{ mg/m}^3$ hingga $1,8 \text{ mg/m}^3$ selama periode lima bulan, dengan rata-rata sebesar $1,0 \text{ mg/m}^3$. Variasi ini berpengaruh terhadap pola distribusi ikan pelagis, yang menunjukkan bahwa tingkat produktivitas primer di perairan tersebut merupakan faktor kunci dalam mendukung kelimpahan populasi ikan (Pratama et al., 2024).
 6. Siklus hidup (umur dan kematangan seksual)
Ruaya untuk pemijahan biasanya terjadi saat gonad ikan sudah matang. Pergerakan ikan menuju area pemijahan turut berperan dalam memengaruhi variasi komposisi tingkat kematangan gonad antar individu. Ditemukannya ikan dengan gonad matang hampir setiap bulan menunjukkan bahwa spesies tersebut memiliki potensi untuk melakukan pemijahan sepanjang tahun atau mengalami siklus reproduksi lebih dari satu kali dalam setahun (Zamroni et al., 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Adjie, S. 2008. Ruaya Beberapa Jenis Ikan Di Suaka Perikanan, Sungai Lempuing, Sumatera Selatan. *Jurnal Perikanan (Journal of Fisheries Sciences)*. 10(1):120-125.
- Kumari, V. 2024. Migration in Fishes. Department of Zoology, R.C.S. College. Manjhaul.
- Larinier, M. 2000. Dams and Fish Migration Prepared for Thematic Review II.1: Dams, Ecosystem Functions and Environmental. Institut de Mecanique des Fluide, Toulouse. France. <http://www.dams.org/>.
- Linda, F., Mawardi, W., Purbayanto, A., Komaruddin, D. 2023. Kapabilitas Renang Ikan Sidat (*Anguilla Bicolor*) Stadia Elver Guna Pemanfaatan Fishway Secara Optimal. *ALBACORE*. 7(3):427-436
- Pratama,G.B., Baihaqi,F.,Aisyah. 2024. Studi Literatur: Pengaruh Parameter Oseanografi Terhadap Kelimpahan Ikan Pelagis. *OCTOPUS: Jurnal Ilmu Perikanan* 13(2), 66–73.
- Romadhi,M.A., Indarjo,A., Suryono, C.A., Taufiq, N.Spj. 2022. Sebaran Ikan Sidat (Ikan Katadromus) di Perairan Sungai Lorok Ngadirojo, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. *Journal of Marine Research*, 11(2) : 128–135.
- Sibagariang,O.P., Fauziyah, Agustriani,F. 2011. Analisis Potensi Lestari Sumberdaya Perikanan Tuna Longline di Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. *Maspari Journal*. 03:24-29
- Syam, A. R., Satria, H. 2009. Adaptasi Fisiologis Retina Mata dan Tingkah Laku Ikan terhadap Cahaya. *BAWAL*. 2(5):215-224
- Tamsil,A., Kordi, M.G.H.K., Yasin,H., Ibrahim,T.A. 2019. Biologi Perikanan. Edisi I. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Tangke,U., Karuwal,J.W.Ch., Mallwa, A., Zainuddin,M. 2016. Analisis Hubungan Suhu Permukaan Laut, Salinitas, Dan Arus Dengan Hasil Tangkapan Ikan Tuna Di Perairan Bagian Barat Pulau Halmahera. *Jurnal IPTEKS PSP*. 3(5):368-382

Zamroni, A., Widiyastuti, H., & Kuswoyo, D. 2019. Tingkat Kematangan Gonad Dan Dugaan Musim Pemijahan Tiga Spesies Ikan Pelagis Kecil yang Didaratkan Di Bitung. *Bawal Widya Riset Perikanan Tangkap*. 11(2), 113–126.

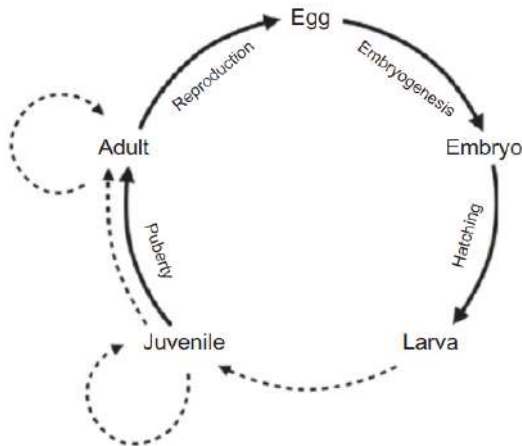
BAB 6

AWAL DAUR HIDUP IKAN

Oleh Adinda Kurnia Putri

6.1 Awal Daur Hidup Ikan

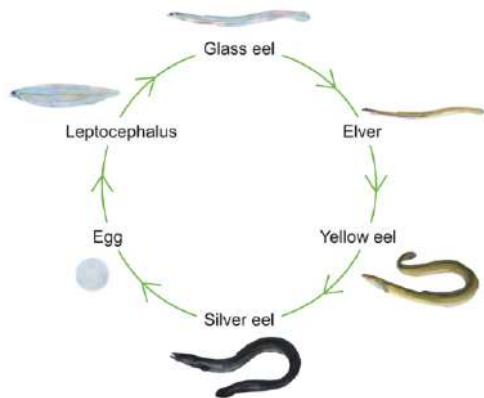
Daur awal hidup ikan dapat dikategorikan dalam lima tahap perkembangan di mulai dari fase telur atau embrio yang dimulai saat setelah terjadinya fertilisasi dan berakhir saat telur menetas (Gambar 6.1)(Miller dan Kendall, 2009). Selama perkembangan tersebut, sel berkembang dari sel tunggal menjadi organisme yang kompleks. Pada ikan yang bersifat ovovivipar seperti ikan dari Kelas Poecillidae perkembangan telur terjadi dalam betina sedangkan pada ikan ovipar telurnya terjadi di luar betina(Price dan Daiber, 1967; Arcanjo *et al.*, 2014).



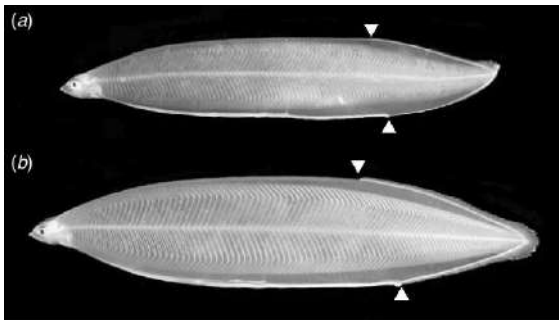
Gambar 6.1. Skema siklus hidup ikan teleostei
(Sumber: McMenamin dan Parichy, 2013)

Saat telah menetas, ikan akan memasuki fase larva yang berlangsung sejak menetas sampai ikan berubah menjadi yuwana (remaja) (Miller dan Kendall, 2009). Setelah menetas, ikan belum sepenuhnya berkembang dan memiliki kantung telur

sebagai makanannya. Oleh karena larva ikan umumnya memiliki morfologi yang berbeda dari ikan dewasanya (Martinez-Leiva *et al.*, 2023). Sebagai contoh, ikan sidat (*Anguilla spp.*) memiliki larva yang disebut dengan *Leptocephalus* yang memiliki bentuk yang memiliki bentuk sangat berbeda dengan ikan sidat dewasanya seperti yang tergambar pada siklus hidup ikan sidat pada Gambar 6.2-6.3. Perubahan yang terjadi dari perkembangan telur ikan sampai menetas menjadi larva dan bertransformasi menjadi juvenile disebut dengan ontogeni.



Gambar 6.2. Siklus hidup ikan sidat (*Anguilla spp.*)
(Sumber :Kuroki, 2023)

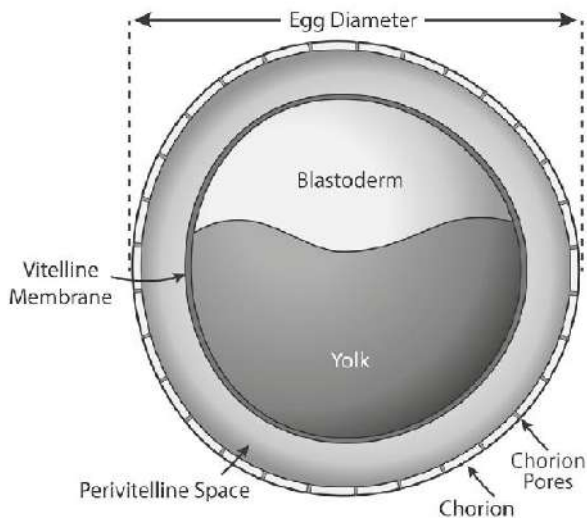


Gambar 6.3. Leptocephalus (a) *Anguilla australis* dan (b) *Anguilla marmorata*
(Sumber: Kuroki *et al.*, 2008)

6.2 Struktur dan Jenis Telur Ikan

6.2.1 Struktur Telur Ikan

Sebagian besar ikan laut demersal atau pelagis memiliki telur pelagis yang akan dibuahi secara eksternal dan mengapung di permukaan air laut. Pada ikan ovipar telur terdiri atas membran terluar yakni selaput chorion, perivitelline, vitelline, blastoderm yang akan berkembang menjadi embrio serta kuning telur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.3 (Żelazowska dan Fopp-Bayat, 2017).

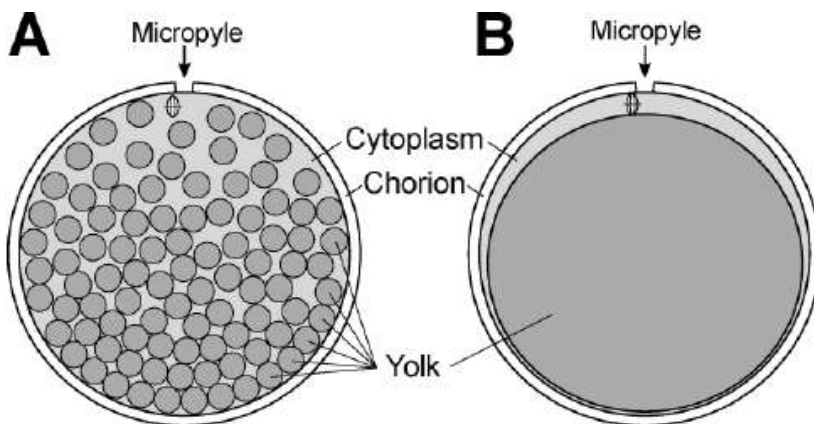


Gambar 6.4. Anatomi Telur Ikan
(Sumber: Żelazowska dan Fopp-Bayat, 2017)

6.2.2 Jenis Telur Ikan

Telur ikan dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan berat jenisnya menjadi telur yang tenggelam (*non-bouyant*) yakni telur yang tenggelam ke dasar saat dikeluarkan dari induknya, biasanya telur ini ada pada ikan air tawar yang harus menempelkan telurnya pada substrat (Chen *et al.*, 2021). Contoh dari telur tenggelam banyak ditemukan pada ikan air tawar yang cenderung memiliki ukuran yang lebih besar sehingga akan lebih mudah tenggelam. Telur yang terapung (*bouyant*) banyak ditemukan pada ikan-ikan laut, hal tersebut

disebabkan oleh karena adanya proses hidrasi di oosit serta keberadaan butiran minyak yang lebih banyak (Baras *et al.*, 2018). Perbedaan kenampakan telur ikan Jenis telur lainnya adalah telur semi terapung (Semi-bouyant) yakni telur yang dapat tetap mengapung di permukaan air. (Chen *et al.*, 2021). Telur ini biasanya tidak bersifat menempel dan memiliki gravitasi yang menjadikannya dapat berada di kolom air dan terbawa arus selama perkembangan embrio (Zeng *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2022).



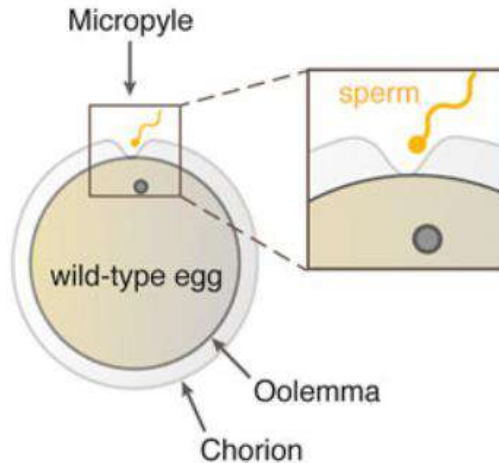
Gambar 6.5. Ilustrasi sel telur pada ikan air tawar dengan setiap kuning telur yang terpisah oleh membran (A) dan telur ikan laut yang kuning telurnya yang melebur (B)
(Sumber: Otani *et al.*, 2009)

6.3 Pembuahan dan Perkembangan Embrio

6.3.1 Pembuahan (Fertilisasi)

Fertilisasi merupakan proses masuknya sperma ke dalam sel telur ikan setelah dapat menembus selaput chorion dan terjadi berbagai proses yang menghasilkan penyatuan antara sperma dan sel telur dan membentuk zigot. (Miller dan Kendall, 2009; Dewi Nurul Artika, Sella Ayundari and Febry Ramadhani, 2022). Telur yang telah matang memiliki sebuah mikropil yakni lubang kecil di bagian kutub anima yang menjadi tempat sperma masuk ke dalam telur.

Mikropil berukuran kecil dan berbentuk seperti corong yang hanya dapat dilewati satu sel sperma (Kim and Park, 2021). Setelah satu sperma masuk melalui mikropil, maka lubang tersebut akan tertutup sehingga sperma lain tidak dapat masuk yang disebut dengan pembuahan *monospermic* (Yanagimachi *et al.*, 2017). Proses masuknya sel sperma ke dalam mikropil disajikan pada Gambar 6.6.



Gambar 6.6. Gambar skematis sperma yang mendekati mikropil (Sumber: modifikasi Binner *et al.*, 2022)

Inti sel telur jantan dan betina tersusun atas gen yang merupakan pembawa sifat keturunan. Keberhasilan proses pembuahan bergantung pada beberapa faktor seperti sperma, lingkungan dan adanya substrat yang dikeluarkan dari telur (gamones). keberadaan *gamone*, hormon yang dikeluarkan oleh gamet. Gamone terdiri atas androgamon yang berasal dari spermatozoa (sel sperma) dan ginogamon yang disekresikan oleh sel telur (Wojtczak *et al.*, 2007; Dzyuba dan Cosson, 2014; Alavi *et al.*, 2019). Fase fertilisasi akan dilanjutkan dengan fase pengeraman atau inkubasi yakni ketika telur yang telah dibuahi belum mengalami proses-proses perkembangan embriologi.

6.3.2 Perkembangan Embrio Ikan

Perkembangan yang terjadi setelah proses fertilisasi dan inkubasi adalah terbentuknya zigot. Sel zigot ini akan terus berkembang melalui proses pembelahan secara meroblastik, morula, pembentukan blastula (blastulasi), gastrula (gastrulasi), organogenesis dan pra-penetasan (Herjayanto, Carman dan Soelistyowati, 2017). Perkembangan embrio ikan dapat dibagi dalam tiga fase yaitu :

1. Fase awal yang dimulai dari tahap fertilisasi sampai tertutupnya blastopore
2. Fase tengah (*middle*) merupakan fase yang dimulai ketika blastopore tertutup sampai tunas ekor (*tailbud*) pada ikan muncul
3. Fase akhir (*late*) terjadi pada saat tunas ekor bebas sampai telur menetas sempurna.

Proses pembelahan sel (*cleavage*) terjadi sesaat setelah fertilisasi. Pembelahan sel zigot ini terjadi secara mitosis yang menghasilkan sel yang lebih kecil (Retnoaji *et al.*, 2023). Pembelahan pada embrio ikan merupakan tipe pembelahan meroblastik yakni pembelahan sel yang terjadi hanya pada kutub anima bukan di seluruh kuning telur (Concha dan Reig, 2022; Yin *et al.*, 2016). Sel zigot akan membelah dari satu sel menjadi 2, 4, 8, 16 sel dengan ukuran yang tidak beraturan (*blastomer*) yang akan membentuk blastodisk (Fasenko, 2009). Setelah mencapai di atas 32 sel yang akan sel sudah sulit untuk dihitung dan akan membentuk gundukan di kutub anima atau memasuki fase morula yang akan berlanjut memasuki fase blastulasi

Blastulasi adalah proses pembentukan blastula. Pada tahap ini sel di kutub anima mulai rata dan akan mengelilingi seluruh permukaan telur (*Epiboly*) dan sisi terluar pada sel tersebut akan menebal (Lepage dan Bruce, 2010). Akhir dari fase blastulasi adalah akan terbentuknya blastoderm, endoderm serta *periblast* yang merupakan awal dari pembentukan organ-organ (Mustaqim *et al.*, 2019). Gastrulasi adalah proses penutupan kantung kuning telur (Herjayanto, Carman dan Soelistyowati, 2017)

Proses gastrulasi terjadi saat proses *epiboly* telah mengelilingi telur setengahnya. Tahap ini dapat diidentifikasi ketika terbentuk *neural keel* atau cikal bakal sistem saraf (Miller dan Kendall, 2009). Periode ini akan terbentuk tiga lapisan germinal yakni ektodermis, mesodermis dan endodermis (Pinheiro dan Heisenberg, 2020). Selama gastrulasi akan terjadi perpindahan sel endodermis dan mesodermis ke dalam tubuh embrio (*internalization*) melalui celah yang disebut blastopore sedangkan sel ektodermis akan tetap di permukaan (Winklbauer, 2020). Selanjutnya, blastopore akan tertutup yang menandai selesainya pembentukan tubuh dari embrio (Smith dan Kimelman, 2020). Sejalan dengan tertutupnya blastophore, myomer atau serat/sel otot terbentuk yang juga menjadi penanda berakhirnya fase gastrulasi (Miller dan Kendall, 2009).

Organogenesis adalah proses pada saat sistem organ terbentuk dan berfungsi selama proses perkembangan embrio. Pada fase ini, organ dalam seperti hati dan usus mulai terlihat dan terbentuk jantung mulai terlihat berdetak bahkan pada ikan zebra jantung terbentuk 24 jam setelah fertilisasi (Thisse dan Zon, 2002). Embrio pada fase ini mulai melingkar sepanjang setengah telur. Bakal calon sirip dada (*pectoral*) mulai terlihat serta ekor mulai keluar dari telur. Tahap organogenesis dilanjut dengan tubuh yang terus bertambah panjang, organ-organ mulai terbentuk dan, pigmen terbentuk serta embrio mulai menunjukkan pergerakan. (Miller dan Kendall, 2009).

Proses perkembangan embrio pada ikan wader kuning (*Rasbora lateristriata*) secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 6.6. Pada umumnya waktu yang dibutuhkan oleh ikan dari fase embriologi sampai menetas bergantung pada jenis spesies serta faktor lingkungan. Ikan zebra (*Danio rerio*) dilaporkan membutuhkan waktu 3 hari untuk menetas setelah proses fertilisasi (Sharmili dan Ahilaangelin, 2015) atau pada ikan *Tor spp.* yang diketahui akan menetas dengan waktu 100-140 jam setelah fertilisasi (Cahyanti *et al.* 2020). Ikan endemik spesies *Marosatherina ladigesii* bahkan membutuhkan waktu sebanyak 204 jam untuk menetas setelah pembuahan (Jayadi *et al.*, 2018). Akan tetapi, terdapat beberapa ikan yang menetas dalam waktu

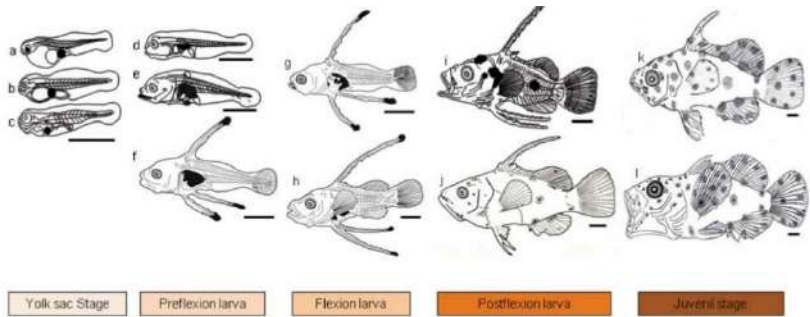
yang singkat seperti ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang akan menetas pada waktu 20 jam setelah fertilisasi (Sinuhaji *et al.* (2024).



Gambar 6.7. Perkembangan embrio ikan wader kuning (*R. lateristriata*) pada umur 0-48 jam setelah pembuahan
(Sumber : (Retnoaji *et al.*, 2023)

6.4 Perkembangan Larva

Fase larva dimulai ketika telur menetas dan berakhir ketika sirip-sirip dan sisik pada ikan telah terbentuk sempurna. Oleh karena itu, morfologi larva ikan berbeda dengan ikan dewasanya (Miller dan Kendall, 2009). Ketika telur menetas maka akan menjadi larva yang belum sempurna dan memiliki kantung sebagai makanannya. Sementara itu, sistem-sistem dalam tubuhnya seperti organ sensoris, peredaran darah, otot, dan pencernaan terus berkembang sehingga dapat memangsa plankton. Fase larva dapat dibagi menjadi beberapa tahap yakni pre-larva (Yolk Sac Larva, Preflexion larva dan Flexion larva), *post flexion* larva dan transition larva (Zavala-Muñoz *et al.*, 2016)



Gambar 6.7. Perkembangan morfologi ikan kerapu bebek
(Sumber: Andriyanto dan Marzuqi, 2012)

6.4.1 Larva dengan Kuning Telur (*Yolk Sac Larvae*)

Larva dengan Kuning Telur (*Yolk Sac Larvae*) merupakan fase pertama setelah embrio menetas. Larva pada fase ini masih memiliki kantung telur dan berakhir ketika kantung telur habis terserap (Çelik dan Cirik, 2020). *Yolk Sac Larvae* umumnya belum berkembang sempurna seperti pada bagian mulut yang belum berkembang, mata yang tidak berpigmen, tubuh transparan dan sirip-sirip belum terdiferensiasi secara sempurna (Putra *et al.*, 2024).

Larva pada tahap ini dapat mengalami pertumbuhan panjang dan perkembangan tubuh pada saat masih mengandalkan sumber makanan dari kuning telur (*endogeneous feeding*). Meskipun masih bergantung pada sumber makanan dari kuning telur, akan tetapi larva pada tahap ini telah belajar mendapatkan makanan dengan cara memangsa (*exogenous feeding*) seperti pada ikan peres (*Osteochilus kappeni*) (Putra and Salsabila, 2024). Morfologi serta efektivitas penyerapan kuning telur menentukan kesiapan larva untuk melakukan *exogenous feeding* yang penting bagi kelulushidupan larva di alam sebab fase yolk umumnya hanya berlangsung singkat. (Maria *et al.*, 2017)

6.4.2 Preflexion Larvae

Preflexion larvae adalah periode akhir *yolk sac larvae* hingga sebelum notokorda (*notochord*), sumbu penyokong tubuh

primer pada masa embrio pada filum Chordata, membengkok (Andriyanto dan Marzuqi, 2012). Pada periode ini notochord masih berbentuk lurus dan larva telah melakukan pergantian dari *endogeneous* ke *exogenous feeding* ((Stevanato dan Ostrensky, 2018). Pertumbuhan pada fase *preflexion* cepat dan perubahan morfologi yang signifikan terjadi seperti mulut yang telah terbuat serta pigmentasi telah berlangsung (Ahmad Syafiq, Mohamad dan Mohidin, 2020).

Organ sensoris dan kemampuan bergerakinya berkembang cepat terutama bagian mata, perut dan rahang yang telah berfungsi dengan baik (Miller dan Kendall, 2009). Sirip pektoral umumnya telah terbentuk dan digunakan untuk mengatur posisi tubuh (Souza *et al.*, 2023a). Retina pada periode ini hanya tersusun atas sel kerucut, oleh karena itu penglihatan hanya akan optimal pada cahaya terang (Bozzano *et al.*, 2007) terbentuk dan pernafasannya melalui kulit (*Cutaneous respiration*) (Green, Ho dan Hale, 2011).

6.4.3 Flexion dan Post-Flexion Larvae

Flexion Larvae ditandai dengan adanya perkembangan sirip-sirip pada ikan cepat dan pada periode ini *notochord* telah melengkung atau lentur (Blanco *et al.*, 2019). Perubahan morfologi yang signifikan terjadi pada periode *flexion* adapun beberapa perubahan yang signifikan terjadi pada kemampuan bergerak, dan kebiasaan makanan (Assega *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pergerakan renang di fase ini lebih lancar dan efisien. Selain itu, Gelembung renang juga dapat terbentuk pada periode ini yang memungkinkan larva memiliki daya apung ((Somarakis dan Nikolioudakis, 2010).

Perkembangan tubuh yang pesat pada sistem pencernaan periode *flexion* memberikan kemampuan pada larva untuk mencari makan bahkan menghindari predator dengan lebih efisien. Hal tersebut ditandai dengan munculnya enzim-enzim pencernaan seperti pada ikan dewasa sebab menurut (Joly *et al.*, 2021). Ciri lain pada fase *flexion* adalah pigmentasi tubuhnya telah sempurna serta ciri khusus larva seperti bagian sirip yang

memanjang dan dan sirip-sisip lainnya mulai mengeras (berosifikasi). (Cunha *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2023b)

Selama proses post-flexion larva terus berkembang terutama proses osifikasi tulang (Yun, Park dan Han, 2020). Post-flexion terjadi setelah lengkungan notochord terbentuk sempurna dan berakhir saat semua tulang-tulang sirip pada ikan telah selesai terbentuk. (Miller dan Kendall, 2009) Fase posflexion menunjukkan kemampuan berenang yang telah berkembang baik terutama kemampuan navigasi (Teodósio *et al.*, 2016). Pada fase larva bernafas menggunakan insang sedangkan pada tahap sebelumnya menggunakan permukaan kulit. Penglihatan ikan juga lebih baik dan dapat melihat dengan baik pada kondisi cahaya rendah. Setelah periode ini, maka ikan akan memasuki periode ikan muda atau yuwana (*juvenile*). (Miller dan Kendall, 2009)

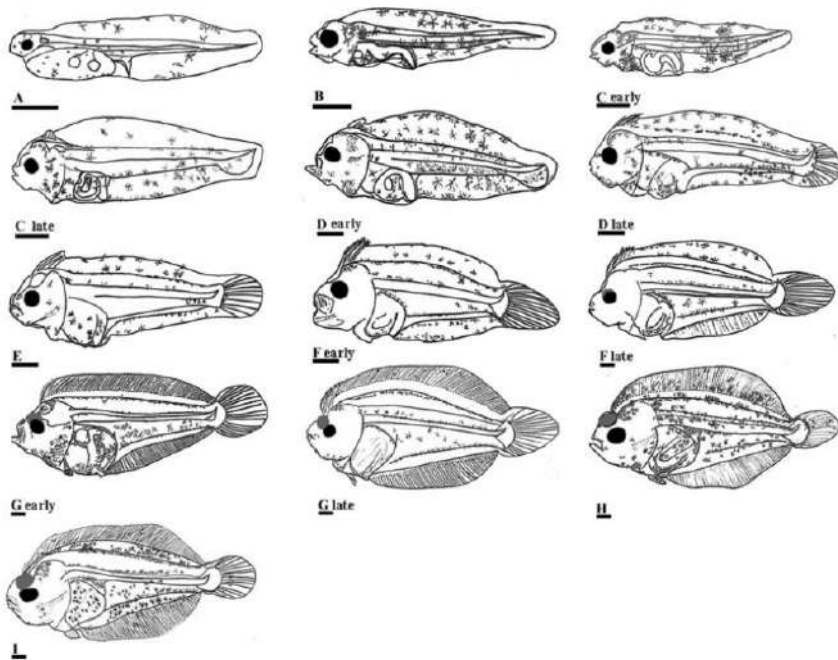
6.5 Fase Transisi dan Ikan Muda (Yuwana)

Antara fase larva dan ikan muda terdapat satu periode yang disebut dengan fase transisi, yaitu tahap yang dapat terjadi secara cepat atau dapat sangat lama. Pada fase tersebut terjadi perubahan perilaku hidup utamanya dari larva yang bersifat planktonik menjadi hidup di dasar perairan demersal atau hidup berkelompok di perairan (*Schooling*). Migrasi ke daerah pembesaran juga dapat dilakukan oleh larva-larva ikan pada saat atau bahkan sebelum fase transisi menjadi ikan muda.

Fase transisi ini menunjukkan adanya transformasi fisik dari bentuk tubuh larva yang sederhana menjadi bentuk yang lebih kompleks yaitu menyerupai ikan muda atau ikan dewasa. Oleh karena itu, dapat disimpulkan pada fase transisi ini terdapat dua proses utama yakni hilangnya ciri khas larva dan munculnya ciri-ciri ikan utama ikan juvenile dan dewasa. Perubahan yang umumnya terjadi adalah pigmentasi tubuh, bentuk tubuh, perpindahan lokasi sirip, hilangnya sirip-sirip yang memanjang. Contoh bentuk transformasi yang signifikan terjadi pada ikan sebelah (*flounder*) *Paralichthys dentatus* (Gambar 6.8)

Tahap juvenil merupakan tahap lanjutan dari tahap larva yang dimulai ketika tulang-tulang dan penghitungan sirip-sirip

selesai dan squamasi (pembentukan sisik) telah dimulai, dan berakhir ketika ikan memasuki populasi dewasa atau mencapai kematangan seksual. Ikan remaja adalah miniatur orang dewasa sebab secara morfologi telah menyerupai ikan dewasa. Akan tetapi, beberapa ikan menunjukkan bentuk tubuh dan pigmen yang berbeda dari ikan dewasanya. Oleh karena itu, ikan muda kadang tidak dikenali saat pertama kali ditemukan dan dapat diberi nama yang berbeda dari ikan dewasanya. Berbeda dengan fase larva, *juvenile* ikan biasanya tidak bersifat planktonik; bahkan beberapa yuwana ikan dapat bermigrasi ke dan menempati habitat yang berbeda dari ikan dewasa.



Gambar 6.6. Morfologi ikan sebelah (*Paralichthys dentatus*) dari larva dengan kantung kuning telur sampai menjadi yuwana (Sumber: Martinez dan Bolker, 2003)

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Syafiq, A.N., Mohamad, S. and Mohidin, M. (2020) 'Early life history of yellow puffer, *Chonerhinos naritus* (Richardson, 1848) from Sarawak, Northwestern Borneo', *Aquaculture Research*, 51(6), pp. 2505–2514.
- Alavi, S.M.H. et al. (2019) 'Sperm motility in fishes: (III) diversity of regulatory signals from membrane to the axoneme', *Theriogenology*, 136, pp. 143–165.
- Andriyanto, W. and Marzuqi, M. (2012) 'Hubungan perkembangan morfologi dengan organ pencernaan larva kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) turunan ke-3 (F-3)', *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 14(1), pp. 46–56.
- Arcanjo, R.B. et al. (2014) 'Embryonic development and nourishment in the viviparous fish *Poecilia vivipara* prinodontiformes: Poeciliidae', *Acta Zoologica*, 95(4), pp. 493–500.
- Assega, F.M. et al. (2016) 'External Morphology of *Lophiosilurus alexandri* Steindachner, 1876 during Early Stages of Development, and Its Implications for the Evolution of Pseudopimelodidae (Siluriformes)', *PLOS ONE*, 11(4), p. e0153123.
- Baras, E. et al. (2018) 'Oil globule size in fish eggs: A matter of biome and reproductive strategy', *Fish and Fisheries*, 19(6), pp. 996–1002.
- Binner, M.I. et al. (2022) 'The Sperm Protein Spaca6 is Essential for Fertilization in Zebrafish', *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9.
- Blanco, E. et al. (2019) 'The effect of nutritional condition by two nucleic acid derived indices on the growth to post-flexion of Atlantic bluefin tuna and Atlantic bonito larvae', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 519, p. 151182.
- Bozzano, A., Pankhurst, P.M. and Sabatés, A. (2007) 'Early development of eye and retina in lanternfish larvae', *Visual Neuroscience*, 24(3), pp. 423–436.

- Cahyanti, W., Radona, D. and Kristanto, A.H. (2020) 'perkembangan embrio dan performa awal larva tiga spesies ikan tor indonesia', *berita Biologi*, 19(3A).
- Çelik, P. and Cirik, Ş. (2020) 'Embryonic and larval development of serpae tetra *Hyphessobrycon eques* (Steindachner, 1882)', *Aquaculture Research*, 51(1), pp. 292–306.
- Chen, F. et al. (2021) 'The Evolution of Alternative Buoyancy Mechanisms in Freshwater Fish Eggs', *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9.
- Concha, M.L. and Reig, G. (2022) 'Origin, form and function of extraembryonic structures in teleost fishes', *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 377(1865).
- Cunha, M.E. et al. (2013) 'Larval and juvenile development of dusky grouper *Epinephelus marginatus* reared in mesocosms', *Journal of Fish Biology*, 83(3), pp. 448–465.
- Dewi N.A, Sella A and Febry Ramadhani (2022) 'Pengaruh Daun Ketepeng Dan Daun Sirih Terhadap Proses Fertilisasi Ikan Cupang (*Betta splendens*.)', *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Hewani*, 1(2), pp. 76–90.
- Dzyuba, V. and Cosson, J. (2014) 'Motility of fish spermatozoa: from external signaling to flagella response', *Reproductive Biology*, 14(3), pp. 165–175.
- Fasenko, G.M. (2009) 'The First 48 Hours of Embryonic Life: Development before and after Oviposition', *Avian Biology Research*, 2(1–2), pp. 7–13.
- Green, M.H., Ho, R.K. and Hale, M.E. (2011) 'Movement and function of the pectoral fins of the larval zebrafish (*Danio rerio*) during slow swimming', *Journal of Experimental Biology*, 214(18), pp. 3111–3123.
- Herjayanto, Muh., Carman, O. and Soelistyowati, D.T. (2017) 'Embriogenesis, Perkembangan Larva dan Viabilitas Reproduksi Ikan Pelangi *Iriatherina werner* Meinken, 1974 pada Kondisi Laboratorium', *Akuatika Indonesia*, 2(1), p. 1.
- Jayadi, J. et al. (2018) 'Embryonic and Larvae of Endemic Celebes Rainbow Fish *Marosatherina ladiges* (C.G.E.Ahl, 1936)

- (Atheriniformes: Telmatherinidae)', *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 21(2), pp. 78–86.
- Joly, L.J. et al. (2021) 'Maturation of the digestive system of Downs herring larvae (*Clupea harengus*, Linnaeus, 1758): identification of critical periods through ontogeny', *Marine Biology*, 168(6), p. 82. Available at:
- Kim, H.T. and Park, J.Y. (2021) 'Comparative morphology and morphometry of the micropyle of two Korean rice-fishes, *Oryzias latipes* and *Oryzias sinensis* (Pisces, Adrianichthyidae)', *Journal of Vertebrate Biology*, 70(1).
- Kuroki, M. et al. (2008) 'Distribution and early life-history characteristics of anguillid leptocephali in the western South Pacific', *Marine and Freshwater Research*, 59(12), p. 1035.
- Kuroki, M. (2023) 'Life History', in, pp. 37–50.
- Lepage, S.E. and Bruce, A.E.E. (2010) 'Zebrafish epiboly: mechanics and mechanisms', *The International Journal of Developmental Biology*, 54(8–9), pp. 1213–1228.
- Maria, A. et al. (2017) 'Embryonic development and larval growth of *Brycon nattereri* Günther, 1864 (Characidae) and its implications for captive rearing', *Zygote*, 25, pp. 711–718.
- Martinez, G.M. and Bolker, J.A. (2003) 'Embryonic and larval staging of summer flounder (*Paralichthys dentatus*)', *Journal of Morphology*, 255(2), pp. 162–176.
- Martinez-Leiva, L. et al. (2023) 'Energetic Implications of Morphological Changes between Fish Larval and Juvenile Stages Using Geometric Morphometrics of Body Shape', *Animals*, 13(3), p. 370.
- McMenamin, S.K. and Parichy, D.M. (2013) 'Metamorphosis in Teleosts', in, pp. 127–165.
- Miller, B. and Kendall, A. (2009) 'Early Life History of Marine Fishes', *Early Life History of Marine Fishes* [Preprint].
- Mustaqim, M. et al. (2019) 'Pengaruh suhu terhadap perkembangan embrio ikan Cupang *Betta splendens*', *Depik*, 8(3), pp. 235–242.

- Otani, S. et al. (2009) 'Artificial Fertilization by Intracytoplasmic Sperm Injection in a Teleost Fish, the Medaka (*Oryzias latipes*)¹', *Biology of Reproduction*, 80(1), pp. 175–183.
- Pinheiro, D. and Heisenberg, C.-P. (2020) 'Zebrafish gastrulation: Putting fate in motion', in, pp. 343–375.
- Price, K.S. and Daiber, F.C. (1967) 'Osmotic Environments during Fetal Development of Dogfish, *Mustelus canis* (Mitchill) and *Squalus acanthias* Linnaeus, and Some Comparisons with Skates and Rays', *Physiological Zoology*, 40(3), pp. 248–260.
- Putra, D.F. et al. (2024) 'The Morphological and Histological Developmental Study of the Gastrointestinal Tract of Peres Fish (*Osteochilus kappenii*) Larvae', *Jordan Journal of Biological Sciences*, 17(02), pp. 269–276.
- Retnoaji, B. et al. (2023) 'Embryonic development of Indonesian native fish yellow rasbora (*Rasbora lateristriata*)', *Journal of King Saud University - Science*, 35(7), p. 102810.
- Sharmili, S. and Ahilaangelin, J. (2015) 'Stages of Embryonic Development of the Zebrafish *Danio rerio* (Hamilton)', *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, 3, pp. 6–11.
- Sinuhaji, E.E.D., Usman, Z. and Valentine, R.Y. (2024) 'Embryogenesis Development of Pearl Catfish (*Clarias gariepinus*) The Fish Health and Environment Testing Laboratory of Muntilan', *Indonesian Journal of Aquaculture Medium*, 4(2), pp. 1–8.
- Smith, N.L. and Kimelman, D. (2020) 'Establishing The Body Plan', in *The Zebrafish in Biomedical Research*. Elsevier, pp. 81–88.
- Somarakis, S. and Nikolioudakis, N. (2010) 'What makes a late anchovy larva? The development of the caudal fin seen as a milestone in fish ontogeny', *Journal of Plankton Research*, 32(3), pp. 317–326.
- Souza, M.B.V. de et al. (2023a) 'Early ontogeny of tetra *Markiana nigripinnis* (Characiformes: Characidae)', *Neotropical Ichthyology*, 21(2).

- Stevanato, D.J. and Ostrensky, A. (2018) 'Ontogenetic development of tetra *Astyanax lacustris* (Characiformes: Characidae)', *Neotropical Ichthyology*, 16(2).
- Teodósio, M.A. et al. (2016) 'Biophysical processes leading to the ingress of temperate fish larvae into estuarine nursery areas: A review', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 183, pp. 187–202.
- Thisse, C. and Zon, L.I. (2002) 'Organogenesis--Heart and Blood Formation from the Zebrafish Point of View', *Science*, 295(5554), pp. 457–462.
- Wang, Y. et al. (2022) 'Comparative ultrastructure and proteomics of two economic species (common carp and grass carp) egg envelope', *Aquaculture*, 546, p. 737276.
- Winklbauer, R. (2020) 'Mesoderm and endoderm internalization in the *Xenopus gastrula*', in, pp. 243–270.
- Wojtczak, M. et al. (2007) 'Ovarian fluid pH enhances motility parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) spermatozoa', *Aquaculture*, 270(1–4), pp. 259–264.
- Yanagimachi, R. et al. (2017) 'Chemical and physical guidance of fish spermatozoa into the egg through the micropyle', *Biology of Reproduction*, 96(4), pp. 780–799.
- Yin, Z. et al. (2016) 'Meroblastic cleavage identifies some Ediacaran Doushantuo (China) embryo-like fossils as metazoans', *Geology*, 44(9), pp. 735–738.
- Yun, S.-M., Park, J.-M. and Han, K.-H. (2020) 'Osteological Development of the Larvae and Juvenile of *Luciogobius grandis* (Pisces: Gobiidae)', *Development & Reproduction*, 24(2), pp. 125–133.
- Zavala-Muñoz, F. et al. (2016) 'Larval development and shape variation of the kelpfish *Myxodes viridis* (Teleostei: Clinidae)', *Scientia Marina*, 80(1), pp. 39–49.
- Żelazowska, M. and Fopp-Bayat, D. (2017) 'Previtellogenic and vitellogenic oocytes in ovarian follicles of cultured siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Chondrostei, Acipenseriformes)', *Journal of Morphology*, 278(1), pp. 50–61.

Zeng, Q. et al. (2019) 'The influence of cascade hydropower development on the hydrodynamic conditions impacting the reproductive process of fish with semi-buoyant eggs', *Science of The Total Environment*, 689, pp. 865–874.

BAB 7

KEBIASAAN DAN CARA MAKAN IKAN

Oleh Femiliani Novitasari

7.1 Pendahuluan

Ikan adalah sumberdaya yang dapat di pulihkan dan memiliki nilai perdagangan di dalam maupun luar negeri. Ekosistem perairan terbagi menjadi 3 yaitu perairan laut, payau dan tawar. Makanan ikan adalah faktor yang menentukan populasi, pertumbuhan dan kondisi ikan. Makanan ikan sangat bergantung pada umur, waktu, tempat dan alat pencernaan ikan itu sendiri. Dengan melihat dan mempelajari kebiasaan makan ikan dapat dilihat bagaimana hubungan anatara ikan dan organisme lainnya di suatu perairan (Nuruddin, 2013). Kebiasaan makan (*food habits*) pada ikan merupakan aspek penting dalam ekologi dan budidaya perikanan, karena secara langsung mempengaruhi pertumbuhan, kesehatan, serta intraksi antarspesies dalam suatu ekosistem perairan. Setiap spesies ikan memiliki preferensi pakan yang berbeda, tergantung pada morfologi mulut, sistem pencernaan, habitat, dan tahapan perkembangan hidupnya (herbivora (pemakan tumbuhan), karnivora (pemakan hewan), dan omnivora (larva, juvenil, dewasa) (Kapoor, et al, 1975). Ikan merupakan salah satu kelompok organisme akuatik yang memiliki beragam strategi makan, yang sangat bergantung pada spesies, morfologi mulut, dan ketersediaan makanan di habitatnya. Di perairan, ikan dapat diklasifikasikan berdasarkan kebiasaan makannya menjadi herbivora, karnivora, omnivora, detritivora, dan planktivora. Masing-masing jenis memiliki cara makan yang khas yang telah berevolusi untuk memaksimalkan efisiensi perolehan energi dan adaptasi terhadap lingkungan. Cara makan ikan sangat dipengaruhi oleh struktur morfologis, terutama bentuk dan

posisi mulut. Misalnya, ikan dengan mulut superior (menghadap ke atas) cenderung memangsa organisme yang berada di permukaan air, sedangkan ikan dengan mulut terminal (di ujung depan kepala) biasanya menangkap mangsa yang bergerak aktif di kolom air. Selain itu, ikan benthik yang hidup di dasar perairan sering memiliki mulut inferior atau sub-terminal untuk mengais makanan dari substrat (Helfman et al., 2009). Proses makan ikan juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kekeruhan air, arus, suhu, serta keberadaan kompetitor dan predator. Dalam ekosistem perairan alami, interaksi antara berbagai jenis ikan dengan sumber makanan membentuk rantai dan jaring-jaring makanan yang kompleks, di mana efisiensi makan berperan penting dalam menentukan pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup ikan (Moyle & Cech, 2004). Memahami cara makan ikan sangat penting tidak hanya untuk ekologi perairan, tetapi juga dalam praktik budidaya perikanan. Pengetahuan ini berguna dalam formulasi pakan, desain kolam, serta penentuan strategi pemberian pakan untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan dan mengurangi limbah (Jobling, 1995).

Secara umum, ikan diklasifikasikan menjadi pemakan campuran) (Helfman et al, 2009). Pemahaman tentang kebiasaan makan ikan menjadi krusial dalam pengelolaan stok ikan liar maupun dalam sistem akuakultur. Dalam konteks budidaya, penyesuaian jenis pakan dengan kebutuhan nutrisi ikan dapat meningkatkan efisiensi pakan (*feed conversion ratio*/FCR), menurunkan biaya produksi, dan meminimalkan dampak lingkungan (Silva and Andrson, 1995). Selain itu, pengetahuan ini juga penting untuk formulasi pakan buatan yang optimal, terutama saat menggunakan bahan baku alternatif seperti limbah pertanian atau produk samping industri pangan (Hardy, 2010). Di lingkungan alami, kebiasaan makan ikan juga mencerminkan peran ekologisnya, seperti sebagai predator, pemangsa dasar, atau pemakan detritus, yang semuanya memengaruhi dinamika rantai makanan dan keseimbangan ekosistem (Wootton, 1998). Oleh karena itu, studi tentang food habits ikan tidak hanya bermanfaat dalam bidang akuakultur, tetapi juga penting untuk

konservasi keanekaragaman hayati dan pengelolaan sumber daya perairan yang berkelanjutan.

7.2 Kebiasaan Makan (*Food Habits*)

Food habits atau kebiasaan makan ikan mengacu pada pola konsumsi makanan oleh ikan dalam habitat alaminya atau sistem budidaya. Hal ini mencakup jenis makanan yang dikonsumsi, cara perolehan makanan, serta frekuensi dan waktu makan (Bowen, 1981). Pemahaman tentang kebiasaan makan ikan sangat penting dalam pengelolaan perikanan, formulasi pakan, serta kajian ekologi perairan (Wootton, 1998). Makanan memainkan peran penting dalam kehidupan organisme karena kualitas dan kuantitas makanan yang dimakan merupakan sumber energi organisme. Sementara itu, pola makan ikan meliputi waktu dan tempat mereka makan serta cara mereka mendapatkan makanan. Kebiasaan makan yang berbeda di alam tumpang tindih karena berbagai kondisi habitat (Susanto, 2018). Jenis makanan yang dikonsumsi oleh ikan biasanya bergantung pada jenis makanan yang disukai oleh ikan tersebut, ukuran, umur, musim, dan tempat tinggalnya. Pola atau kebiasaan makan ikan juga mencakup jenis, kuantitas, dan kualitas makanan yang dikonsumsi oleh ikan (Zuliani dkk., 2016).

7.3 Klasifikasi Berdasarkan Tipe makanan

Ikan merupakan komponen penting dalam ekosistem perairan dan memainkan peran vital dalam menjaga keseimbangan ekologis. Salah satu pendekatan dalam memahami peran ekologis ikan adalah dengan mengklasifikasikannya berdasarkan tipe makanan. Klasifikasi ini tidak hanya mencerminkan perilaku makan, tetapi juga berkaitan erat dengan morfologi, fisiologi pencernaan, habitat, serta interaksi ikan dengan lingkungan sekitarnya. Tipe makanan yang dikonsumsi oleh ikan sangat bervariasi, mulai dari tumbuhan air, plankton, detritus (bahan organik yang membusuk), hingga organisme hewan lainnya seperti serangga air atau ikan kecil. Oleh karena itu, ikan dapat dikelompokkan menjadi herbivora, karnivora, omnivora, detritivora, dan planktivora. Setiap kelompok

memiliki adaptasi khusus yang memengaruhi cara mereka memperoleh dan mencerna makanan, misalnya bentuk mulut, jenis gigi, panjang saluran pencernaan, dan perilaku makan (Gerking, 1994; Bone & Moore, 2008). Klasifikasi ini penting dalam konteks ekologi, konservasi, dan budidaya perikanan. Dalam ekologi, klasifikasi berdasarkan tipe makanan membantu memahami struktur trofik dalam rantai makanan dan aliran energi di suatu perairan (Moyle & Cech, 2004). Dalam budidaya, informasi ini menjadi dasar dalam penyusunan strategi pemberian pakan, desain kolam, serta pemilihan spesies yang akan dibudidayakan secara bersama-sama (polikultur) untuk menghindari kompetisi sumber daya. Selain itu, pemahaman tentang tipe makanan ikan juga relevan dalam restorasi habitat perairan, karena setiap kelompok ikan memiliki peran fungsional yang berbeda dalam menjaga kualitas air dan keseimbangan ekosistem (Jobling, 1995; Helfman et al., 2009).

1. Ikan Herbivora

Ikan herbivora merupakan kelompok ikan yang secara alami mengonsumsi bahan nabati seperti fitoplankton, alga, daun-daunan, dan tumbuhan air lainnya sebagai sumber nutrisi utama. Keberadaan ikan herbivora dalam ekosistem perairan berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan melalui kontrol pertumbuhan tanaman air serta efisiensi dalam rantai makanan akuatik (Hasan et al., 2016). Dalam konteks budidaya perikanan, ikan herbivora dinilai lebih ekonomis dibandingkan ikan karnivora karena pakan yang dibutuhkan relatif murah, dapat berupa limbah pertanian, tumbuhan air, maupun pakan fermentasi berbasis bahan organik (Rachmawati et al., 2020). Beberapa spesies ikan herbivora yang umum dibudidayakan di Indonesia antara lain ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*), dan ikan gurame (*Osphronemus goramy*). Ikan-ikan ini tidak hanya memiliki nilai ekonomi tinggi tetapi juga adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan, sehingga cocok untuk dibudidayakan dalam skala kecil hingga besar (Sari et al., 2021). Selain itu, pola makan herbivora memungkinkan pengembangan sistem

akuaponik dan bioflok yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Prakoso et al., 2018). Ikan karang merupakan salah satu ikan herbivore yang mempunyai peranan dalam menjadi habitat terumbu karang. Pertama, ikan karang berperan sebagai produsen, yang menghubungkan aliran energi yang berasal dari produsen ke konsumen tingkat 2 (Karnivora). Kedua, ikan herbivore mempengaruhi penyebaran, ukuran dan komposisi alga yang berasosiasi dengan terumbu karang. Ketiga, interaksi antara ikan- ikan herbivore merupakan alat dalam model demografi dan perilaku ikan terumbu secara keseluruhan (Choat, 1991).

a. Ikan Herbivore di perairan laut

Ikan herbivore banyak terdapat di perairan air laut terutama di ekosistem terumbu karang dan padang lamun. Ciri – ciri ikan herbivore di perairan laut memiliki mulut kecil atau parut khusus untuk mengikis alga yang mempunyai permukaan keras, memiliki usus yang panjang untuk mencerna makanan berserat tinggi dan berperan dalam mendaur ulang nutrisi di ekosistem laut dangkal. Menurut Green dan Bellwood (2009), famili ikan herbivora Acanthuridae, Scaridae, Siganidae, Ephippidae, dan Pomacentridae mendominasi terumbu karang Indo-Pasifik:

1) Acanthuridae

Ikan surgeonfish, botana, maum, marukut, dan kulit pasir adalah nama lain dari famili Acanthuridae. Ikan ini memiliki duri tajam pada dasar sirip ekornya yang berbentuk seperti pisau bedah. Ikan-ikan ini adalah jenis ikan herbivora yang memakan alga yang menutupi empat karang (Randall et al. 1990). Banyak spesies ikan butana (*Acanthuridae*), termasuk semua spesies *Zebrasoma* dan *Acanthurus*, adalah ikan grazer atau detritivora yang memakan alga dari kelompok epilithic algae matrix, sedimen, dan beberapa material hewan. Namun, saat mereka memakan, mereka tidak

mengikis atau menggali substrat karang (Husain, 2012).



Gambar 7.1. Ikan Famili Acanthuridae (Green & Bellwood, 2009)

2) Scaridae

Scaridae, juga dikenal sebagai parrotfish atau ikan kakatua, memiliki tubuh lonjong dan agak pipih, corak sisik yang beragam, dan hidup dalam kelompok. Ikan muda berukuran kecil banyak ditemukan di padang lamun, sedangkan ikan dewasa hidup di daerah terumbu karang pada kedalaman yang berbeda. Sebagian besar ikan kakatua (hampir semua spesies *Hipposcarus* dan *Scarus*) menggigit karang mati tanpa menggali; namun, mereka menghilangkan sedimen, alga, dan bahan lainnya dengan menggaruk permukaan karang dan meninggalkan goresan dangkal di substrat terumbu (Husain, 2012).



Gambar 7.2. Ikan Famili Scridae (Green & Bellwood, 2009)

3) Siganidae

Famili Siganidae hanya memiliki satu genera, *Siganus*, yang memiliki dua subgenera, yaitu 22 spesies *Siganus* dan 5 spesies *Lo*. Sebagian besar Siganidae memakan tumbuhan (Nelson, 2006). Ikan ini juga disebut baronang, cabe, lingkis, dan samadar. Tubuhnya lebar dan pipih dengan sisik yang halus di seluruhnya. Bintik-bintik pada punggung berwarna putih, cokelat, kelabu, dan keemasan. Jika duri siripnya tertusuk, itu akan membuat perih. Tubuhnya berukuran antara 30 dan 45 cm. Rumput laut dan alga biasanya digunakan sebagai makanan (Yulianda et al., 2010). Hampir semua ikan baronang (kecuali *Siganus canaliculatus* dan *S. lineatus*) tidak menggali atau mengikis substrat karang saat memakan.



Gambar 7.3. Ikan Famili Siganidae (Green & Bellwood, 2009)

b. Ikan herbivore di perairan tawar

Ikan herbivora air tawar adalah jenis ikan yang hidup di danau, sungai, waduk, rawa, atau kolam dan mendapatkan sebagian besar makanannya dari tumbuhan air, alga, fitoplankton, dan detritus tanaman. Kelompok ikan ini memainkan peran penting dalam rantai makanan dan pengelolaan ekosistem perairan tawar karena mereka membantu mengontrol pertumbuhan tumbuhan air dan alga yang berlebihan.

1) Ikan Nila

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang sering dikonsumsi. Ikan ini termasuk herbivora, karena makanan utamanya adalah tumbuhan air, khususnya kelas Bacillariophyceae (diatom). Ikan nila merupakan ikan budidaya yang sangat adaptif dan menyukai fitoplankton, alga dan dedaunan.



Gambar 7.4. Ikan Nila (Deksjabar.com)

2) Ikan Gurame

Ikan gurame (*Osphronemus goramy*) merupakan salah satu ikan air tawar yang populer dibudidayakan di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi tinggi, pertumbuhan yang baik, dan cita rasa daging yang digemari. Meskipun secara biologis tergolong omnivora, ikan gurame lebih bersifat herbivora fakultatif saat mencapai usia dewasa, dengan dominasi konsumsi pada tumbuhan air, dedaunan lunak, dan sayuran segar (Suradika & Mawardi, 2016). Gurame memiliki morfologi saluran pencernaan yang mendukung pola makan berbasis nabati, seperti usus yang panjang dan gigi kerongkongan yang mampu menghaluskan bahan berserat.



Gambar 7.5. Ikan Gurame (Wikipedia.org)

3) Ikan Tawes

Ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang termasuk dalam *famili Cyprinidae* dan dikenal luas sebagai ikan herbivora. Ikan ini memiliki kebiasaan makan yang dominan terhadap tumbuhan air, daun-daunan, serta fitoplankton, menjadikannya sangat efisien dalam memanfaatkan sumber pakan alami di perairan. Dalam budidaya, ikan tawes dikenal memiliki daya adaptasi tinggi terhadap berbagai jenis lingkungan, pertumbuhan yang cepat, serta konsumsi pakan yang efisien, terutama dari bahan-bahan nabati seperti daun kangkung, daun singkong, azolla, dan berbagai limbah pertanian lainnya (Yuliana et al., 2020). Sebagai ikan herbivora, tawes memiliki saluran pencernaan yang relatif panjang, suatu adaptasi fisiologis yang memungkinkannya mencerna selulosa dari bahan tanaman. Selain itu, ikan ini juga memiliki perilaku merumput atau menggigit tumbuhan di dasar perairan, yang bermanfaat dalam mengendalikan pertumbuhan gulma air dan menjaga keseimbangan ekosistem

kolam atau danau (Hadi et al., 2019). Dalam sistem budidaya berkelanjutan seperti akuaponik, ikan tawes banyak dipilih karena tidak memerlukan pakan berbasis protein hewani tinggi, sehingga menurunkan biaya produksi (Sari & Nugroho, 2022).



Gambar 7.6. Ikan Tawes
(komunitaspenyuluhperikanan)

c. Ikan Herbivore Perairan Payau

Perairan payau adalah perairan dengan kadar salinitas antara air tawar dan air laut, umumnya ditemukan di muara sungai, tambak, hutan mangrove, dan laguna. Ekosistem ini menjadi habitat penting bagi berbagai jenis ikan, termasuk ikan herbivora. Ikan herbivora perairan payau berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem karena mereka mengonsumsi fitoplankton, alga, dan tumbuhan air, serta berkontribusi dalam daur ulang nutrisi dan pengendalian vegetasi air.

1) Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) merupakan salah satu spesies ikan air payau yang paling penting secara ekonomi dan termasuk dalam kelompok ikan herbivora oportunistik. Ikan ini banyak dibudidayakan di kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia, Filipina, dan Taiwan, terutama di tambak-tambak tradisional maupun modern. Bandeng

dikenal memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap variasi lingkungan, termasuk salinitas, oksigen terlarut, dan sumber pakan. Sebagai ikan herbivora, *Chanos chanos* mengonsumsi berbagai bahan nabati seperti fitoplankton, alga mikroskopis, detritus organik tumbuhan, dan kadang-kadang juga partikel inorganik yang mengandung mikroorganisme. Pada tahap juvenil, ikan bandeng bersifat planktivora, sedangkan pada fase dewasa, ia lebih bersifat herbivora dan bahkan detritivora. Pencernaannya yang relatif panjang menunjukkan adaptasi terhadap diet berserat dari tumbuhan air dan partikel organik (Santoso & Prasetyo, 2016).



Gambar 7.7. Ikan bandeng (Nilaigizi.com)

2) Ikan Baronang

Ikan baronang (*Siganus spp.*) merupakan kelompok ikan laut dan payau yang dikenal sebagai herbivora sejati (*obligate herbivore*), terutama pada fase dewasa. Ikan ini tersebar luas di perairan Indo-Pasifik, termasuk wilayah pesisir dan ekosistem hutan mangrove, padang lamun, dan terumbu karang dangkal. Salah satu ciri khas ikan baronang adalah kebiasaan makannya yang spesifik terhadap tumbuhan laut seperti alga makro (makroalga) dan lamun (*seagrass*). Ikan ini memainkan peran

ekologis penting dalam mengontrol pertumbuhan alga, yang jika tidak terkendali dapat menyebabkan overgrowth dan kerusakan habitat terumbu karang (Yulianti et al., 2019).

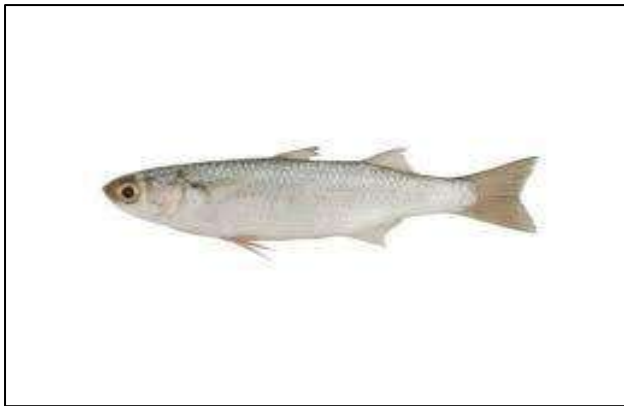


Gambar 7.8. Ikan Baronang (Wikipedia.org)

3) Ikan Belanak

Ikan belanak adalah anggota famili *Mugilidae*, yang dikenal sebagai salah satu jenis ikan euryhalin—mampu hidup di berbagai tingkat salinitas, termasuk perairan payau, laut, dan bahkan air tawar. Sebagian besar spesies belanak, seperti *Mugil cephalus*, *Valamugil seheli*, dan *Liza subviridis*, menunjukkan sifat herbivora detritivora, yakni mengonsumsi alga mikroskopis, fitoplankton, detritus tumbuhan, dan mikroorganisme yang terdapat dalam sedimen dasar perairan. Perilaku makan ini mencerminkan adaptasi ekologis penting yang memungkinkan ikan belanak memainkan peran utama dalam daur ulang nutrisi serta menjaga kestabilan ekosistem pesisir dan perairan payau. Ciri khas utama ikan belanak sebagai herbivora terletak pada struktur morfologi saluran

cernanya yang panjang dan kompleks, memungkinkan pencernaan bahan organik berserat dari substrat dasar. Ikan ini umumnya menggunakan mulut terminal untuk mengais substrat berlumpur atau berpasir di dasar perairan, menyaring material organik dan tumbuhan mikro yang melekat di dalamnya. Dalam konteks budidaya, ikan belanak menjadi salah satu kandidat ideal untuk sistem tambak tradisional atau polikultur berkelanjutan, karena tidak bergantung pada pakan buatan berprotein tinggi dan dapat memanfaatkan sumber pakan alami dari lingkungan tambak (Fatimah & Nugroho, 2017; Kamal & Basri, 2022).



Gambar 7.9. Ikan Belanak (Wikipedia.org)

2. Ikan Karnivore

Ikan merupakan kelompok vertebrata air yang memiliki keanekaragaman jenis dan strategi makan yang sangat luas. Berdasarkan jenis makanannya, ikan dapat diklasifikasikan menjadi herbivora, omnivora, dan karnivora. Ikan karnivora adalah jenis ikan yang secara dominan mengonsumsi makanan hewani, seperti ikan kecil, krustasea, moluska, zooplankton, dan invertebrata lainnya. Pola makan ini didukung oleh struktur morfologis khas, seperti mulut yang lebar, gigi tajam, dan sistem pencernaan

yang relatif pendek, yang memungkinkan pencernaan cepat terhadap protein hewani (Putra et al., 2020). Dalam konteks ekologi, ikan karnivora menempati posisi penting dalam rantai makanan sebagai predator tingkat atas atau menengah. Keberadaan mereka membantu mengendalikan populasi organisme lain di bawahnya, sehingga menjaga keseimbangan populasi dalam suatu ekosistem perairan. Beberapa contoh ikan karnivora yang umum dijumpai di perairan Indonesia antara lain ikan gabus (*Channa striata*), ikan lele (*Clarias sp.*), dan ikan kakap (*Lutjanus sp.*). Di perairan laut, spesies seperti tuna, kerapu, dan barracuda juga termasuk predator aktif dengan efisiensi konversi pakan yang tinggi (Rizki & Arifin, 2021). Dalam budidaya perikanan, ikan karnivora umumnya membutuhkan pakan dengan kandungan protein tinggi, baik dalam bentuk pakan alami maupun pakan buatan (pelet). Meskipun memiliki nilai ekonomi yang tinggi, budidaya ikan karnivora sering kali menimbulkan tantangan terkait efisiensi pakan, biaya produksi, dan potensi kanibalisme antar individu. Oleh karena itu, pemahaman tentang fisiologi pencernaan dan manajemen pakan menjadi sangat penting dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya ikan karnivora (Wijaya et al., 2022).

a. Ikan Hiu

Ikan hiu merupakan predator puncak dalam rantai makanan laut yang tergolong ke dalam kelas *Chondrichthyes*, yaitu kelompok ikan bertulang rawan. Sebagai ikan karnivora sejati, hiu mengandalkan diet yang sepenuhnya terdiri dari makanan hewani, seperti ikan-ikan kecil, cumi-cumi, krustasea, dan bahkan mamalia laut kecil tergantung pada spesiesnya. Hiu memiliki ciri khas morfologi dan fisiologi yang sangat mendukung gaya hidup predatornya, seperti rahang kuat, gigi tajam yang dapat berganti secara kontinu, serta indera penciuman dan pendeteksi getaran yang sangat sensitif, yang memungkinkan mereka menjadi pemburu efektif di berbagai kedalaman laut (Compagno

et al., 2005; Ahmad et al., 2021). Sebagian besar hiu adalah predator oportunistik, artinya mereka memakan berbagai jenis mangsa yang tersedia di habitatnya. Beberapa spesies, seperti great white shark (*Carcharodon carcharias*) atau tiger shark (*Galeocerdo cuvier*), dikenal sebagai pemangsa besar yang memangsa aneka biota laut, termasuk penyu, anjing laut, dan bahkan bangkai. Di sisi lain, spesies seperti blacktip shark atau whitetip reef shark cenderung memangsa ikan kecil, moluska, dan hewan benthik. Karakteristik saluran pencernaan hiu juga disesuaikan untuk mencerna protein dan lemak hewani secara efisien, dengan struktur seperti spiral valve yang memperluas permukaan penyerapan nutrisi (Castro, 2016). Dalam ekosistem laut, hiu memainkan peran ekologis yang sangat penting sebagai pengendali populasi mangsa, mencegah dominasi spesies tertentu dan menjaga keseimbangan ekosistem. Penurunan populasi hiu akibat penangkapan berlebih (*overfishing*) dan perdagangan sirip hiu telah terbukti mengganggu struktur komunitas laut secara luas, termasuk peningkatan populasi spesies mangsa dan degradasi terumbu karang (Ferretti et al., 2010; Dzulqornain et al., 2022). Oleh karena itu, keberadaan hiu sebagai ikan karnivora tidak hanya penting dari aspek biologis dan evolusioner, tetapi juga berimplikasi besar terhadap kelestarian ekosistem laut secara menyeluruh.



Gambar 7.10. Ikan Hiu (RRI.co.id)

b. Ikan Gabus

Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang tergolong dalam kelompok ikan karnivora. Ikan ini memiliki karakteristik morfologis dan fisiologis yang khas sebagai predator, seperti rahang kuat, gigi tajam, dan sistem pencernaan yang pendek, yang mendukung kebiasaannya mengonsumsi makanan berdaging tinggi protein. Di alam, ikan gabus memangsa berbagai organisme hidup seperti ikan kecil, katak, udang, serangga air, serta larva dan cacing, menjadikannya predator puncak dalam ekosistem perairan tawar dangkal seperti sungai, rawa, dan danau (Putra et al., 2020).



Gambar 7.11. Ikan Gabus (Bisnis.com)

c. Ikan Piranha

Ikan piranha merupakan kelompok ikan air tawar dari keluarga *Characidae*, yang dikenal luas karena sifat karnivoranya yang agresif. Beberapa spesies yang paling dikenal seperti *Pygocentrus nattereri* (*red-bellied piranha*) merupakan predator oportunistik yang mengandalkan gigi-gigi tajam dan rahang yang kuat untuk mengoyak mangsa. Ikan piranha memiliki perilaku makan khas sebagai karnivora dan skavenger, dengan pola konsumsi yang mencakup ikan kecil, invertebrata, mamalia kecil yang jatuh ke air, dan bahkan bagian tubuh ikan lain yang terluka (Sazima & Machado, 2017). Meskipun terkenal karena serangan berkelompoknya, sebagian besar spesies piranha sebenarnya lebih aktif berburu secara soliter atau dalam kelompok kecil, kecuali saat terprovokasi atau merasa terancam. Secara morfologis, piranha dilengkapi dengan struktur gigi segitiga dan bergerigi yang mampu memotong daging dengan cepat dan efisien. Saluran pencernaannya tergolong pendek, sesuai dengan karakteristik pencernaan protein hewani. Dalam konteks ekologis, ikan piranha memainkan peran penting sebagai pengendali populasi dalam ekosistem sungai tropis, terutama di Lembah Sungai Amazon dan Sungai

Orinoco, tempat spesies ini secara alami berkembang. Piranha membantu menjaga keseimbangan dengan memangsa ikan sakit, lemah, atau berlebihan populasinya (Guimarães et al., 2018).



Gambar 7.12. Ikan Piranha (tamansafari.com)

3. Ikan Omnivora

Ikan omnivora adalah jenis ikan yang memiliki kemampuan untuk mengonsumsi dan mencerna berbagai jenis makanan baik yang bersumber dari tumbuhan (nabati) maupun hewan (hewani). Kelompok ini memiliki fleksibilitas pola makan yang tinggi, yang memungkinkan mereka beradaptasi dengan baik terhadap variasi ketersediaan pakan di lingkungan perairan. Ciri morfologis utama ikan omnivora antara lain adalah struktur gigi yang beragam (molaren dan kanin), saluran pencernaan dengan panjang sedang, dan enzim pencernaan yang mampu memecah baik selulosa maupun protein hewani (Sari et al., 2017). Dalam ekosistem perairan, ikan omnivora memainkan peran ekologis yang penting sebagai penghubung antara tingkat trofik produsen (tumbuhan) dan konsumen primer atau sekunder. Keberadaan ikan omnivora membantu menjaga kestabilan rantai makanan karena kemampuannya

mengalihkan sumber pakan sesuai kondisi lingkungan. Contoh ikan omnivora yang umum dijumpai di Indonesia antara lain ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan mas (*Cyprinus carpio*), dan ikan lele (*Clarias sp.*) (Wibowo & Hasanah, 2019).

a. Ikan Nila

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu spesies ikan air tawar ekonomis penting yang termasuk dalam kelompok ikan omnivora, yaitu ikan yang mampu mengonsumsi pakan dari sumber nabati dan hewani. Di alam liar maupun dalam budidaya, ikan nila memakan fitoplankton, zooplankton, detritus organik, alga, tumbuhan air, dan organisme kecil seperti serangga air dan larva cacing (Kusumawati et al., 2018). Sistem pencernaannya mendukung fleksibilitas pola makan ini, ditandai dengan saluran cerna yang relatif panjang dan keberadaan enzim-enzim pencernaan baik untuk karbohidrat maupun protein (Yustina et al., 2019). Sebagai ikan omnivora, nila memiliki keunggulan adaptasi tinggi terhadap variasi pakan, sehingga cocok dibudidayakan dalam berbagai sistem, mulai dari kolam tradisional hingga sistem bioflok. Dalam sistem budidaya, nila diberi pakan buatan yang terdiri dari campuran protein hewani (tepung ikan, udang) dan protein nabati (dedak, tepung kedelai, tepung jagung), dengan tingkat konversi pakan (FCR) yang efisien (Handayani et al., 2021). Kemampuan nila untuk memanfaatkan limbah organik sebagai pakan juga menjadikannya salah satu kandidat unggul dalam budidaya berkelanjutan berbasis ekonomi sirkular.



Gambar 7.13. Ikan Nila (Wikipedia.org)

b. Ikan Mas

Ikan mas (*Cyprinus carpio*) merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang termasuk dalam golongan ikan omnivora, yaitu ikan yang dapat mengonsumsi berbagai jenis makanan baik yang berasal dari tumbuhan maupun hewan. Di lingkungan alamnya, ikan mas memakan fitoplankton, zooplankton, detritus organik, tumbuhan air, serangga, larva, dan cacing, serta bahan-bahan organik lainnya yang terdapat di dasar perairan (Puspitasari et al., 2017). Ikan ini memiliki morfologi mulut yang terminal dan dapat menjulur (*protrusible*), memungkinkan mereka menggali substrat untuk mencari makanan. Sistem pencernaannya pun relatif panjang dan kompleks, sehingga mampu mencerna berbagai jenis pakan, baik yang berserat nabati maupun protein hewani (Fahmi & Yulinar, 2020). Dalam kegiatan budidaya, ikan mas banyak dipelihara karena kemampuannya yang tinggi dalam adaptasi terhadap jenis pakan buatan maupun alami, serta efisiensi pertumbuhannya. Pakan buatan untuk ikan mas umumnya diformulasikan dari campuran tepung ikan, dedak, tepung kedelai, dan bahan organik fermentasi,

yang mencerminkan kebutuhan nutrisi ikan omnivora. Ikan mas juga sangat responsif terhadap sistem budidaya intensif seperti kolam bioflok atau kolam tanah dengan input pakan alami (Haryanti et al., 2021).



Gambar 7.14. Ikan Mas (Wikipedia. Org)

c. Ikan lele

Ikan lele (*Clarias sp.*) merupakan salah satu ikan air tawar yang populer dibudidayakan di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia. Ikan ini digolongkan sebagai ikan omnivora, karena memiliki kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis bahan pakan baik dari sumber nabati maupun hewani. Di lingkungan alamnya, ikan lele memakan detritus, serangga air, cacing, plankton, sisa-sisa hewan mati, serta tumbuhan air (Putri et al., 2018). Ikan lele juga dikenal memiliki struktur mulut lebar dan sensorik peraba di sekitarnya (barbel), yang memungkinkan mereka mencari makanan di perairan yang keruh atau gelap. Sistem pencernaan ikan lele mendukung pola makan omnivora, dengan keberadaan enzim-enzim seperti protease, amilase, dan lipase yang mampu mencerna baik protein, karbohidrat, maupun lemak (Ramadhan et al., 2020). Dalam budidaya intensif, ikan lele diberi pakan

buatan berbasis tepung ikan, tepung darah, dedak halus, tepung kedelai, hingga limbah pertanian yang difermentasi. Fleksibilitas ini menjadikan ikan lele efisien dalam konversi pakan dan tahan terhadap stres lingkungan, termasuk kadar oksigen rendah dan kepadatan tinggi (Santoso et al., 2021). Karena sifat omnivoranya, ikan lele sangat cocok untuk dibudidayakan dalam berbagai sistem, seperti kolam tanah, kolam terpal, hingga sistem bioflok. Selain nilai ekonomisnya yang tinggi, ikan lele juga berperan dalam penguraian limbah organik dalam kolam karena perilaku makannya yang menyapu dasar kolam (Widodo & Raharjo, 2022). Kemampuan beradaptasi terhadap berbagai jenis pakan dan lingkungan menjadikan ikan lele sebagai salah satu komoditas utama dalam budidaya berkelanjutan berbasis ekonomi mikro dan rumah tangga.



Gambar 7.15. Ikan Lele (Radar kediri.com)

7.4 Cara Makan Ikan

Ikan merupakan kelompok vertebrata akuatik yang memiliki keragaman tinggi dalam hal morfologi, fisiologi, dan perilaku makan. Salah satu aspek penting dalam studi biologi

ikan adalah memahami cara makan ikan (*feeding mechanism*), yang sangat erat kaitannya dengan adaptasi morfologis dan ekologis terhadap lingkungan perairan tempat hidupnya. Cara makan ikan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tipe mulut, struktur gigi, panjang saluran pencernaan, dan enzim pencernaan, yang masing-masing mencerminkan strategi adaptasi terhadap jenis makanan yang dikonsumsi (Yustina et al., 2019). Secara umum, ikan dapat digolongkan menjadi herbivora, karnivora, dan omnivora, berdasarkan jenis pakan yang dikonsumsi. Ikan herbivora seperti *Barbonymus gonionotus* memiliki usus panjang dan gigi faringeal untuk menggiling tanaman air, sedangkan ikan karnivora seperti *Channa striata* dilengkapi dengan gigi tajam dan saluran pencernaan pendek untuk mencerna daging (Suprayudi et al., 2020). Sementara itu, ikan omnivora seperti *Oreochromis niloticus* dan *Clarias sp.* menunjukkan fleksibilitas dalam pola makan, mampu mencerna bahan nabati dan hewani secara bersamaan (Pranoto & Suryati, 2023). Pemahaman terhadap mekanisme makan ikan sangat penting tidak hanya untuk kajian biologi fungsional dan evolusi, tetapi juga dalam bidang akuakultur. Pengetahuan ini membantu dalam perancangan pakan yang sesuai dan efisien, serta menentukan strategi budidaya berdasarkan tipe makan ikan (Setiawan & Hidayatullah, 2022).

Cara makan ikan dipengaruhi oleh morfologi mulut, sistem pencernaan, dan tipe makanannya (herbivora, karnivora, atau omnivora). Umumnya, ikan menangkap, menelan, dan mencerna makanan melalui proses yang dimediasi oleh adaptasi anatomi kepala, tipe gigi, dan gerakan faring.

1. Tipe Mulut dan Strategi Makan

- a. Terminal (di ujung mulut): dimiliki oleh ikan yang mencari makan di kolom air, misalnya *Cyprinus carpio* (ikan mas).
- b. Superior (mulut menghadap ke atas): umum pada ikan permukaan seperti *Aplocheilichthys panchax*.
- c. Inferior (menghadap ke bawah): pada ikan pemakan dasar seperti *Clarias sp.* (lele).

- d. Adaptasi ini memungkinkan ikan untuk menangkap makanan sesuai posisi dan jenisnya di lingkungan.
2. Tipe Gigi
- a. Ikan pemangsa (karnivora) memiliki gigi tajam untuk menangkap dan mencabik mangsa.
 - b. Ikan herbivora memiliki gigi pipih atau gigi faringeal untuk menggiling tanaman air atau alga.
 - c. Ikan omnivora memiliki kombinasi struktur gigi yang mendukung pencernaan beragam bahan pakan (Suprayudi et al., 2020).
3. Sistem Pencernaan
- a. Panjang usus relatif menjadi indikator utama tipe makan: herbivora memiliki usus lebih panjang dari tubuhnya, karnivora lebih pendek.
 - b. Proses makan dimulai dari mulut → kerongkongan → lambung (jika ada) → usus → rektum (Yustina et al., 2019).
 - c. Enzim-enzim pencernaan yang umum dijumpai antara lain: amilase, lipase, protease.
4. Perilaku Makan
- a. Ikan juga menunjukkan pola makan yang berbeda tergantung waktu (diurnal, nokturnal), temperatur air, dan ketersediaan pakan.
 - b. Contohnya, *Oreochromis niloticus* aktif makan di siang hari dan menunjukkan pola agresif saat perebutan pakan.

Spesies Ikan	Tipe Makanan	Mulut	Panjang Usus	Cara Makan
<i>Clarias sp.</i> (lele)	Omnivora	Inferior	Sedang	Menyapu dasar kolam, konsumsi pakan alami & buatan
<i>Channa striata</i> (gabus)	Karnivora	Terminal	Pendek	Menyergap mangsa hidup dengan cepat
<i>Oreochromis niloticus</i> (nila)	Omnivora	Terminal	Sedang-panjang	Menggigit tumbuhan air, detritus, dan zooplankton
<i>Barbonymus gonionotus</i> (tawes)	Herbivora	Superior-terminal	Panjang	Merumput dan mencabut tumbuhan air

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., Susilo, T., & Santoso, B. (2021). Pengembangan pakan alternatif berbasis limbah organik untuk budidaya ikan karnivora. *Jurnal Teknologi Perikanan*, 11(4), 88–95.
- Bowen, S. H. (1981). Digestion and assimilation of periphytic detritus and associated bacteria by two species of fish. *Environmental Biology of Fishes*, 6(3), 233–240. <https://doi.org/10.1007/BF00001776>
- Castro, P. (2016). *Marine Biology* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Compagno, L. J. V., Dando, M., & Fowler, S. (2005). *Sharks of the World*. Princeton University Press.
- De Silva, S. S., & Anderson, T. A. (1995). *Fish Nutrition in Aquaculture*. London: Chapman & Hall
- Fahmi, M., & Yulinar, I. (2020). Evaluasi pertumbuhan ikan mas dengan pakan organik. *Jurnal Akuakultur Berkelanjutan*, 12(2), 25–32.
- Fatimah, S., & Nugroho, A. (2017). Pengaruh pakan alami dan buatan terhadap pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 10(2), 55–62.
- Fitriani, R., & Saputra, A. (2018). Studi metabolisme ikan herbivora: Implikasi pada formulasi pakan alternatif. *Jurnal Biotek Akuakultur*, 3(1), 70–78.
- Gerking, S. D. (1994). *Feeding Ecology of Fish*. Academic Press.
- Guimarães, S. C., Silva, F. C., & Costa, J. R. (2018). Diet composition of herbivorous fishes in tropical estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 212, 123–131.
- Hadi, S., Nugroho, D., & Prasetyo, B. (2019). Evaluasi pertumbuhan dan efisiensi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan berbagai formulasi pakan buatan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 20(2), 88–95.
- Handayani, T., Purnomo, A., & Wijaya, S. (2021). Pengaruh pakan fermentasi terhadap kualitas fillet ikan nila. *Jurnal Akuakultur Tropis*, 14(1), 40–47.
- Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal.

- Aquaculture Research, 41(5), 770–776.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349>.
- Haryanti, N., Ramadhan, R., & Putri, A. (2021). Efektivitas pakan fermentasi dalam budidaya ikan lele. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 15(2), 77–85.
- Hasan, M. R., Hecht, T., De Silva, S. S., & Tacon, A. G. J. (2016). Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 497*.
- Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. (2009). *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Helfman, G. S., et al. (2009). *The Diversity of Fishes*. Wiley-Blackwell.
- Husain, A. (2012). Feeding behavior and dietary habits of freshwater fish species in relation to environmental factors. *Journal of Aquatic Biology*, 15(2), 45–58.
- Jobling, M. (1995). *Environmental Biology of Fishes*. Chapman and Hall.
- Jobling, M. (1995). *Environmental Biology of Fishes*. London: Chapman & Hall.
- Kamal, M., & Basri, H. (2022). Evaluasi kualitas pakan fermentasi untuk budidaya ikan lele. *Jurnal Akuakultur Tropis*, 15(1), 70–78.
- Kapoor, B. G., Smit, H., & Verighina, I. A. (1975). The alimentary canal and digestion in teleosts. *Advances in Marine Biology*, 13, 109–239.
- Kartika, S., & Haryono, B. (2022). Analisis keberlanjutan budidaya ikan herbivora di lahan pasang surut. *Jurnal Pembangunan Perikanan Berkelanjutan*, 7(3), 102–110.
- Moyle, P. B., & Cech, J. J. (2004). *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. Prentice Hall.
- Moyle, P. B., & Cech, J. J. Jr. (2004). *Fishes: An Introduction to Ichthyology* (5th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World* (4th ed.). John Wiley & Sons.

- Nugraha, F., & Suryanto, E. (2019). Studi konsumsi pakan nabati oleh ikan tawes di kolam budidaya. *Jurnal Akuatik Tropis*, 4(1), 15–22.
- Nurudin, A. F. (2013). Keanekaragaman Jenis Ikan di Sungai Sekonyer Taman Nasional Tanjung Puting Kalimantan Tengah. Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
- Prakoso, R., Nugroho, R. A., & Wibowo, E. S. (2018). Pemanfaatan sistem bioflok pada budidaya ikan herbivora dalam kolam terkontrol. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 17(2), 123–130.
- Puspitasari, D., Hadi, S., & Wulandari, E. (2017). Studi pakan alternatif untuk ikan herbivora. *Jurnal Perikanan Air Tawar*, 13(3), 56–63.
- Putra, E., Santoso, R., & Wibowo, F. (2020). Studi pertumbuhan ikan nila dengan variasi pakan berbasis limbah pertanian. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(3), 99–106.
- Putra, E., Santoso, R., & Wibowo, F. (2020). Studi pertumbuhan ikan nila dengan variasi pakan berbasis limbah pertanian. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 18(3), 99–106.
- Rachmawati, D., Lestari, Y., & Yulianti, I. (2020). Peningkatan efisiensi pakan fermentasi dari limbah pertanian untuk budidaya ikan nila. *Jurnal Perikanan Tropis*, 8(1), 45–52.
- Randall, J. E., Allen, G. R., & Steene, R. C. (1990). *Fishes of the Great Barrier Reef and Coral Sea*. University of Hawaii Press.
- Rizki, D., & Arifin, Z. (2021). Pengaruh pakan organik terhadap kualitas fillet ikan tawes. *Jurnal Perikanan Air Tawar*, 13(2), 44–52.
- Santosa, W., & Maulana, D. (2016). Kandungan gizi dan produktivitas ikan herbivora sebagai sumber protein alternatif. *Jurnal Gizi dan Pangan Akuatik*, 5(2), 91–98.
- Santoso, R., & Prasetyo, B. (2016). Pengaruh kepadatan tebar terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di sistem bioflok. *Jurnal Perikanan*, 12(3), 120–128.
- Sari, M., & Nugroho, A. (2022). Pengaruh penggunaan pakan organik terhadap pertumbuhan dan kualitas daging ikan lele (*Clarias sp.*). *Jurnal Akuakultur Tropis*, 14(1), 34–42.

- Sari, M., Nugroho, A., & Putri, D. (2017). Pengaruh pakan alami terhadap pertumbuhan ikan mas. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 34–42.
- Sari, N. P., Hidayat, M. F., & Adityaningrum, R. (2021). Adaptasi ikan herbivora terhadap kualitas air dan jenis pakan alami di perairan tawar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 6(2), 89–96.
- Sazima, I., & Machado, F. A. (2017). Feeding habits and trophic ecology of reef fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 100(6), 709–724.
- Suprayudi, M. A., Nurjanah, & Widanarni. (2020). Digestive adaptation of carnivorous, omnivorous and herbivorous fish: a comparative study. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(1), 56–63.
- Suradika, I. N., & Mawardi, M. (2016). Pengaruh variasi pakan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan lele (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 15(3), 145–152.
- Susanto, Ahmad. (2018). Bimbingan dan Konseling di Sekolah: Konsep, Teori, dan Aplikasinya. Jakarta: Prenadamedia Group.
- Wibowo, R., & Hasanah, S. (2019). Analisis efisiensi pakan ikan lele di tambak. *Jurnal Teknologi Perikanan*, 10(2), 88–95.
- Widodo, S., & Raharjo, M. (2022). Perbandingan pertumbuhan ikan gurame dan nila pada sistem bioflok. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 19(1), 60–67.
- Wijaya, S., Hidayat, T., & Prasetyo, B. (2022). Perbandingan efisiensi pakan pada ikan gurame dan nila dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Perikanan Tropis*, 16(1), 21–29.
- Wijayanti, D. N., & Putri, A. I. (2017). Efisiensi konversi pakan nabati pada ikan gurame di sistem akuaponik. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 22(2), 57–63.
- Wootton, R. J. (1998). *Ecology of Teleost Fishes* (2nd ed.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Yulianda, N., Santoso, B., & Hartono, D. (2010). Pengaruh pakan alami dan buatan terhadap pertumbuhan ikan nila

- (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Perikanan Indonesia, 15(1), 25–32.
- Yuliani, R., & Setiawan, R. (2023). Pengembangan pakan berbasis daun singkong untuk ikan nila: Potensi lokal untuk solusi pakan murah. Jurnal Akuakultur Berkelanjutan, 5(1), 33–40.
- Zuliani, Z., Muchlisin, Z. A., & Nurfadillah. (2016). Kebiasaan Makanan dan Hubungan Panjang Berat Ikan Julung-julung (*Dermogenys* sp.) di Sungai Alur Hitam Kecamatan Bendahara Kabupaten Aceh Tamiang. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah, 1(1), 12–24.

BAB 8

PERTUMBUHAN IKAN

Oleh Sahda Salsabila

8.1 Pendahuluan

Pertumbuhan merupakan indikator penting dalam dinamika populasi ikan karena berkaitan langsung dengan umur, kematangan seksual, potensi produksi, dan kelangsungan hidup populasi tersebut. Melalui studi pertumbuhan, para peneliti dan praktisi perikanan dapat mengidentifikasi struktur umur, estimasi usia matang gonad, serta mengkaji laju mortalitas dan proses rekrutmen dalam populasi. Dengan kata lain, pertumbuhan menjadi dasar dalam berbagai perhitungan biologi perikanan dan pengelolaan sumber daya ikan (Prihartiningsih, 2013).

Secara biologis, ikan termasuk organisme yang menunjukkan pola pertumbuhan kontinu sepanjang hidupnya. Potensi ini sering disebut sebagai pertumbuhan tak terbatas, meskipun dalam praktiknya, ikan akan mencapai ukuran maksimum tertentu yang dipengaruhi oleh batas genetik dan kondisi lingkungan. Jika habitat tempat hidupnya menyediakan kondisi optimal seperti suhu, oksigen, dan makanan yang memadai, maka ikan dapat tumbuh mendekati ukuran maksimal tersebut.

Dalam kerangka individu, pertumbuhan didefinisikan sebagai peningkatan ukuran tubuh, baik panjang, berat, maupun volume dalam kurun waktu tertentu. Pertumbuhan dapat diartikan sebagai peningkatan ukuran tubuh, baik dalam hal panjang maupun berat, dalam jangka waktu tertentu. Sementara itu, dalam konteks populasi, pertumbuhan merujuk pada kenaikan jumlah individu dalam kelompok tersebut. (Effendie, 1978; Effendie, 1997). Proses ini pada dasarnya dipicu oleh aktivitas pembelahan sel secara mitosis yang didukung oleh

ketersediaan energi dan zat-zat penyusun seperti asam amino yang diperoleh dari makanan (Kantun dan Mallawa, 2016).

Selama fase pertumbuhan, jaringan tubuh ikan mengalami perubahan akibat pembelahan dan regenerasi sel. Sebagian jaringan bersifat dinamis, seperti otot dan tulang, yang tetap dapat memperbaharui diri bahkan saat ikan memasuki fase dewasa. Jaringan-jaringan inilah yang menyumbang pertambahan massa tubuh dan secara langsung memengaruhi performa pertumbuhan ikan. Sebaliknya, ada juga jaringan yang bersifat statis dan tidak mengalami perubahan signifikan seiring bertambahnya usia (Effendie, 1978; Effendie, 1997).

Pertumbuhan juga dapat dilihat dari perspektif bioenergetik. Energi yang dikonsumsi ikan melalui makanan akan dialokasikan untuk berbagai fungsi fisiologis seperti pergerakan, pemeliharaan organ, reproduksi, serta sintesis jaringan baru. Ketika kebutuhan dasar telah terpenuhi, sisa energi akan dimanfaatkan untuk pertambahan ukuran tubuh. Oleh karena itu, efisiensi pertumbuhan erat kaitannya dengan kualitas pakan, rasio energi terhadap protein, serta kondisi fisiologis ikan itu sendiri.

Selain faktor nutrisi, peran hormon sangat signifikan dalam regulasi pertumbuhan. Hormon pertumbuhan seperti somatotropin yang diproduksi di hipofisa, bertanggung jawab dalam mengatur metabolisme protein dan lemak, serta meningkatkan laju sintesis jaringan. Aktivitas hormon ini juga menjelaskan variasi pertumbuhan antara jenis kelamin, atau antara fase-fase kehidupan seperti masa ruaya atau pemijahan, ketika laju pertumbuhan dapat menurun karena energi lebih difokuskan pada fungsi reproduksi (Rahardjo et al., 2011).

Menurut Fujaya (2004), pertumbuhan jaringan selain dipengaruhi oleh kualitas makanan, juga sangat ditentukan oleh aktivitas hormon pertumbuhan. Hormon ini meningkatkan proses transpor asam amino dan sintesis protein, serta mempercepat mobilisasi lemak sebagai sumber energi. Dengan demikian, penggunaan protein untuk pembentukan jaringan menjadi lebih efisien karena tidak digunakan sebagai energi.

Secara umum, proses pertumbuhan ikan dapat dikelompokkan ke dalam beberapa fase perkembangan (Weatherly dan Gill, 1987). Mulai dari fase larva yang ditandai perubahan morfologi pesat, fase juvenil dengan pola pertumbuhan linier, hingga fase dewasa di mana pertumbuhan fisik melambat karena energi dialihkan untuk pemeliharaan dan reproduksi. Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh dua kelompok faktor, yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor eksternal mencakup ketersediaan pakan dan kualitas lingkungan perairan, sedangkan faktor internal meliputi aspek genetik, jenis kelamin, usia, serta kondisi kesehatan ikan (Effendie, 2002).

Pertumbuhan yang berlangsung cepat umumnya mencerminkan lingkungan yang mendukung dan tersedianya makanan dalam jumlah yang cukup (Tutupoho, 2008). Sebaliknya, lingkungan perairan yang tercemar atau tidak ideal dapat berdampak pada variasi ukuran ikan yang tertangkap, karena berhubungan langsung dengan kecukupan nutrisi yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan.

8.2 Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan

Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan ikan dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu faktor intrinsik (internal) dan faktor ekstrinsik (eksternal). Beberapa dari faktor-faktor ini bersifat dapat dikendalikan, sementara yang lain sulit untuk diatur. Faktor intrinsik umumnya sulit dikontrol dan mencakup hal-hal seperti genetik, jenis kelamin, usia atau ukuran, efisiensi dalam memanfaatkan pakan, serta adanya parasit dan penyakit. Di sisi lain, faktor ekstrinsik mencakup kondisi fisik dan kimia lingkungan perairan, serta aspek biotik seperti ketersediaan pakan dan persaingan antarorganisme.

Faktor internal atau faktor dalam pertumbuhan ikan umumnya sulit untuk dikendalikan. Faktor-faktor ini mencakup keturunan, jenis kelamin, umur, serta kondisi kesehatan yang dipengaruhi oleh penyakit dan parasit. Dalam sistem budidaya, aspek genetik masih dapat diintervensi melalui seleksi induk yang memiliki performa pertumbuhan optimal. Namun, di alam

liar, seleksi genetik tidak dapat diterapkan secara langsung. Jenis kelamin juga turut berperan, di mana pada beberapa spesies ikan, individu betina tumbuh lebih cepat dari jantan, sementara pada spesies lain, laju pertumbuhan antara keduanya relatif sama. Perbedaan ini umumnya menjadi lebih jelas saat ikan mencapai kematangan gonad, karena sebagian besar energi dan nutrisi yang diperoleh dari makanan akan dialihkan untuk perkembangan alat reproduksi, sehingga pertumbuhan fisik melambat. Pada fase-fase reproduktif, seperti pembuatan sarang, pemijahan, dan penjagaan anak, ikan juga cenderung berhenti makan, yang menyebabkan pertumbuhan berhenti sementara. Setelah fase ini berlalu, ikan akan kembali makan dan melanjutkan pertumbuhannya seperti semula (Tamsil *et al.*, 2019).

Usia juga merupakan parameter penting dalam proses pertumbuhan. Ikan menunjukkan laju pertumbuhan tercepat pada kisaran usia 3 hingga 5 tahun. Seiring bertambahnya usia, terutama pada ikan yang telah memasuki fase tua, pertumbuhan menjadi sangat lambat. Hal ini terjadi karena energi dari makanan lebih banyak digunakan untuk pemeliharaan dan aktivitas tubuh daripada untuk penambahan ukuran. Selain itu, kondisi kesehatan ikan juga memiliki pengaruh signifikan. Serangan penyakit atau parasit, terutama pada organ vital seperti sistem pencernaan, dapat menurunkan efisiensi penggunaan makanan dan menghambat pertumbuhan. Namun, dalam beberapa kasus, infeksi parasit ringan justru dapat merangsang ikan untuk mengonsumsi lebih banyak makanan, yang kemudian menghasilkan pertumbuhan lebih baik dibanding ikan yang tidak terinfeksi.

Meskipun faktor-faktor internal memainkan peranan penting, pertumbuhan tetap sangat bergantung pada ketersediaan makanan sebagai sumber utama energi dan bahan pembentuk jaringan. Tanpa pasokan makanan yang memadai, proses pertumbuhan tidak akan terjadi, meskipun faktor-faktor lainnya berada dalam kondisi optimal. Sebaliknya, meskipun lingkungan tidak sepenuhnya ideal, ikan masih dapat tumbuh apabila asupan makanan mencukupi. Dalam hal ini, faktor

eksternal seperti suhu, kualitas air, dan tingkat kompetisi bertindak sebagai pengatur laju pertumbuhan. Kompetisi, baik antarindividu dalam satu spesies maupun antarspesies, dalam memperoleh makanan juga dapat menurunkan kecepatan pertumbuhan karena terbatasnya sumber daya yang tersedia (Rahardjo et al., 2011).

Pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal yang bekerja secara kompleks dan saling berkaitan. Di antara faktor-faktor utama tersebut adalah suhu air, kadar oksigen terlarut, konsentrasi amonia, salinitas, dan fotoperiod (panjang siang-malam). Selain itu, ketersediaan makanan, kompetisi, umur, dan tingkat mortalitas juga turut berperan dalam menentukan laju pertumbuhan.

Suhu Air Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan paling penting dalam menentukan pertumbuhan. Karena ikan bersifat poikilothermis, suhu tubuh mereka mengikuti suhu air di sekitarnya. Umumnya, laju pertumbuhan akan meningkat seiring kenaikan suhu hingga mencapai suhu optimum spesifik untuk tiap spesies. Misalnya, ikan *Cyprinodon macularis* menunjukkan peningkatan pertumbuhan pada suhu antara 30°C hingga 35°C, sementara salmon muda menunjukkan pertumbuhan maksimal pada suhu sekitar 15°C. Jobling (1981) dalam Moyle & Cech (1988) menyatakan bahwa terdapat hubungan erat antara suhu optimum pertumbuhan dengan preferensi perilaku suhu pada spesies ikan tertentu.

Di wilayah empat musim, ketika suhu perairan turun di bawah 10°C, ikan tropis biasanya menghentikan aktivitas makan atau hanya makan dalam jumlah sedikit untuk mempertahankan kondisi tubuh. Dalam kondisi tersebut, meskipun makanan tersedia dalam jumlah banyak, pertumbuhan menjadi sangat lambat atau bahkan berhenti. Sebaliknya, di daerah tropis suhu air biasanya tetap berada dalam kisaran optimal sehingga mendukung pertumbuhan yang cepat. Akibat perbedaan suhu ini, seekor ikan bisa mencapai ukuran 30 cm dan berat 1 kg dalam waktu satu tahun di daerah tropis, sedangkan di daerah bermusim empat ukuran tersebut bisa dicapai dalam dua atau tiga tahun (Effendie, 1978; 1997).

Oksigen Terlarut Kadar oksigen dalam air sangat penting untuk metabolisme ikan dan secara langsung berpengaruh pada pertumbuhan. Stewart et al. (1967) dalam Moyle & Cech (1988) menemukan bahwa pertumbuhan juvenil *Micropterus salmoides* menurun ketika kadar oksigen berada di kisaran 5 mg/L pada suhu 26°C. Ambang ini juga berlaku untuk spesies lain seperti *Ictalurus punctatus*, *Mugil cephalus*, dan *Orthodon microlepidotus*. Ikan-ikan tersebut mampu beradaptasi dalam kondisi oksigen rendah dengan bermigrasi ke wilayah yang lebih kaya oksigen.

Amonia Sebagai hasil ekskresi utama dari metabolisme ikan, amonia dapat menurunkan laju pertumbuhan apabila jumlahnya berlebihan. Studi pada juvenil *Ictalurus punctatus* menunjukkan bahwa penambahan amonia dalam air menurunkan pertambahan berat badan. Bentuk amonia tak terionisasi (NH_3) lebih toksik daripada bentuk ionik (NH_4^+), dan proporsinya sangat dipengaruhi oleh pH air. Oleh karena itu, pemantauan pH secara rutin menjadi penting dalam sistem budidaya, mengingat amonia tetap dianggap sebagai polutan yang dapat menghambat pertumbuhan ikan meskipun bersifat alami.

Salinitas Beberapa spesies euryhalin menunjukkan kemampuan untuk tumbuh di berbagai kisaran salinitas, tetapi laju pertumbuhan maksimal biasanya tercapai pada salinitas sekitar 35 ppt. Salinitas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dari nilai optimum akan mengganggu keseimbangan osmotik tubuh ikan, sehingga memperlambat pertumbuhan.

Fotoperiod Panjang siang-malam atau fotoperiod juga memengaruhi pertumbuhan, terutama secara musiman. Hogman (1968) dalam Moyle & Cech (1988) menunjukkan bahwa pertumbuhan *Coregonus clupeaformis*, ikan danau, berkorelasi dengan panjang waktu siang hari. Fotoperiod berpengaruh pada aktivitas makan dan hormon pertumbuhan ikan.

Ketersediaan Makanan dan Kompetisi Ketersediaan pakan merupakan faktor penentu utama pertumbuhan, terutama di lingkungan tropis. Ketika makanan tersedia dalam jumlah cukup dan kondisi lingkungan stabil, ikan akan menunjukkan pertumbuhan yang cepat. Sebaliknya, pada kondisi padat

populasi dengan pakan terbatas, terjadi kompetisi yang mengakibatkan pertumbuhan tidak merata. Ikan yang lemah mungkin gagal mendapatkan makanan dan mati, sementara yang kuat tetap tumbuh dengan baik. Dalam satu keturunan ikan, hal ini dapat menyebabkan variasi ukuran tubuh yang mencolok (Effendie, 1978; 1997).

Kualitas Kimia Air Faktor kimia seperti oksigen, karbon dioksida, hidrogen sulfida, keasaman (pH), dan alkalinitas sangat memengaruhi kondisi fisiologis ikan. Hidrogen sulfida yang terakumulasi di dasar perairan dapat menyebabkan ikan naik ke permukaan, yang kemudian menyebabkan kepadatan dan persaingan makanan di zona tersebut. Selain itu, tingkat kekeruhan air juga berdampak pada efektivitas ikan dalam mencari makanan.

Umur dan Mortalitas Laju pertumbuhan juga terkait dengan umur dan tingkat kematian. Ikan muda umumnya mengalami pertumbuhan panjang yang cepat dalam fase awal kehidupannya hingga mencapai kematangan seksual. Setelah dewasa, sebagian besar energi yang diperoleh dari makanan akan dialokasikan untuk reproduksi dan pemeliharaan jaringan tubuh, sehingga pertumbuhan fisik melambat secara signifikan.

8.3 Pertumbuhan Alometrik dan Isometrik

Pertumbuhan ikan merupakan salah satu aspek biologis penting dalam kajian ilmu biologi perikanan karena menggambarkan respons fisiologis ikan terhadap lingkungannya. Dalam konteks ini, pertumbuhan merujuk pada peningkatan ukuran tubuh, baik dalam dimensi panjang maupun berat, yang terjadi seiring berjalannya waktu. Dua jenis pola pertumbuhan yang sering dibahas dalam ilmu perikanan adalah pertumbuhan isometrik dan alometrik. Pertumbuhan isometrik terjadi ketika proporsi tubuh ikan tetap konstan seiring bertambahnya ukuran tubuh, yakni panjang dan berat meningkat pada laju yang seimbang. Sebaliknya, pertumbuhan alometrik menggambarkan situasi ketika laju pertumbuhan panjang dan berat tubuh tidak seimbang—dimana pertumbuhan berat bisa lebih cepat atau lebih lambat dibandingkan pertumbuhan panjang tubuh.

Secara matematis, hubungan panjang dan berat ikan dinyatakan dengan persamaan $W = aL^b$, di mana W adalah berat tubuh, L adalah panjang total tubuh, a merupakan konstanta, dan b adalah eksponen yang menunjukkan karakteristik pertumbuhan. Nilai b sangat krusial dalam mengidentifikasi tipe pertumbuhan. Jika nilai $b = 3$, maka pertumbuhan bersifat isometrik. Namun, bila $b \neq 3$, pertumbuhan diklasifikasikan sebagai alometrik. Ketika $b > 3$, maka berat tubuh meningkat lebih cepat dibanding panjang tubuh, disebut pertumbuhan alometrik positif. Sebaliknya, jika $b < 3$, maka ikan mengalami pertumbuhan alometrik negatif, yakni panjang tubuh tumbuh lebih cepat daripada berat.

Beberapa penelitian telah menunjukkan variasi pola pertumbuhan ini pada berbagai spesies ikan di perairan Indonesia. Sebagai contoh, studi oleh Chadijah et al. (2019) terhadap ikan Opudi (*Telmatherina prognatha*), ikan endemik Danau Matano, Sulawesi Selatan, menunjukkan bahwa spesies ini mengalami pertumbuhan alometrik negatif, dengan nilai b sebesar 2,5995 untuk jantan dan 2,4875 untuk betina. Ini mengindikasikan bahwa pertambahan panjang tubuh lebih dominan dibandingkan peningkatan beratnya. Fenomena ini dikaitkan dengan karakter habitat litoral dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi ketersediaan makanan serta aktivitas metabolik ikan.

Contoh lain dapat ditemukan dalam studi Kalesaran et al. (2021) terhadap kerang mutiara *Pinctada margaritifera* di perairan Sulawesi Utara. Penelitian tersebut juga menunjukkan pola pertumbuhan alometrik negatif di tiga lokasi, yakni Bahoi, Arakan, dan Talengen. Pada semua lokasi, pertambahan dimensi panjang, tinggi, dan tebal cangkang lebih cepat dibandingkan peningkatan berat total. Hasil ini menunjukkan bahwa parameter morfometrik bisa lebih cepat berubah dibandingkan massa tubuh secara keseluruhan, yang dalam budidaya penting untuk menilai kondisi kesehatan dan produktivitas kerang.

Meskipun banyak spesies ikan menunjukkan pola pertumbuhan alometrik, tidak sedikit pula yang mengalami pertumbuhan isometrik, terutama dalam kondisi lingkungan

yang stabil dan mendukung. Pertumbuhan isometrik berarti semua bagian tubuh ikan tumbuh dengan proporsi yang seragam, yang mengindikasikan keseimbangan antara panjang dan berat tubuh. Dalam hubungan panjang-berat, nilai eksponen pertumbuhan (b) mendekati atau sama dengan 3. Nilai ini menunjukkan bahwa ikan mengalami pertambahan berat secara kubik seiring dengan pertambahan panjangnya. Pola pertumbuhan isometrik sering kali ditemukan pada ikan-ikan dewasa dalam kondisi optimal—misalnya, dengan ketersediaan pakan yang mencukupi, suhu air yang sesuai, dan kualitas lingkungan yang baik.

Ikan-ikan yang hidup di perairan budidaya dengan pengelolaan lingkungan yang baik cenderung menunjukkan pertumbuhan isometrik, karena faktor-faktor pembatas eksternal seperti kompetisi makanan, predasi, dan fluktuasi lingkungan dapat dikontrol. Selain itu, pada spesies tertentu, terutama yang dibudidayakan secara intensif seperti ikan lele (*Clarias sp.*) atau nila (*Oreochromis niloticus*), pola pertumbuhan isometrik sering menjadi target karena mencerminkan efisiensi dalam konversi pakan menjadi biomassa (Tamsil et al., 2019).

Hubungan panjang dan berat bukan hanya alat untuk mengukur pola pertumbuhan, tetapi juga dapat memberikan informasi tentang kondisi fisiologis, tahap perkembangan, dan produktivitas ikan dalam suatu populasi. Jika ikan mengalami kondisi stres lingkungan seperti kekurangan pakan, kualitas air yang buruk, atau padat tebar tinggi, maka nilai eksponen b dapat menurun, mengarah pada pertumbuhan alometrik negatif. Sebaliknya, lingkungan yang optimal dapat mendukung pertumbuhan mendekati atau mencapai isometrik.

Pertumbuhan yang terjadi pada ikan juga berkaitan dengan tahapan hidupnya. Pada fase larva dan juvenil, ikan umumnya mengalami pertumbuhan alometrik karena perubahan bentuk tubuh masih berlangsung secara signifikan. Namun, saat mencapai fase dewasa dan organ tubuh utama telah berkembang penuh, pola pertumbuhan bisa berubah menjadi isometrik tergantung pada ketersediaan energi untuk pertambahan massa tubuh.

8.4 Hubungan Panjang Berat

Hubungan antara panjang dan berat tubuh ikan merupakan parameter penting dalam ilmu biologi perikanan karena mencerminkan kondisi fisiologis, tingkat pertumbuhan, serta adaptasi ikan terhadap lingkungannya. Hubungan ini secara empiris diformulasikan dalam model matematis yang dikenal sebagai persamaan panjang-berat, yaitu $W=aL^b$, di mana W adalah berat ikan (gram), L adalah panjang total (cm), a adalah konstanta intercept, dan b adalah eksponen yang menunjukkan jenis pertumbuhan ikan. Nilai b menjadi indikator utama dalam menentukan apakah ikan mengalami pertumbuhan isometrik ($b = 3$), alometrik positif ($b > 3$), atau alometrik negatif ($b < 3$). Pertumbuhan isometrik menunjukkan penambahan berat yang proporsional dengan panjang, sedangkan alometrik menunjukkan ketidakseimbangan antara keduanya.

Menurut Effendie (1997), analisis hubungan panjang dan berat tidak hanya berguna dalam studi biologi pertumbuhan, tetapi juga sangat penting dalam pengelolaan stok ikan, penentuan ukuran tangkap yang optimal, serta pengembangan teknologi budidaya. Penelitian-penelitian terbaru memperkuat signifikansi ini. Misalnya, studi oleh Patanda dan Rahmani (2018) terhadap ikan kakatua (*Chlorurus strongycephalus*) di Taman Nasional Wakatobi menunjukkan bahwa spesies tersebut memiliki pola pertumbuhan alometrik negatif dengan faktor kondisi sebesar 1,07, yang mengindikasikan ketersediaan makanan masih mencukupi namun pertumbuhan berat lebih lambat dibanding panjang tubuhnya. Temuan ini menjadi dasar dalam merancang regulasi penangkapan, termasuk ukuran minimum tangkap dan desain alat tangkap ramah lingkungan.

Studi lain oleh Fuadi et al. (2016) terhadap ikan *Rasbora sp.* dan *Puntius brevis* di Krueng Simpoe, Aceh, juga menunjukkan pertumbuhan alometrik negatif, dengan nilai b sebesar 2,420. Hasil ini menandakan bahwa ikan-ikan tersebut mengalami pertumbuhan panjang yang lebih cepat daripada peningkatan berat badannya, dan kondisi lingkungan di sungai tersebut masih mendukung kesehatan ikan berdasarkan faktor kondisi Fulton yang berada di atas nilai 100. Pengetahuan seperti ini penting

untuk mendeteksi dampak tekanan lingkungan, seperti pencemaran atau penangkapan berlebih.

Dalam kajian biologi perikanan, pemahaman mengenai hubungan antara panjang dan berat ikan merupakan aspek penting yang mendukung pengelolaan sumber daya ikan secara berkelanjutan. Pengukuran parameter ini bertujuan untuk mengidentifikasi variasi panjang dan bobot ikan, baik secara individu maupun dalam suatu populasi, sebagai indikator tingkat kegemukan, kondisi kesehatan, produktivitas, serta status fisiologis ikan, termasuk perkembangan gonad (Richter, 2007).

Selain itu, analisis panjang-berat juga berperan dalam menentukan faktor kondisi, yang merupakan parameter penting dalam studi pertumbuhan. Faktor ini memungkinkan perbandingan status kesehatan individu maupun populasi ikan (Everhart dan Young, 1981). Data hubungan antara panjang total dan berat tubuh sangat dibutuhkan dalam praktik pengelolaan perikanan (Zahid *et al.*, 2016). Informasi ini dapat dimanfaatkan untuk mengestimasi biomassa dari panjang tubuh, mengevaluasi kondisi tubuh ikan, membandingkan tingkat pertumbuhan antarwilayah pengelolaan, serta digunakan dalam studi reproduksi dan kebiasaan makan ikan.

Faktor-faktor yang memengaruhi nilai b dan pola hubungan panjang-berat mencakup umur ikan, musim, jenis kelamin, status reproduksi, ketersediaan pakan, serta kualitas habitat. Oleh karena itu, hubungan ini bersifat dinamis dan harus dievaluasi secara berkala dalam program pemantauan populasi ikan, baik di perairan budidaya maupun tangkap. Evaluasi hubungan panjang-berat menjadi alat diagnostik awal untuk memantau kesehatan populasi ikan secara keseluruhan.

8.5 Faktor Kondisi

Salah satu turunan penting dari konsep pertumbuhan ikan adalah faktor kondisi, yang juga dikenal sebagai indeks ponderal atau faktor K . Parameter ini menggambarkan sejauh mana ikan berada dalam kondisi fisik yang optimal untuk bertahan hidup dan melakukan reproduksi. Dalam konteks pemanfaatan komersial, faktor kondisi memiliki makna sebagai indikator

kualitas dan jumlah daging yang dapat dikonsumsi dari ikan tersebut. Dengan demikian, nilai kondisi ini memberikan informasi yang relevan baik dari sudut pandang biologi maupun komersial (Effendie, 1978; 1997).

Menurut Rahardjo et al. (2008), faktor kondisi menggambarkan tingkat kegemukan atau kemontokan tubuh ikan, yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan aspek biologis. Kajian terhadap parameter ini memiliki peran penting dalam memahami tahapan siklus hidup ikan dan mendukung pengelolaan populasi ikan secara berkelanjutan, sehingga turut menjaga keseimbangan ekosistem perairan. Indeks ini bekerja dengan membandingkan berat aktual ikan dengan berat teoritis yang diperoleh melalui persamaan panjang-berat. Dari sisi nutrisi, nilai faktor kondisi mencerminkan cadangan lemak tubuh serta perkembangan organ reproduksi, khususnya gonad.

Selama proses pertumbuhan, setiap peningkatan berat tubuh ikan biasanya diiringi dengan penambahan panjang, dengan rasio linier yang cenderung tetap. Dalam kondisi ideal, berat tubuh ikan diasumsikan sebanding dengan panjang tubuhnya yang dipangkatkan tiga, dan hubungan ini berlaku baik untuk ikan berukuran kecil maupun besar. Namun, jika terjadi perubahan berat tanpa diimbangi oleh pertambahan panjang, atau sebaliknya, maka keseimbangan rasio tersebut akan terganggu, yang ditunjukkan melalui perubahan nilai perbandingan tersebut.

Faktor kondisi dapat dihitung melalui rumus:

$$K = \frac{100 W (gram)}{L^3 (cm)}$$

W adalah berat tubuh ikan (gram) dan L adalah panjang total ikan (cm). Nilai K yang lebih tinggi menunjukkan kondisi tubuh yang lebih baik, sedangkan nilai yang lebih rendah dapat mengindikasikan stres lingkungan, kekurangan pakan, atau kondisi kesehatan yang buruk.

Dalam studi oleh Musyali et al. (2022), ikan selar kuning (*Selaroides leptolepis*) yang didaratkan di Pangkalan Pendaratan Ikan Tenda, Gorontalo, menunjukkan pola pertumbuhan alometrik

positif dengan nilai faktor kondisi berkisar antara 0,1259 hingga 3,3902. Variasi ini mencerminkan perbedaan kondisi fisiologis individu dalam populasi tersebut, yang dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti ketersediaan pakan dan kondisi lingkungan perairan. Penelitian ini menekankan pentingnya faktor kondisi sebagai indikator dalam pengelolaan sumber daya ikan pelagis kecil di wilayah tersebut.

Studi lain oleh Zulfahmi et al. (2024) pada ikan genus *Scarus* di perairan Pulau Weh, Aceh, menemukan bahwa ketiga spesies yang diteliti memiliki pola pertumbuhan alometrik negatif dengan nilai faktor kondisi berkisar antara 1,008 hingga 1,020. Nilai ini menunjukkan bahwa ikan-ikan tersebut berada dalam kondisi tubuh yang baik, meskipun pertumbuhan beratnya lebih lambat dibandingkan pertumbuhan panjangnya. Temuan ini penting dalam konteks konservasi, mengingat peran ekologis ikan *Scarus* dalam menjaga kesehatan ekosistem terumbu karang.

Penelitian oleh Asrial et al. (2021) terhadap ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Tanjung Luar, Lombok Timur, menunjukkan bahwa sebagian besar ikan memiliki nilai faktor kondisi di atas 1,0, dengan rata-rata nilai KKK sebesar 1,00. Hal ini mengindikasikan bahwa ikan-ikan tersebut berada dalam kondisi tubuh yang ideal, yang mencerminkan kualitas habitat yang mendukung pertumbuhan dan reproduksi mereka. Studi ini juga menyoroti pentingnya faktor kondisi dalam menilai kelayakan ikan sebagai calon induk dalam program budidaya berkelanjutan.

Secara umum, faktor kondisi dipengaruhi oleh berbagai faktor biotik dan abiotik, termasuk umur, jenis kelamin, musim, status reproduksi, ketersediaan pakan, dan kualitas lingkungan. Oleh karena itu, evaluasi faktor kondisi secara berkala penting dilakukan dalam program pemantauan populasi ikan, baik di perairan budidaya maupun tangkap. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan manajemen perikanan, seperti penentuan ukuran tangkap yang optimal, musim penangkapan yang tepat, dan strategi konservasi yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrial, M.A., Wahidah, S.N., Fitriyanti, F. & Arfiati, D., 2021. Hubungan panjang-berat dan faktor kondisi ikan tongkol lisong (*Auxis rochei*) di Pelabuhan Perikanan Tanjung Luar, Lombok Timur. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Perikanan dan Kelautan*, 6(2), pp.83–92. <https://doi.org/10.20473/jimnkp.v6i2.24623>
- Chadijah, A., Sulistiono, Haryani, G.S., Affandi, R. & Mashar, A., 2019. Distribusi ukuran, pola pertumbuhan, dan faktor kondisi ikan endemik Opudi (*Telmatherina prognatha*) di Danau Matano, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(4), pp.295–303. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/28045>
- Effendie, M.I., 1978. *Biologi Perikanan Bagian I*. Bogor: Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- Effendie, M.I., 1979. *Metoda Biologi Perikanan*. Bogor: Yayasan Dewi Sri.
- Effendie, M.I., 1997. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Effendie, M.I., 2002. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara.
- Froese, R., Tsikliras, A.C. & Stergiou, K.I., 2011. Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41(4), pp.261–263.
- Fuadi, Z., Dewiyanti, I. & Purnawan, S., 2016. Hubungan panjang berat ikan yang tertangkap di Krueng Simpoe, Kabupaten Bireun, Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1(1), pp.169–176. <https://jurnal.unsyiah.ac.id/KP/article/view/187864>
- Fujaya, Y., 2004. *Fisiologi Ikan: Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Kalesaran, O., Lumenta, C. & Mingkid, W., 2021. Pola pertumbuhan kerang mutiara *Pinctada margaritifera* di perairan Sulawesi Utara. *Jurnal Perikanan*, 11(2), pp.243–250. <https://doi.org/10.29303/jp.v11i2.260>

- Kantun, W. & Mallawa, A., 2016. *Biologi Tuna Madidihang (Thunnus albacares)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Merta, I.G.S., 1993. Hubungan panjang-berat dan faktor kondisi ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) dari perairan Selat Bali. *Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 73, pp.35–44.
- Moyle, P.B. & Cech, J.J., 1988. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Musyali, M., Laya, A., Wulandari, E. & Lahati, R., 2022. Hubungan panjang-berat dan faktor kondisi ikan selar kuning (*Selaroides leptolepis*) di Pangkalan Pendaratan Ikan Tenda, Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Agribisnis Perikanan*, 15(2), pp.132–139.
<https://ejurnalunsrat.unimed.ac.id/9247>
- Patanda, M. & Rahmani, U., 2018. Hubungan panjang-berat dan pola pertumbuhan ikan kakatua (*Chlorurus strongycephalus*) di Taman Nasional Wakatobi. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 9(2), pp.115–121.
<https://doi.org/10.24319/jtpk.9.2.115-121>
- Prihartiningsih, P., Edrus, I.N. & Sumiono, B., 2013. Biologi reproduksi, pertumbuhan dan mortalitas ikan ekor kuning (*Caesio cuning*) di perairan Natuna. *Jurnal BAWAL*, 5(2), pp.81–87.
- Rahardjo, M.F., Sjafei, D.S., Affandi, R. & Sulistiono, 2011. *Iktiologi*. Bandung: Lubuk Agung.
- Richter, T.J., 2007. Development and evaluation of standard weight equations for bridge-lip sucker and mountain sucker. *North American Journal of Fisheries Management*, 27(3), pp.936–939.
- Richter, T.J., 2007. Development and evaluation of standard weight equations for bridgelip sucker and largescale sucker. *North American Journal of Fisheries Management*, 27(3), pp.936–93
- Tamsil, A., Kordi, M.G.H., Yasin, H. & Ibrahim, T.A., 2019. *Biologi Perikanan*. Makassar: Lily Publisher
- Tutupoho, S.N.E., 2008. Pertumbuhan ikan motan (*Thynnichthys thynnoides*) di rawa banjiran Sungai Kampar Kiri, Riau.

Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan.

Wahyuningsih, H. & Barus, T.A., 2006. *Buku Ajar Ikhtiologi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Zahid, A., Simanjuntak, C.P.H., Lusiastuti, A.M., Rahardjo, M.F., Hadiaty, R.K., Hadie, W. & Hadie, L.E. (eds.), 2016. *Prosiding Seminar Nasional Ikan ke-9*. Cibinong: Masyarakat Ikhtiologi Indonesia, pp. 623–636.

Zulfahmi, M., Munandar, M. & Rizkiana, R., 2024. Analisis hubungan panjang-berat dan faktor kondisi ikan genus *Scarus* di perairan Pulau Weh, Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 9(1), pp.112–120. <https://jurnal.unsyiah.ac.id/20746>

BAB 9

CARA MENENTUKAN UMUR IKAN

Oleh Numisye Iske Mose

9.1 Pendahuluan

Ikan merupakan kelompok vertebrata terbesar dan paling beragam. Selain itu, ikan juga menjadi salah satu sumber protein yang paling penting bagi populasi manusia yang terus berkembang, serta memainkan peran yang sangat penting dalam ekosistem. Mengingat peran ekologis nya yang krusial dan penting sebagai sumber protein bagi manusia (Vieira, 2023)

Dalam pengelolaan perikanan penting untuk memahami tentang dinamika populasi ikan. Dalam cakupannya dinamika populasi antara lain ukuran ikan saat matang gonad pertama kali, durasi musim pemijahan, estimasi mortalitas, pertumbuhan dan umur ikan (Abdussamad, 2017). Pengetahuan mengenai hal-hal tersebut salah satunya mengetahui umur ikan akan berkaitan erat dengan pengelolaan sumber daya ikan di perairan. Pemanfaatan dan pengelolaan yang rasional dalam jangka panjang memerlukan informasi yang berkaitan dengan sumber daya, yang salah satunya adalah tinjauan parameter biologi dan populasi sebagai landasan pengelolaan jangka panjang (Asriyana, 2015). Informasi yang tepat dan akurat mengenai umur ikan menjadi dasar dalam merancang strategi pengelolaan dan konservasi (Abdussamad, 2017).

Pemahaman dinamika populasi ikan dapat diartikan sebagai suatu proses untuk menentukan tingkat pemanfaatan jangka panjang, mampu menghasilkan tangkapan maksimum secara berkelanjutan dalam satuan bobot (Muhsoni, 2019). Istilah "*dalam jangka panjang*" digunakan untuk menekankan bahwa meskipun hasil tangkapan yang tinggi dapat dicapai dalam satu tahun tertentu dengan meningkatkan intensitas penangkapan, kondisi tersebut sering kali diikuti oleh penurunan hasil pada tahun-tahun berikutnya akibat berkurangnya stok

sumber daya. Oleh karena itu, fokus utama dalam pengelolaan perikanan bukanlah pada pencapaian hasil tertinggi dalam satu tahun tertentu, melainkan pada penerapan strategi penangkapan yang dapat menjamin hasil tangkapan maksimum secara konsisten dari tahun ke tahun (Muhsoni, 2019)

Pada umumnya ikan memiliki kemampuan untuk terus tumbuh sepanjang hidupnya, selama kondisi lingkungan dan ketersediaan pakan mendukung. Meskipun laju pertumbuhan akan menurun seiring bertambahnya usia, ikan tetap menunjukkan pertumbuhan meski pada tingkat yang sangat lambat pada usia tua. Dengan kata lain, ikan memiliki pola pertumbuhan tidak terbatas atau *undeterminate growth*. Hal ini berbeda dengan burung dan mamalia, yang pertumbuhannya akan berhenti setelah mencapai ukuran dewasa atau saat memasuki kematangan seksual, yang dikenal sebagai pertumbuhan terbatas atau *determinate growth* (Tamsil *et al.*, 2019)

Ikan yang baru ditetaskan memiliki umur 0 hari (Muhsoni, 2019) sehingga larva berumur 7 hari artinya 7 hari setelah ditetaskan. Lama hidup ikan dihitung sejak ditetaskan sampai ikan itu mati. Umur ikan bervariasi setiap spesies. Masa hidup ikan dapat berumur pendek (1-2 tahun) seperti pada spesies *lamprey* dan ikan bertulang sejati sementara ikan yang berumur panjang (70- 152 tahun) contohnya hiu dan belut. Ikan mas juga dikenal memiliki umur panjang. Beberapa faktor yang mempengaruhi umur ikan antara lain ukuran ikan, jenis kelamin, suhu, makanan, reproduksi, usia saat matang gonad dan komposisi genetik (Das, 2009).

Ikan yang berumur panjang umumnya menunjukkan ciri-ciri tertentu, seperti secara filogenetik tergolong dalam kelompok ikan yang lebih primitif, memiliki gerakan yang lambat, hidup dalam dasar perairan atau daerah perairan dangkal, dilengkapi dengan alat pernapasan tambahan, serta mampu beradaptasi dengan baik terhadap perubahan ekstrem dalam kadar oksigen, suhu, dan salinitas (Tamsil *et al.*, 2019).

Menurut (Edwards *et al.*, 2019) dikatakan bahwa spesies ikan yang memiliki umur panjang umumnya menunjukkan

karakteristik sejarah hidup (*life history traits*) tertentu yang khas. Ciri-ciri tersebut meliputi pertumbuhan yang lambat, usia kematangan seksual yang relatif terlambat, serta tingkat fekunditas (jumlah telur yang dihasilkan) yang rendah. Kombinasi dari ketiga karakteristik ini menyebabkan laju pemulihan populasi yang lambat apabila terjadi penurunan jumlah individu, misalnya akibat aktivitas penangkapan atau perubahan lingkungan. Oleh karena itu, spesies-spesies ini cenderung memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap gangguan, baik yang bersifat alami maupun yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Salah satu contoh dari spesies ikan berumur panjang adalah *hiu Greenland* (*Somniosus microcephalus*) yang terlihat pada Gambar 9.1



Gambar 9.1. Ikan Hiu *Somniosus microcephalus*
(Sumber: <https://oceanconservancy.org/blog/2021/12/29/7-longest-living-ocean-animals>)

9.2 Cara Menentukan Umur Ikan

Untuk menentukan umur ikan dapat dilakukan melalui dua metode (Vitale F, Worsoe Clausen L and Ni Chonchuir G, 2019), antara lain:

1. Metode validasi secara langsung berupa pemberian tanda dan penangkaran

2. Metode validasi secara tidak langsung berupa analisis frekuensi panjang, mengamati struktur keras ikan.

9.2.1 Metode validasi secara langsung

Teknik berbasis individu yang memanfaatkan penanda waktu yang presisi pada struktur terklasifikasi, yang kemudian dibandingkan dengan tanda-tanda pertumbuhan lainnya pada struktur tersebut. Metode ini terdiri atas dua yaitu pemberian tanda dan penangkaran (Vitale F, Worsoe Clausen L and Ni Chonchuir G, 2019)

1. Pemberian tanda

Metode penandaan (*tagging*) dapat memberikan informasi mengenai umur ikan. Metode ini menjadi penting untuk populasi ikan yang hidup pada wilayah dengan pertumbuhan yang berlangsung terus-menerus sepanjang tahun, serta berguna apabila sejumlah besar ikan berhasil ditangkap kembali dalam interval tahunan.

Metode ini dilakukan dengan cara menangkap, menandai dan menangkap ikan kembali. Penanda ikan baik melalui penanda kimia seperti oksitetrasiklin (OTC) maupun penanda fisik. Ikan akan dilepaskan kembali ke habitat alaminya dengan harapan dapat ditangkap ulang nantinya (Vitale F, Worsoe Clausen L and Ni Chonchuir G, 2019)

Keberhasilan program penandaan sangat bergantung pada daya tahan fisik ikan, karena banyak ikan yang mengalami kematian tak lama setelah penangkapan. Kematian ini dapat disebabkan oleh kerusakan fisik selama proses penangkapan, stres fisiologis, atau peningkatan risiko predasi akibat penurunan kemampuan fisik setelah proses penandaan (Vitale F, Worsoe Clausen L and Ni Chonchuir G, 2019)

Dalam melakukan penandaan bagi ikan, perlu diingat bahwa pada umumnya ikan memiliki lapisan lendir sebagai pelindung pada tubuhnya, sehingga penanganan terhadap ikan harus dilakukan dengan tepat untuk meminimalkan kerusakan pada lapisan lendir tersebut. Sebagai contoh menggunakan jaring tanpa simpul yang dilapisi silikon,

menggunakan sarung tangan lateks atau bahan sejenis, melakukan pembiusan jika dibutuhkan, memberikan tambahan aerasi kepada ikan jika proses penanganan membutuhkan waktu yang lama, dan menggunakan peralatan yang bersih dan steril (Axelsson, Peterson and Grans, 2020)

Pemberian tanda untuk menduga umur ikan memiliki keunggulan dan kelemahan. Keuntungan metode ini memungkinkan para peneliti untuk memperoleh data usia yang akurat dan valid (Andrabi *et al.*, 2025) sementara kelemahan metode ini antara lain:

- a. Pada spesies ikan yang berumur panjang, studi mengenai penentuan usia memerlukan waktu yang cukup lama, bahkan sering kali berlangsung selama bertahun-tahun, untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan ilmiah yang bersifat spesifik. Proses ini tidak hanya membutuhkan ketekunan dalam pengumpulan data jangka panjang, tetapi juga menyebabkan peningkatan biaya penelitian secara signifikan (Khan and Khan, 2014).
- b. Hasil yang diperoleh sering kali kurang valid, karena ikan yang dibudidayakan atau diberi penanda menunjukkan laju pertumbuhan yang berbeda dibandingkan dengan ikan yang hidup secara alami atau tidak diberi penanda (Andrabi *et al.*, 2025)
- c. Ikan yang diberi tanda dapat mempengaruhi kemampuan reproduksi dan kelangsungan hidup ikan (Axelsson, Peterson and Grans, 2020)
- d. Pemberian tanda juga dapat mempengaruhi tingkah laku dan Kesehatan ikan. Contohnya pemberian tanda di luar tubuh ikan dapat meningkatkan hambatan air, yang dapat menurunkan kemampuan berenang ikan atau membuat ikan harus menggunakan lebih banyak energi. Lumut dapat tumbuh pada penanda eksternal seiring waktu, yang semakin meningkatkan hambatan air. Lebih lanjut disebutkan bahwa penanda eksternal dapat meningkatkan risiko ikan di mangsa oleh predator atau

memicu serangan dari ikan lain.(Axelsson, Peterson and Grans, 2020)

2. Penangkaran

Dibandingkan dengan teknik-teknik lainnya, pemeliharaan ikan dalam kondisi penangkaran sejak menetas baik di laboratorium maupun dalam mesokosma merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memvalidasi umur sebenarnya dari ikan. Meskipun demikian, metode ini memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian dengan pendekatan ini membutuhkan biaya yang tinggi untuk persiapan dan pelaksanaannya, serta sering kali tidak merepresentasikan kondisi lingkungan alami tempat ikan hidup. Akibatnya, struktur makroskopis otolit yang terbentuk pada ikan hasil penangkaran dapat berbeda dari struktur yang diamati pada ikan liar. Keuntungan teknik ini ialah keteraturan waktu pembentukan cincin pertumbuhan ikan pada masa juvenil dapat ditentukan (Vitale F, Worsoe Clausen L and Ni Chonchuir G, 2019)

9.2.2 Metode Validasi Tidak Langsung

1. Analisis Frekuensi Panjang

Analisis frekuensi panjang (*Length Frequency Analysis*) merupakan metode yang bersifat relatif umum, yang mengasumsikan bahwa setiap kelompok umur memiliki distribusi normal dalam frekuensi panjang dari seluruh populasi, dan bahwa setiap mode untuk kelompok umur tertentu muncul pada panjang tubuh yang jelas berbeda untuk setiap umur (Vitale F, Worsoe Clausen L and Ni Chonchuir G, 2019)

Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh C. G. Peterson pada tahun 1892, dia merupakan orang pertama yang mengidentifikasi bahwa mode dalam komposisi panjang tubuh berkorelasi dengan kelompok umur . Oleh karenanya karenanya dikenal sebagai metode Peterson (Andrabi et al., 2025)

Metode ini merupakan cara paling sederhana dan cepat untuk menentukan umur ikan, meskipun memiliki ketepatan yang tergolong rendah. Metode ini hanya dapat digunakan pada spesies yang memiliki musim pemijahan yang terbatas, sehingga ikan yang lahir pada satu musim pemijahan dapat dikenali sebagai satu mode dalam distribusi panjang yang polimodal. Mode dengan nilai terendah diidentifikasi sebagai kelompok umur 0 tahun. Mode berikutnya mewakili kelompok umur 1 tahun, 2 tahun, dan seterusnya (Abdussamad, 2017)

Penerapan metode ini hanya terbatas pada jenis ikan yang memiliki pola pemijahan tahunan yang teratur dan waktu pemijahan yang sudah diketahui. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk puncak dari distribusi frekuensi panjang ikan. Studi ini menggunakan parameter berupa panjang masing-masing ikan dibandingkan dengan jumlah ikan yang diamati (Khan and Khan, 2014)

Metode frekuensi panjang memberikan hasil yang baik pada kelompok ikan muda, namun seiring bertambahnya usia ikan, metode ini menjadi kurang efektif karena beberapa faktor yaitu ketika ikan mencapai kematangan seksual pertama, adanya dimorfisme seksual yang mengakibatkan laju pertumbuhan ikan menjadi lambat. Lebih lanjut hal tersebut menyebabkan beberapa puncak pada grafik menjadi saling berhimpitan dan menyatu, sehingga menyulitkan analisis grafik dan penyajian hasil secara akurat. Akibatnya perbedaan kelas umur secara individual menjadi sulit terbaca (Andrabi *et al.*, 2025)

Dalam praktiknya, distribusi frekuensi panjang dari ikan yang ditangkap dalam jangka waktu yang pendek mungkin akan digambarkan; semakin singkat periode waktu pengambilan sampel, semakin jelas mode yang dapat diidentifikasi. Rangkaian distribusi frekuensi panjang yang dikumpulkan secara berkala memungkinkan pelacakan perkembangan masing-masing mode seiring waktu (Abdussamad, 2017)

2. Penentuan umur ikan menggunakan struktur keras dari ikan

Ikan mengalami pertumbuhan secara terus-menerus, namun laju pertumbuhan tersebut dapat bervariasi tergantung waktu, musim, serta karakteristik habitat tempat ikan hidup. Bagian-bagian keras seperti tulang, duri, otolit, dan sisik juga ikut bertambah ukurannya seiring dengan pertumbuhan ikan. Pertumbuhan bagian keras ini terjadi melalui proses deposisi mineral pada matriks biologis. Perubahan dalam laju pertumbuhan sering kali tercermin dalam bentuk zona atau pita pada struktur keras tersebut. Melalui pengamatan dan penelusuran pola-pola ini, umur ikan dapat ditentukan. Selama fase pertumbuhan lambat, cincin atau pita pertumbuhan akan terbentuk berdekatan satu sama lain, sedangkan pada fase pertumbuhan cepat, cincin-cincin tersebut akan terbentuk lebih berjauhan (Abdussamad, 2017). Lebih lanjut dikatakan diantara berbagai struktur tersebut, bagian keras dianggap paling andal dalam penentuan umur, karena variabel lingkungan dan stres fisiologis memiliki pengaruh yang lebih kecil terhadap bagian ini, sehingga memungkinkan estimasi umur yang lebih akurat.

a. Otolit

Otolit merupakan unit mikrostruktur yang terdiri dari lapisan-lapisan kristal kalsium karbonat (CaCO_3) sebagai komponen utama, yang umumnya berbentuk aragonit dan deposit garam (Wujdi et al., 2019). Kemudian lapisan kristal karbonat tersebut akan mengendap secara periodik pada matriks organik. Lapisan tersebut merupakan struktur yang memiliki dua bagian yang disebut sebagai zona *inkremental*. Zona tersebut terbentuk dalam 24 jam yang terdiri atas zona *inkremen* dan zona *diskontinus* (Suharti, 2002).

Kedua zona ini jika diamati akan terlihat sebagai dua garis yang berdekatan yakni materi yang terang dan materi yang gelap. Zona terang atau *inkremental* akan terlihat lebar dan transparan sedangkan zona gelap atau

diskontinus akan terlihat relative sempit dan berwarna gelap (Suharti, 2002)

Pembentukan zona gelap dan zona terang pada struktur tubuh ikan sangat berkaitan dengan ritme metabolisme yang dipengaruhi oleh variasi intensitas cahaya. Pada siang hari, ketika cahaya terang dan suhu lingkungan meningkat, aktivitas metabolisme ikan juga mengalami peningkatan. Hal ini mendorong peningkatan deposisi protein dan kalsium, yang kemudian membentuk zona terang. Sebaliknya, saat intensitas cahaya menurun dan suhu lingkungan menjadi lebih rendah, laju metabolisme ikan akan menurun, yang menyebabkan terbentuknya zona gelap (Habibie, Djumanto and Rustadi, 2015)

Fungsi otolit pada ikan antara lain mengatur keseimbangan, pendengaran, koordinasi arah renang, dan orientasi (Wujdi, Agustina and Jatmiko, 2019). Pada umumnya ikan bertulang sejati membutuhkan otolit untuk menjaga keseimbangan dan sebagai detektor arah serta suara (Baweleng, Manginsela and Sangari, 2018).



Gambar 9.2. Bentuk otolit Ikan layang Jantan (kiri) dan betina (kanan)

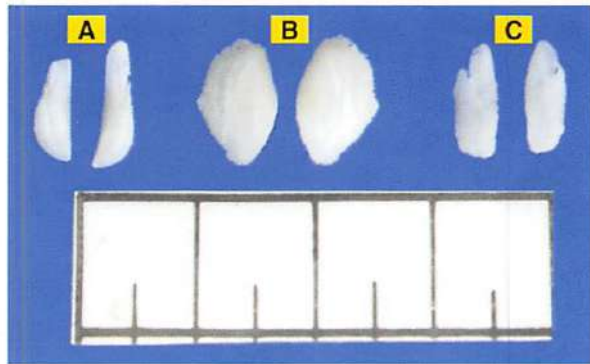
Sumber: (Baweleng, Manginsela and Sangari, 2018)

Otolit setiap spesies bentuknya spesifik dan terdiri dari 3 pasang yang masing masing mempunyai

perbedaan karakteristik tersendiri yang mempengaruhi kegunaan dalam menentukan umur. Pasangan terbesar disebut *sagita*, diikuti oleh *lapis* sedangkan pasangan terkecil disebut *asteriskus*. Untuk menentukan umur ikan, otolit yang sering digunakan adalah *sagita* dan *lapis*. *Sagita* umumnya mempunyai inkremen yang lebar, sehingga lebih sering dipilih untuk menentukan umur ikan yang pertumbuhannya lambat (ikan yang berumur panjang). Sedangkan inkremen pada *lapis* umumnya lebih sempit, sehingga membutuhkan keakuratan yang tinggi dalam membacanya (Suharti, 2002)

Analisis otolit merupakan metode yang dapat digunakan untuk menentukan umur ikan bertulang sejati pada berbagai tahapan usia. Tahap larva dan juvenil merupakan fase awal perkembangan ikan yang sangat penting, karena berperan langsung terhadap laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup pada tahap kehidupan berikutnya. Penentuan umur pada stadia larva dan juvenil dapat dilakukan secara lebih akurat dengan menghitung jumlah cincin harian yang terbentuk pada otolit. Dengan mengetahui umur ikan, dapat juga menelusuri fase ontogenik sebelumnya, seperti waktu terjadinya pemijahan, proses pengeraman, hingga saat penetasan (Habibie, Djumanto and Rustadi, 2015)

Untuk mengambil otolit harus dilakukan secara berhati-hati serta diperlukan keahlian, pengalaman dan kesabaran, Pengambilan otolit harus dilakukan pada ikan segar bukan ikan beku. Bentuk otolit setiap ikan berbeda-beda contohnya otolit ikan kakap merah otolitnya lebih besar dan kuat dibandingkan dengan otolit ikan kerapu dan tuna (Mujimin, 2005), pada Gambar 9.2 terlihat bentuk dari otolit ikan layang sementara Gambar 9.3 menunjukkan perbedaan otolit tiga jenis ikan.



Gambar 9.3. Otolit ikan tuna (A), ikan kakap merah (B), dan ikan kerapu sunu (C). Sumber: (Mujimin, 2005)

b. Sisik

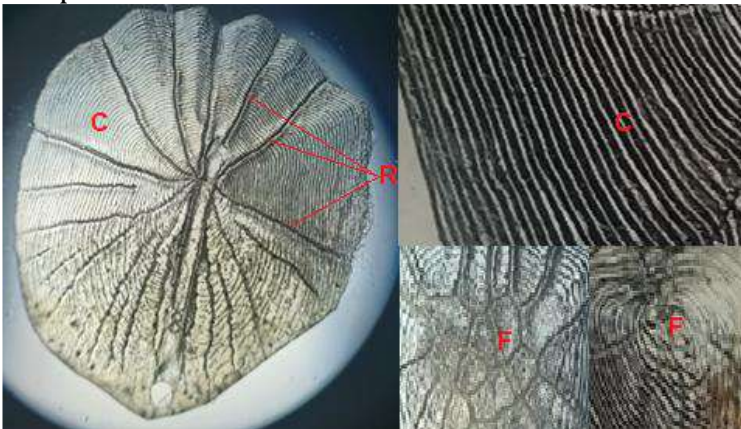
Sisik merupakan struktur bertulang yang menutupi tubuh ikan dan tumbuh dari kantung-kantung kecil di kulit. Lapisan luar dari epidermis menutupi bagian atas sisik. Sisik-sisik ini membentuk lapisan pelindung luar tubuh ikan dan akan bertambah besar seiring dengan pertumbuhan ikan. Fungsi sisik ikan sebagai pelindung tubuh, serta mendukung pergerakan dan adaptasi lingkungan (Hasyim *et al.*, 2023). Meskipun mengalami kerusakan selama proses pertumbuhan, jumlah sisik pada umumnya tetap konstan sepanjang hidup ikan (Andrabi *et al.*, 2025)

Bentuk sisik bervariasi tergantung pada jenis ikan dan bentuk tubuhnya. Sisik pada dasarnya merupakan struktur yang hampir dua dimensi. Bagian anterior sisik terdiri atas serangkaian *sclerite* yang tersusun dalam pola teratur dan memancar dari pusat sisik (Abdussamad, 2017)

Sisik yang terletak pada bagian bahu ikan, yaitu antara kepala dan sirip punggung, merupakan bagian yang paling cocok digunakan untuk penentuan umur. Karena sisik merupakan struktur yang tipis, umumnya tidak memerlukan perlakuan khusus sebelum diamati; cukup dibersihkan terlebih dahulu sebelum disimpan.

Untuk pembacaan umur, sisik yang telah dipasang pada kaca objek diletakkan pada meja mikroskop dengan pembesaran rendah. Besaran pembesaran yang digunakan bergantung pada ukuran sisik; secara umum, pembesaran serendah mungkin lebih disarankan agar keseluruhan pola sisik dapat diamati dengan jelas (Abdussamad, 2017)

Penelitian yang dilakukan (Hasyim *et al.*, 2023) menunjukkan pengamatan terhadap sisik ikan wader bintang terlihat dalam Gambar 9.4 terdapat tiga bagian dalam sisik ikan. Tanda C menggambarkan *Circuli* yang dipisahkan oleh ruas antar sirkuler sehingga terdapat ruangan tertentu antar-*circuli* satu dengan yang lainnya. Jarak antar-*circuli* akan mempengaruhi pelebaran pada sisik. Lebih lanjut dijelaskan bahwa bahwa pertumbuhan jarak antar-*circuli* dapat dipengaruhi oleh musim. Pertumbuhan *circuli* pada musim panas akan lebih cepat serta jarak *circuli* lebih lebar, sedangkan selama musim dingin *circuli* tumbuh lebih lambat dan berdampak terhadap jarak *circuli* lebih sempit. Selama pertumbuhan tahunan, penambahan *circuli* dengan jarak antar-*circuli* dengan lebar dan sempit dapat digunakan untuk memprediksi usia ikan.



Gambar 9.4. Bagian-bagian sisik; *circuli* (C), *radii* (R), *focus* (F) ikan Wader Bintang. Sumber : (Hasyim *et al.*, 2023)

c. Operkulum

Penggunaan tulang operkulum untuk penentuan umur terbukti memberikan hasil yang lebih baik pada ikan-ikan yang umumnya hidup dalam perairan beriklim sedang. Metode ini dianggap lebih memuaskan dibandingkan metode lain yang menggunakan sisik, tulang belakang, atau duri. Tulang operkulum menunjukkan adanya struktur menyerupai cincin yang dianggap sebagai tanda tahunan, sehingga dapat digunakan untuk menentukan umur ikan (Andrabi *et al.*, 2025)

Metode berikut digunakan untuk memperkirakan umur ikan berdasarkan tulang operkulum:(Andrabi *et al.*, 2025)

1. Operkulum diambil dengan menggunakan pisau bedah
2. Operkulum kemudian direndam dalam air panas untuk menghilangkan lapisan epidermis.
3. Tulang yang telah dibersihkan dikeringkan dan disimpan dalam amplop tertutup rapat.

Untuk pembacaan umur, operkulum ditempatkan pada wadah yang berlatar belakang gelap dan diterangi dari belakang dengan sumber cahaya yang tajam, sehingga cincin pertumbuhan dapat terlihat dengan jelas

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussamad, E.M. (2017) *AGE DETERMINATION IN FISHES*. Available at: <https://eprints.cmfri.org.in/12187/1/26-Age%20determination%20in%20fishes.pdf> (Accessed: 29 May 2025).
- Andrabi, S. *et al.* (2025) *Different Methods of Age Determination in Fishes*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/389289130>.
- Asriyana (2015) *Pertumbuhan dan faktor kondisi ikan siro, Sardinella atricauda, Gunther 1868 (Pisces: Clupeidae) di Perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara*.
- Axelsson, M., Peterson, E. and Grans, A. (2020) *Fish identification, marking and tagging methods*. Available at: <https://jordbruksverket.se/download/18.439d53c71803f95f84911e2a/1701887752470/Fish-identification-marking-and-tagging-methods-tga.pdf> (Accessed: 31 May 2025).
- Baweleng, S., Manginsela, F.B. and Sangari, J.R.R. (2018) 'STUDI OTOLITH IKAN LAYANG, Decapterus akaadsi Abe 1958 DARI PERAIRAN TELUK AMURANG', *Jurnal Ilmiah Platax*, 6(2).
- Das, M. 2009. Ages Determination and Longevity in Fishes. *Gerontology* (1994) 40 (2-4): 70-96. <https://karger.com/ger/article-abstract/40/2-4/70/146530/Age-Determination-and-Longevity-in-Fishes>
- Edwards, J.E. *et al.* (2019) 'Advancing research for the management of long-lived species: A case study on the Greenland Shark', *Frontiers in Marine Science*. Frontiers Media S.A. Available at: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00087>.
- Muhsoni, F. (2019) *DINAMIKA POPULASI IKAN (PEDOMAN PRAKTIKUM DAN APLIKASINYA)*. Madura: UTM Press
- Habibie, S., Djumanto and Rustadi (2015) 'Penggunaan otolit untuk penentuan umur dan waktu pemijahan ikan red devil, *Amphilophus labiatus* [Günther, 1864] di Waduk

- Sermo, Yogyakarta', *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 15(2), pp. 87–98.
- Hasyim, A. *et al.* (2023) 'Identifikasi Karakteristik Penebalan dan Jarak Antar-circuli pada Sisik Ikan Wader Bintik (*Barbodes binotatus*)', *Biosfer, J. Bio & Pend. Bio*, 8(1), pp. 6–13.
- Khan, S. and Khan, M.A. (2014) *Importance of age and growth studies in fisheries management*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/303897650>.
- Mujimin (2005) 'Teknik Pengambilan Otolit', *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 4, pp. 33–35.
- Suharti, R. (2002) 'MENENTUKAN UMUR IKAN MELALUI MIKROSTRUKTUR OTOLIT', *Oseana*, XXVII(1), pp. 1–8. Available at: www.oseanografi.lipi.go.id.
- Tamsil, A. *et al.* (2019) *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Lily Publisher
- Vieira, A.R. (2023) 'Assessment of Age and Growth in Fishes', *Fishes*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). Available at: <https://doi.org/10.3390/fishes8100479>.
- Vitale F, Worsoe Clausen L and Ni Chonchuir G (2019) 'Handbook of fish age estimation protocols and validation methods', *ICES Cooperative Research Report* [Preprint], (346). Available at: <https://doi.org/10.17895/ices.pub.5221>.
- Wujdi, A., Agustina, M. and Jatmiko, I. (2019) 'Indeks bentuk otolit ikan cakalang, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) dari Samudra Hindia', *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(2), p. 151. Available at: <https://doi.org/10.32491/jii.v18i2.312>.

BAB 10

KONSEP DINAMIKA POPULASI IKAN

Oleh Ully Wulandari

10.1 Definisi

Dalam konteks ilmiah, istilah dinamika merujuk pada proses perubahan atau pergerakan yang berlangsung dalam suatu sistem sebagai hasil dari interaksi berbagai faktor yang memengaruhinya. Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) mendefinisikan dinamika sebagai perubahan atau gerakan yang terjadi dalam suatu sistem atau proses, yang dipicu oleh interaksi antara sejumlah faktor yang saling berkaitan.

Sementara itu, dalam kajian ekologi, populasi diartikan sebagai sekelompok individu yang berasal dari spesies yang sama, yang menempati suatu area geografis tertentu dalam waktu yang sama, serta memiliki kemampuan untuk berinteraksi dan bereproduksi. Definisi ini sejalan dengan pendapat Odum (1971), yang menyatakan bahwa populasi merupakan kumpulan individu dari spesies yang sama yang hidup di suatu wilayah pada saat tertentu dan berfungsi sebagai satu unit dalam komunitas biotik.

Adapun dinamika populasi merupakan bidang studi dalam ilmu ekologi yang berfokus pada perubahan dalam ukuran, struktur usia, serta distribusi spasial suatu populasi dari waktu ke waktu. Perubahan ini dipengaruhi oleh berbagai proses biologis maupun faktor lingkungan. Begon, Townsend, dan Harper (2006) menjelaskan bahwa dinamika populasi mencerminkan kajian ilmiah mengenai ukuran dan komposisi usia suatu populasi sebagai suatu sistem yang dinamis, serta berbagai proses ekologis dan biologis yang menjadi penggerakannya.

Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*) dalam konteks perikanan:

“Population dynamics refer to the study of changes in the number and composition of individuals in fish stocks over time, due to births, deaths, immigration, and emigration, especially as affected by fishing”.

Dinamika populasi ikan merupakan bagian integral dari kajian ekologi perairan dan dasar ilmiah bagi pengelolaan sumber daya perikanan. Populasi ikan tidak bersifat statis, melainkan terus berubah dalam ruang dan waktu. Perubahan ini dipengaruhi oleh serangkaian faktor yang dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu faktor biotik dan faktor abiotik.

1. Faktor Biotik

Faktor biotik mencakup seluruh bentuk interaksi antarorganisme dalam suatu komunitas perairan yang dapat memengaruhi kelangsungan dan dinamika populasi ikan. Tiga bentuk interaksi biotik utama yang sering diamati dalam ekosistem akuatik adalah predasi, kompetisi, serta gangguan akibat penyakit dan parasit.

a. Predasi

Dalam ekosistem laut tropis seperti Laut Jawa dan perairan Indonesia timur, ikan-ikan menempati berbagai tingkat trofik, dari herbivora hingga predator puncak. Spesies predator seperti kerapu (*Epinephelus spp.*) dan kakap (*Lutjanus spp.*) berperan penting dalam mengendalikan populasi mangsa seperti ikan-ikan kecil dan krustasea. Namun, tekanan penangkapan yang tinggi terhadap predator komersial ini dapat menyebabkan penurunan populasi mereka. Ketidakseimbangan tersebut berpotensi menyebabkan ledakan populasi mangsa yang tidak terkendali, yang pada akhirnya dapat mengubah struktur komunitas dan memicu degradasi ekosistem (Walters & Martell, 2004).

b. Kompetisi

Persaingan antarikan untuk mendapatkan ruang, makanan, dan pasangan kawin merupakan bagian penting dari dinamika populasi. Di perairan pesisir seperti Segara Anakan atau Teluk Bone, kompetisi sering

terjadi antara spesies-spesies demersal seperti ikan manyung (*Arius spp.*), ikan duri (*Plotosus spp.*), dan ikan sembilang, yang memperebutkan sumber makanan benthik. Ketika ketersediaan sumber daya menurun, baik karena musim atau tekanan lingkungan, kompetisi menjadi lebih intens, terutama dalam kompetisi intraspesifik. Situasi ini dapat membatasi pertumbuhan populasi, menurunkan keberhasilan reproduksi, dan bahkan menyebabkan migrasi ke habitat lain (Begon et al., 2006).

c. Penyakit dan Parasit

Organisme patogen seperti virus, bakteri, dan parasit merupakan faktor biotik yang dapat menyebabkan penurunan tajam dalam kelangsungan hidup populasi ikan. Contohnya, di beberapa kawasan budidaya di Indonesia seperti di Sulawesi Selatan dan Lampung, serangan penyakit seperti *Viral Nervous Necrosis* (VNN) pada ikan kerapu dan infeksi parasit *Neobenedenia* sering menyebabkan kematian massal, terutama dalam kondisi lingkungan yang buruk atau padat tebar tinggi. Selain menurunkan tingkat kelangsungan hidup, infeksi kronis juga dapat menurunkan performa pertumbuhan dan tingkat keberhasilan reproduksi populasi liar maupun budidaya.

2. Faktor Abiotik

Faktor abiotik adalah elemen fisik dan kimia lingkungan yang membentuk batasan ekologis populasi ikan:

- a. Suhu air: Memengaruhi laju metabolisme, pertumbuhan, dan waktu pemijahan. Setiap spesies ikan memiliki ambang suhu optimal (Magnuson et al., 1979).
- b. Salinitas: Spesies euryhaline (seperti ikan bandeng) mampu mentoleransi fluktuasi salinitas, tetapi sebagian besar spesies memiliki rentang toleransi terbatas.
- c. Ketersediaan habitat: Terumbu karang, padang lamun, dan ekosistem mangrove adalah habitat penting bagi berbagai fase hidup ikan. Degradasi habitat

menyebabkan penurunan kapasitas daya dukung ekosistem (Mumby et al., 2007).

- d. Oksigen terlarut dan kualitas air: Parameter kualitas air lainnya seperti kadar nutrien, polutan, dan tingkat sedimentasi juga memengaruhi kelangsungan hidup dan keberhasilan reproduksi ikan.

Pemahaman terhadap dinamika populasi sangat penting dalam menentukan strategi pengelolaan perikanan yang berkelanjutan. Misalnya, konsep *Maximum Sustainable Yield* (MSY), yaitu hasil tangkapan maksimum yang masih dapat dipertahankan dari suatu stok ikan tanpa menyebabkan penurunan populasi jangka panjang, sangat bergantung pada informasi dinamika populasi seperti pertumbuhan, rekrutmen, dan mortalitas (Hilborn & Walters, 1992).

Pendekatan ekologi populasi juga menjadi dasar dalam penerapan model matematis untuk memperkirakan perubahan populasi dari waktu ke waktu. Ini mencakup model stok-rekrutmen (seperti *Beverton-Holt* dan Ricker), kurva pertumbuhan (seperti von *Bertalanffy*), dan model logistik. Data populasi yang akurat dibutuhkan untuk merancang kebijakan pengelolaan zona penangkapan, musim penangkapan, hingga penetapan ukuran tangkapan minimum.

10.2 Konsep Dasar Dinamika Populasi

Populasi ikan dapat didefinisikan sebagai sekelompok individu yang berasal dari spesies yang sama dan menempati suatu habitat perairan tertentu, di mana mereka hidup secara bersamaan dan melakukan interaksi satu sama lain, baik dalam konteks ekologi maupun reproduksi. Populasi ini tidak bersifat statis, melainkan mengalami perubahan dari waktu ke waktu akibat berbagai proses ekologis. Studi tentang perubahan ini dikenal sebagai dinamika populasi, yang menjadi dasar dalam memahami produktivitas stok ikan dan strategi pengelolaannya.

Perubahan jumlah populasi dalam satuan waktu (misalnya per tahun atau per musim) dipengaruhi oleh empat proses utama:

1. Laju Kelahiran (Natalitas)

Natalitas adalah jumlah individu baru (biasanya larva atau juveniles) yang ditambahkan ke dalam populasi sebagai hasil dari reproduksi. Faktor-faktor yang memengaruhi natalitas antara lain:

- a. Ukuran dan usia kematangan gonad (umur pertama kali matang seksual),
- b. Frekuensi dan musim pemijahan,
- c. Fekunditas (jumlah telur yang dihasilkan),
- d. Tingkat keberhasilan penetasan dan kelangsungan hidup larva.

Pada ikan tropis seperti kerapu (*Epinephelus* spp.), pemijahan bisa bersifat musiman dan dipicu oleh faktor suhu, fase bulan, dan arus (Sadovy de Mitcheson et al., 2013). Oleh karena itu, memahami natalitas penting dalam menentukan waktu penutupan musim tangkap untuk melindungi pemijahan.

2. Laju Kematian (Mortalitas)

Mortalitas adalah jumlah individu yang mati dalam suatu periode. Terdapat dua jenis mortalitas utama:

- a. Mortalitas alami (M): kematian akibat predasi, penyakit, usia tua, atau kondisi lingkungan (misalnya, kekurangan oksigen).
- b. Mortalitas karena penangkapan (F): kematian yang terjadi akibat aktivitas perikanan.

Total mortalitas (Z) dalam populasi ikan biasanya dihitung dengan:

$$Z = M + F$$

Pemahaman tentang mortalitas sangat penting dalam menilai apakah penangkapan yang dilakukan berada pada tingkat berkelanjutan atau sudah melebihi kemampuan populasi untuk pulih.

3. Imigrasi

Imigrasi adalah masuknya individu dari wilayah lain ke dalam populasi yang sedang diamati. Pada beberapa spesies ikan, seperti kerapu, imigrasi terjadi saat fase juvenil

berpindah dari habitat pelindung (mangrove atau lamun) ke habitat terumbu dewasa. Imigrasi berperan penting dalam:

- a. Menjaga keberlanjutan populasi lokal,
- b. Meningkatkan keanekaragaman genetik (gene flow),
- c. Menyeimbangkan tekanan penangkapan antarwilayah.

4. Emigrasi

Emigrasi adalah keluarnya individu dari populasi ke wilayah lain. Ini bisa bersifat permanen atau sementara (musiman), misalnya ikan berpindah untuk mencari tempat pemijahan atau sumber makanan. Emigrasi dapat memengaruhi hasil tangkapan lokal karena:

- a. Penurunan ketersediaan stok di satu wilayah,
- b. Ketergantungan wilayah tertentu pada suplai dari populasi lain (*sink-source dynamics*).

Pendekatan yang umum digunakan untuk merepresentasikan perubahan populasi ikan dari waktu ke waktu adalah melalui model matematis:

$$N_{t+1} = N_t + B - D + I - E$$

di mana:

- N : jumlah populasi
B : kelahiran
D : kematian
I : imigrasi
E : emigrasi

Model Populasi Terbuka vs Tertutup

1. Model terbuka: mempertimbangkan semua variabel, termasuk migrasi (I dan E), cocok untuk populasi ikan laut seperti kerapu yang memiliki mobilitas tinggi.
2. Model tertutup: mengasumsikan tidak ada migrasi ($I = E = 0$), hanya mempertimbangkan B dan D, cocok untuk simulasi laboratorium atau habitat terisolasi.

Relevansi dalam Pengelolaan

Jika $B+I > D+E$, maka populasi bertumbuh.

Jika $B+I < D+E$, maka populasi menurun.

Jika seimbang, populasi dalam kondisi stabil.

Model ini menjadi dasar bagi penilaian stok ikan (*stock assessment*), prediksi hasil tangkapan, dan penentuan kebijakan seperti kuota tangkap, penutupan musim, atau penetapan zona larang tangkap.

10.3 Struktur Umur dan Pertumbuhan

Dalam dinamika populasi ikan, struktur umur dan laju pertumbuhan merupakan parameter biologis yang sangat penting karena keduanya menentukan kapasitas reproduktif, tingkat mortalitas, serta produktivitas populasi secara keseluruhan. Struktur umur berperan penting dalam penilaian dinamika populasi karena memberikan gambaran tentang tingkat rekrutmen, potensi reproduksi, dan pola mortalitas alami (Sparre & Venema, 1998).

Struktur umur adalah distribusi jumlah individu dalam suatu populasi berdasarkan kelompok umur (*age classes atau cohorts*). Umumnya, kelas umur ikan dinyatakan dalam satuan tahunan, seperti 0+, 1+, 2+, dan seterusnya yang masing-masing menunjukkan usia ikan dalam tahun (King, 2007). Struktur umur digunakan untuk:

1. Menilai produktivitas stok: Ikan usia matang gonad biasanya berkontribusi paling besar pada pemijahan.
2. Memahami tingkat mortalitas: Umumnya, mortalitas alami tinggi pada usia muda dan menurun seiring bertambahnya umur.
3. Menentukan strategi penangkapan: Informasi ini membantu menetapkan ukuran minimum tangkap yang rasional agar ikan sempat berkembang biak sebelum tertangkap.

Umur ikan umumnya ditentukan melalui analisis struktur keras seperti otolit (tulang telinga), sisik, spina (duri sirip), atau vertebra (King, 2007). Cincin pertumbuhan tahunan (*annuli*) yang terbentuk pada struktur tersebut digunakan untuk mengestimasi umur individu, mirip dengan pembacaan cincin pada batang pohon (Pauly, 1984). Informasi umur ini digunakan dalam pengelolaan perikanan, antara lain untuk menetapkan

ukuran minimum tangkap agar ikan memiliki kesempatan memijah setidaknya satu kali sebelum ditangkap (Hilborn & Walters, 1992).

Pertumbuhan ikan merupakan proses peningkatan ukuran tubuh (panjang atau berat) seiring waktu, dan termasuk dalam pertumbuhan indeterminate, yaitu ikan terus tumbuh sepanjang hidupnya, meskipun laju pertumbuhan menurun seiring bertambahnya umur (King, 2007).

Laju pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang dapat diklasifikasikan menjadi faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal mencakup aspek-aspek seperti faktor genetik, jenis kelamin, regulasi hormon, serta kondisi fisiologis individu ikan (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008). Sementara itu, faktor eksternal meliputi kondisi lingkungan tempat ikan hidup, seperti suhu perairan, tingkat salinitas, ketersediaan sumber makanan, serta kepadatan populasi yang dapat memengaruhi kompetisi dan stres (Pauly, 1984). Pertumbuhan ikan memiliki implikasi besar terhadap tingkat reproduksi, biomassa populasi, serta produktivitas perikanan. Oleh karena itu, model pertumbuhan menjadi komponen utama dalam analisis stok ikan. Populasi ikan umumnya dikelompokkan berdasarkan kelas umur yang berperan dalam menentukan:

1. Potensi reproduksi
2. Mortalitas alamiah
3. Laju pertumbuhan

Model pertumbuhan ikan yang banyak diaplikasikan dalam studi ekologi dan perikanan adalah model von Bertalanffy, dengan rumus:

$$L(t) = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

di mana:

$L(t)$: panjang ikan pada umur t ,

L_{∞} : adalah panjang maksimum asimptotik,

K : adalah konstanta pertumbuhan,

t_0 : adalah umur teoritis saat panjang ikan = 0

Model pertumbuhan yang dikembangkan oleh von

Bertalanffy pada tahun 1938 merupakan suatu pendekatan biologis yang menggambarkan pola pertumbuhan organisme hidup, termasuk ikan. Dalam penerapannya pada ikan, model ini menjelaskan bahwa pertumbuhan berlangsung dengan cepat pada tahap awal kehidupan, kemudian melambat secara bertahap ketika ikan mendekati ukuran maksimalnya, yang dilambangkan dengan parameter L_{∞} (Pauly, 1984). Pemahaman terhadap parameter-parameter dalam model von Bertalanffy sangat krusial dalam evaluasi stok ikan. Parameter L_{∞} merepresentasikan ukuran maksimal yang dapat dicapai secara biologis oleh suatu spesies ikan, sedangkan parameter k menunjukkan laju pertumbuhan ikan menuju ukuran tersebut. Parameter waktu awal (t_0), biasanya bernilai negatif karena ukuran ikan saat menetas tidak benar-benar nol, melainkan memiliki panjang awal tertentu (Sparre & Venema, 1998).

Contoh Aplikasi: Kerapu di Laut Jawa

Pada spesies kerapu *Epinephelus fuscoguttatus* yang ditemukan di perairan Laut Jawa, beberapa studi menunjukkan nilai parameter pertumbuhan sebagai berikut:

1. L_{∞} berkisar antara 75–80 cm,
2. k antara 0,12–0,20 per tahun,
3. t_0 berkisar -0,5 hingga -1,0 tahun (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008).

Nilai-nilai ini mencerminkan bahwa kerapu tumbuh relatif lambat dan baru mencapai kematangan gonad pada usia sekitar 4–5 tahun. Karakter ini menjadikan kerapu sangat rentan terhadap eksploitasi berlebihan, sehingga strategi pengelolaan yang konservatif sangat dibutuhkan (King, 2007).

10.4 Rekrutmen

Rekrutmen dalam ekologi perikanan merujuk pada proses masuknya individu muda ke dalam kelompok populasi yang aktif secara ekologis atau tersedia untuk penangkapan (Fogarty et al., 2001). Dalam konteks dinamika populasi, rekrutmen adalah salah satu komponen vital yang menghubungkan antara

reproduksi dan pertumbuhan stok masa depan (Hilborn & Walters, 1992). Proses ini menentukan seberapa besar kontribusi generasi baru terhadap kelangsungan populasi dan menjadi faktor krusial dalam keberlanjutan usaha perikanan.

Rekrutmen umumnya didefinisikan berdasarkan ukuran atau umur minimum saat individu mulai dianggap sebagai bagian dari stok yang dapat dieksploitasi (*exploitable stock*). Pada ikan demersal seperti kerapu (*Epinephelus spp.*), rekrutmen biasanya terjadi setelah larva dan juvenil bertahan dari fase awal hidup yang sangat rentan, dan mulai mendiami habitat dasar laut yang lebih stabil (Sadovy de Mitcheson & Liu, 2008). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Rekrutmen

Rekrutmen bukanlah proses deterministik, melainkan dipengaruhi oleh banyak faktor yang bersifat stokastik dan kompleks. Beberapa faktor utama yang memengaruhi tingkat rekrutmen antara lain:

1. Lingkungan fisik, seperti suhu, salinitas, arus, dan kualitas habitat asuhan (*nursery habitat*), yang memengaruhi kelangsungan hidup larva dan juvenil (Cury & Roy, 1989).
2. Ketersediaan makanan, terutama plankton sebagai pakan larva ikan, sangat menentukan tingkat kelangsungan hidup pada fase awal (Houde, 1987).
3. Kepadatan populasi induk, karena kerapatan stok pemijahan yang terlalu tinggi atau rendah dapat memengaruhi keberhasilan reproduksi dan kompetisi antar larva (Myers & Barrowman, 1996).
4. Predasi, baik terhadap telur, larva, maupun juvenil, dapat menyebabkan variabilitas tinggi dalam jumlah individu yang berhasil direkrut (Bailey & Houde, 1989).

Dalam rangka memahami keterkaitan antara jumlah induk pemijah dan jumlah anakan (rekrut) yang berhasil bertahan hidup, telah dikembangkan beberapa model matematis klasik. Dua model yang sering dipakai untuk memodelkan hubungan tersebut adalah model Ricker dan Beverton-Holt.

1. Model Ricker

Model Ricker (1954) merepresentasikan hubungan rekrutmen yang menurun setelah stok induk mencapai kepadatan tertentu, akibat adanya kompetisi intra-spesifik atau kepadatan yang menyebabkan penurunan produktivitas:

$$R = aSe^{-bs}$$

Dimana:

R : jumlah rekrut,

S : stok induk (spawning stock biomass),

a : parameter produktivitas maksimum,

b : parameter kepadatan yang menggambarkan efek negative dari stok induk tinggi terhadap rekrutmen.

Model ini cocok untuk spesies yang mengalami penurunan rekrutmen saat stok induk sangat tinggi karena terbatasnya sumber daya (Ricker, 1954).

2. Model Beverton-Holt

Model Beverton-Holt (1957) menggambarkan hubungan rekrutmen yang cenderung mencapai nilai maksimum (asymptote) saat stok induk meningkat. Tidak ada penurunan rekrutmen pada kepadatan tinggi, tetapi peningkatan rekrutmen akan melambat seiring bertambahnya stok:

$$R = \frac{aS}{1 + bs}$$

Dimana:

R : rekrutmen,

S : stok induk,

a : tingkat rekrutmen maksimum per unit stok,

b : parameter saturasi yang menunjukkan seberapa cepat rekrutmen mendekati maksimum.

Model ini sering digunakan dalam evaluasi stok untuk spesies dengan pola reproduksi yang lebih stabil atau tahan terhadap variasi lingkungan (Beverton & Holt, 1957).

10.5 Kapasitas Daya Dukung dan Keseimbangan Populasi

Kapasitas daya dukung (*carrying capacity*), dilambangkan dengan K , adalah jumlah maksimum individu dari suatu populasi yang dapat didukung secara berkelanjutan oleh lingkungan dalam jangka panjang tanpa menyebabkan kerusakan permanen pada sumber daya habitat (Begon et al., 2006). Dalam ekologi perikanan, kapasitas daya dukung mengacu pada kemampuan suatu ekosistem akuatik untuk menopang populasi ikan dalam jumlah tertentu, mempertimbangkan ketersediaan makanan, ruang, oksigen terlarut, dan faktor lingkungan lainnya (Odum & Barrett, 2005).

Ketika jumlah populasi berada di bawah kapasitas daya dukung, pertumbuhan populasi cenderung meningkat. Sebaliknya, jika populasi melebihi kapasitas daya dukung, maka akan terjadi overcrowding, penurunan kualitas lingkungan, peningkatan kompetisi, dan akhirnya penurunan populasi secara alami.

Model Pertumbuhan Logistik

Model pertumbuhan logistik adalah model matematis yang menggambarkan pertumbuhan populasi dengan batasan kapasitas lingkungan, pertama kali diperkenalkan oleh Pierre Verhulst pada abad ke-19 dan menjadi landasan penting dalam studi dinamika populasi (Verhulst, 1838). Persamaan diferensialnya adalah sebagai berikut:

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

Dimana:

dn/dt : laju perubahan populasi terhadap waktu,

N : jumlah individu dalam populasi pada waktu tertentu,

r : laju pertumbuhan intrinsik (*intrinsic rate of increase*),

K : kapasitas daya dukung lingkungan.

Model ini menyatakan bahwa laju pertumbuhan populasi tergantung pada dua faktor: kemampuan populasi untuk tumbuh (rN) dan hambatan lingkungan yang bersifat negatif ketika populasi mendekati atau melampaui K (Cushing, 1971).

Pertumbuhan populasi pada model logistik terbagi menjadi tiga tahap utama:

1. Fase Laju Pertumbuhan Awal (Eksponensial): Ketika $N < K$, laju pertumbuhan mendekati nilai maksimum (rN), karena ketersediaan sumber daya masih melimpah.
2. Fase Penurunan Laju Pertumbuhan: Ketika populasi meningkat dan N mendekati K , kompetisi antarindividu meningkat, sehingga laju pertumbuhan menurun.
3. Fase Keseimbangan (*Equilibrium*): Ketika populasi mencapai K , laju pertumbuhan menjadi nol, dan populasi stabil (Begon et al., 2006).

Keseimbangan populasi (*population equilibrium*) tercapai ketika faktor-faktor yang meningkatkan populasi (reproduksi dan rekrutmen) setara dengan faktor-faktor yang menurunkannya (kematian dan emigrasi), sehingga ukuran populasi cenderung stabil (Odum & Barrett, 2005). Dalam model logistik, keseimbangan tercapai saat $N=K$, yaitu saat sumber daya digunakan secara optimal tanpa terjadi penurunan kualitas lingkungan.

Namun, sistem populasi ikan di alam jarang benar-benar berada dalam keseimbangan statis. Variabilitas lingkungan, perubahan musim, dan aktivitas manusia terus menyebabkan fluktuasi populasi, sehingga pendekatan adaptif dalam pengelolaan sangat dibutuhkan (Walters, 1986).

10.6 Interaksi dengan Lingkungan dan Spesies Lain

Populasi ikan tidak hidup terisolasi. Dalam ekologi populasi ikan, interaksi antara organisme dengan lingkungan fisik dan biotik sangat menentukan dinamika populasi. Populasi ikan tidak berada dalam sistem tertutup, melainkan merupakan bagian dari ekosistem akuatik yang kompleks dan terus berubah (Begon et al., 2006). Oleh karena itu, pemahaman terhadap interaksi ini sangat penting untuk memperkirakan fluktuasi populasi serta merancang strategi pengelolaan perikanan yang adaptif dan berkelanjutan (Hilborn & Walters, 1992).

1. Predasi dan Hubungan Mangsa-Predator

Predasi merupakan salah satu tekanan ekologis utama dalam sistem perairan, yang mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup pada berbagai tahapan hidup ikan, terutama pada fase larva dan juvenil. Misalnya, larva ikan kerapu sangat rentan terhadap predasi oleh plankton karnivora dan ikan pelagis kecil (Bailey & Houde, 1989). Predasi dapat menyebabkan mortalitas tinggi, yang berdampak pada rekrutmen dan fluktuasi populasi jangka panjang.

Model klasik yang digunakan untuk menggambarkan interaksi ini adalah model Lotka-Volterra, yang menjelaskan bagaimana dinamika populasi predator dan mangsa saling memengaruhi secara siklikal (Lotka, 1925; Volterra, 1926). Dalam sistem ini, peningkatan populasi mangsa dapat mendorong pertumbuhan populasi predator, yang kemudian menurunkan jumlah mangsa, dan seterusnya membentuk pola osilasi.

2. Kompetisi Antarspesies dan Intraspesies

Ikan juga berkompetisi baik secara intraspesifik (antar individu dalam spesies yang sama) maupun interspesifik (dengan spesies lain), terutama dalam hal makanan, ruang hidup, dan tempat pemijahan (Connell, 1983). Sebagai contoh, di terumbu karang, ikan kerapu bersaing dengan ikan karnivora lainnya seperti kakap (*Lutjanus spp.*) untuk mendapatkan mangsa benthik dan krustasea. Kompetisi ini dapat menyebabkan penggantian spesies (*species displacement*), perubahan dalam nisbah ekologi (*niche shift*), dan bahkan penurunan pertumbuhan serta produktivitas jika sumber daya menjadi terbatas (Pianka, 1974).

3. Perubahan Iklim

Perubahan iklim global telah mengakibatkan naiknya suhu permukaan laut, perubahan pola arus, dan peningkatan kejadian cuaca ekstrem, yang secara langsung mempengaruhi distribusi, musim reproduksi, dan kelimpahan ikan (Perry et al., 2005; Cheung et al., 2009). Kerapu sebagai spesies yang sensitif terhadap suhu dan

kualitas terumbu, sangat terdampak oleh pemutihan karang (*coral bleaching*) dan penurunan ketersediaan habitat asuhan.

4. Degradasi Habitat

Degradasi habitat akibat kegiatan manusia seperti penangkapan ikan berlebih, penambangan karang, polusi, dan pembangunan pesisir dapat mengurangi kualitas habitat pemijahan dan asuhan ikan (Mumby et al., 2004). Hilangnya kompleksitas struktural terumbu karang menyebabkan menurunnya kelimpahan juvenil kerapu karena berkurangnya perlindungan dari predator (Graham et al., 2006). Studi menunjukkan bahwa beberapa spesies ikan tropis telah bergeser distribusinya ke arah lintang yang lebih tinggi untuk menyesuaikan diri dengan suhu yang lebih rendah, yang berimplikasi pada perubahan struktur komunitas dan dinamika stok perikanan (Cheung et al., 2013). Perubahan-perubahan ini menyebabkan fluktuasi populasi yang dinamis dan tidak selalu dapat diprediksi secara linier.

10.7 Aplikasi Dinamika Populasi dalam Pengelolaan Perikanan

Dinamika populasi ikan menyediakan dasar ilmiah yang penting dalam pengelolaan perikanan modern. Informasi mengenai pertumbuhan, rekrutmen, mortalitas, dan interaksi populasi digunakan untuk merancang kebijakan pengelolaan yang bertujuan menjaga kelestarian sumber daya perikanan serta menjamin manfaat ekonomi dan ekologi secara berkelanjutan (Quinn & Deriso, 1999; Hilborn & Walters, 1992).

1. *Maximum Sustainable Yield (MSY)*

Konsep *Maximum Sustainable Yield (MSY)* adalah salah satu penerapan paling terkenal dari teori dinamika populasi. MSY didefinisikan sebagai jumlah maksimum hasil tangkapan yang dapat diambil dari suatu stok ikan dalam jangka panjang tanpa menyebabkan deplesi populasi (Gulland, 1983). MSY diperoleh dari model pertumbuhan stok (seperti model logistik atau model Schaefer), di mana

hasil tangkapan maksimal terjadi ketika populasi berada pada sekitar 50% dari kapasitas dukung lingkungan (*carrying capacity*, K). Perhitungan MSY bergantung pada estimasi parameter biologis seperti laju pertumbuhan intrinsik (r), kapasitas populasi (K), dan mortalitas alami (M). Jika nilai MSY dilampaui secara terus-menerus, populasi akan mengalami overfishing yang pada akhirnya menurunkan hasil jangka panjang.

Model pertumbuhan logistik adalah model dasar yang digunakan untuk menghitung MSY. Model ini menyatakan bahwa pertumbuhan populasi mengikuti fungsi logistik:

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{K}\right)$$

di mana:

N : biomassa populasi (misalnya dalam ton),

r : laju pertumbuhan intrinsik populasi per tahun,

K : kapasitas daya dukung (*carrying capacity*), yaitu jumlah maksimum biomassa yang dapat didukung lingkungan.

Dari model tersebut, MSY diperoleh pada saat biomassa berada pada

$N = \frac{K}{2}$ dengan Rumus MSY:

$$MSY = \frac{rK}{4}$$

Penjelasan:

- Saat populasi $N=K/2$, kecepatan pertumbuhan populasi maksimal.
- MSY = hasil tangkapan maksimum yang tetap lestari jika populasi dikelola agar tetap berada di titik ini.

Model produksi surplus, seperti model Fox dan model Pella-Tomlinson, merupakan bentuk pengembangan model MSY yang lebih fleksibel. Contohnya:

Model Fox (log-lin):

$$Y = a + bE \text{ atau } Y = rN \cdot \ln\left(\frac{K}{N}\right)$$

di mana:

Y : hasil tangkapan per unit waktu

E : upaya penangkapan (effort)

a, b : parameter model

2. Model Stok-Rekrutmen

Model stok-rekrutmen menggambarkan hubungan antara jumlah stok induk (*spawning stock biomass*, S) dan jumlah rekrut (R), yaitu individu muda yang berhasil masuk ke dalam populasi produktif. Dua model klasik yang digunakan secara luas adalah model Beverton-Holt dan Ricker. Model ini membantu memprediksi jumlah rekrutmen yang mungkin terjadi pada berbagai tingkat stok induk dan digunakan dalam simulasi pengelolaan berbasis populasi (Beverton & Holt, 1957; Ricker, 1954). Model stok-rekrutmen sangat penting dalam menentukan batas ambang (*biological reference points*) yang aman bagi eksploitasi, seperti spawning stock biomass threshold (SSB-Threshold), yaitu titik minimum stok induk yang harus dipertahankan untuk menjamin rekrutmen berkelanjutan. Tabel 10.1 menyajikan kelebihan perbandingan kedua model tersebut.

Tabel 10.1. Kelebihan dan kekurangan model Beverton & Ricker

Model	Kelebihan	Kekurangan
Beverton-Holt	Stabil, cocok untuk populasi jenuh	Tidak menunjukkan overcompensation
Ricker	Menunjukkan efek kepadatan tinggi (decline)	Tidak cocok untuk populasi stabil tinggi

Informasi dinamika populasi digunakan untuk merancang berbagai kebijakan pengelolaan (Agardy et al., 2011; FAO, 2003), seperti:

1. Penetapan kuota tangkapan (TAC – *Total Allowable Catch*) berdasarkan estimasi stok.
2. Penentuan ukuran minimum ikan tangkap berdasarkan usia dan ukuran ikan yang telah bereproduksi.
3. Penutupan musim (*seasonal closure*) pada waktu pemijahan untuk melindungi rekrutmen.
4. Pengaturan alat tangkap guna mengurangi mortalitas juvenil dan bycatch.
5. Penetapan kawasan konservasi laut (MPAs) berdasarkan distribusi habitat penting seperti daerah pemijahan, pembesaran, dan migrasi

Penerapan tata ruang laut yang berbasis ekologi memerlukan data spasial tentang distribusi populasi dan habitat penting. Hal ini dilakukan melalui pemetaan zona-zona produktif dan sensitif untuk dijadikan dasar dalam zonasi ruang laut (*marine spatial planning*).

10.8 Penutup

Dinamika populasi merupakan fondasi utama dalam memahami bagaimana populasi ikan berubah dan berinteraksi dalam lingkungannya. Faktor-faktor seperti laju kelahiran, kematian, imigrasi, dan emigrasi menjadi komponen dasar yang menentukan fluktuasi jumlah individu dalam suatu stok. Struktur umur, pertumbuhan individu, serta proses rekrutmen memberikan gambaran mendalam mengenai kapasitas reproduktif dan potensi regenerasi populasi.

Melalui model-model matematis seperti von Bertalanffy, Beverton–Holt, Ricker, dan model logistik untuk MSY, para peneliti dan pengelola sumber daya perikanan dapat menyusun kebijakan berbasis data ilmiah guna menjamin keberlanjutan sumber daya hayati laut. Pemahaman tentang kapasitas daya dukung, keseimbangan populasi, serta interaksi dengan faktor lingkungan dan spesies lain menunjukkan bahwa pengelolaan stok ikan tidak dapat dilakukan secara parsial, tetapi harus dalam kerangka pendekatan ekosistem.

Aplikasi dari dinamika populasi, seperti penentuan MSY, penyusunan model stok–rekrutmen, pengaturan tata ruang laut, dan pemantauan stok, merupakan instrumen vital dalam mengelola perikanan secara berkelanjutan. Pendekatan ini sangat penting terutama dalam konteks perubahan iklim, degradasi habitat, dan tekanan eksploitasi yang terus meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agardy, T., Di Sciara, G. N., & Christie, P. (2011). Mind the gap: Addressing the shortcomings of marine protected areas through large scale marine spatial planning. *Marine Policy*, 35(2), 226–232.
- Bailey, K. M., & Houde, E. D. (1989). Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. *Advances in Marine Biology*, 25, 1–83.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4th ed.). Blackwell Publishing.
- Beverton, R. J. H., & Holt, S. J. (1957). On the dynamics of exploited fish populations (Fisheries Investigations Series II, Vol. 19). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Cheung, W. W. L., Lam, V. W. Y., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R., & Pauly, D. (2009). Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries*, 10(3), 235–251.
- Cheung, W. W. L., Watson, R., & Pauly, D. (2013). Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, 497(7449), 365–368.
- Connell, J. H. (1983). On the prevalence and relative importance of interspecific competition: Evidence from field experiments. *The American Naturalist*, 122(5), 661–696.
- Cury, P., & Roy, C. (1989). Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(4), 670–680.
- Cushing, D. H. (1971). The dependence of recruitment on parent stock in different groups of fishes. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 33(3), 340–362.
- FAO. (2001). *FAO fisheries glossary*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>
- Fahmi, & Sumiono, B. (2010). Studi kapasitas daya dukung habitat dan kelimpahan kerapu di perairan Pulau Seribu. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 16(2), 105–115.
- Fahmi, Zairion, & Susana, E. (2010). Dinamika populasi kerapu di perairan Indonesia. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 16(1), 15–23.

- Fogarty, M. J., Myers, R. A., & Christensen, V. (2001). Recruitment variability and stochasticity in marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 58(6), 1012–1025.
- Graham, N. A. J., Wilson, S. K., Jennings, S., Polunin, N. V. C., Bijoux, J. P., & Robinson, J. (2006). Dynamic fragility of oceanic coral reef ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(22), 8425–8429.
- Gulland, J. A. (1983). *Fish stock assessment: A manual of basic methods*. Wiley.
- Hilborn, R., & Walters, C. J. (1992). *Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty*. Chapman & Hall.
- Houde, E. D. (1987). Fish early life dynamics and recruitment variability. *American Fisheries Society Symposium*, 2, 17–29.
- KBBI Daring. (2024). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Badan Bahasa, Kemdikbud. <https://kbbi.kemdikbud.go.id>
- King, M. (2007). *Fisheries biology, assessment and management* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Lande, R., Engen, S., & Sæther, B.-E. (2003). *Stochastic population dynamics in ecology and conservation*. Oxford University Press.
- Lotka, A. J. (1925). *Elements of physical biology*. Williams & Wilkins.
- Magnuson, J. J., Crowder, L. B., & Medvick, P. A. (1979). Temperature as an ecological resource. *American Zoologist*, 19(1), 331–343.
- Mumby, P. J., Hastings, A., & Edwards, H. J. (2004). Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*, 430(7006), 98–101.
- Mumby, P. J., et al. (2007). Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*, 450(7166), 98–101.
- Myers, R. A., & Barrowman, N. J. (1996). Is fish recruitment related to spawner abundance? *Fishery Bulletin*, 94(4), 707–724.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology* (3rd ed.). W. B. Saunders Company.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of ecology* (5th ed.). Thomson Brooks/Cole.
- Pauly, D. (1984). *Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators* (ICLARM Studies and Reviews No. 8). ICLARM.

- Perry, A. L., Low, P. J., Ellis, J. R., & Reynolds, J. D. (2005). Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science*, 308(5730), 1912–1915.
- Pianka, E. R. (1974). *Evolutionary ecology*. Harper & Row.
- Pikitch, E. K., Santora, C., Babcock, E. A., Bakun, A., Bonfil, R., Conover, D. O., ... & Sainsbury, K. J. (2004). Ecosystem-based fishery management. *Science*, 305(5682), 346–347.
- Quinn, T. J., & Deriso, R. B. (1999). *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press.
- Ricker, W. E. (1954). Stock and recruitment. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 11(5), 559–623.
- Sadovy de Mitcheson, Y., & Liu, M. (2008). Functional hermaphroditism in teleosts: Mechanisms, ecology, and evolution. *Fish and Fisheries*, 9(1), 1–43.
- Sadovy de Mitcheson, Y., et al. (2013). Reproductive biology and spawning aggregations of groupers: A review and evaluation of available data for management. *Marine Ecology Progress Series*, 472, 189–199.
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1998). *Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1: Manual* (FAO Fisheries Technical Paper No. 306/1). FAO.
- Verhulst, P. F. (1838). Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement. *Correspondance Mathématique et Physique*, 10, 113–121.
- Volterra, V. (1926). Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically. *Nature*, 118, 558–560.
- Walters, C. J. (1986). *Adaptive management of renewable resources*. Macmillan Publishing Company.
- Walters, C. J., & Martell, S. J. D. (2004). *Fisheries ecology and management*. Princeton University Press.

BAB 11

ADAPTASI IKAN TERHADAP LINGKUNGAN

Oleh Olivia Lana Y. Rumkorem

11.1 Pendahuluan

Ikan atau *pisces* merupakan hewan vertebrata yang hidup didalam air dan menggunakan insang untuk bernapas Tetapi, ada sebagian jenis ikan yang bernapas dengan organ pernapasan tambahan yang disebut gelembung renang (*swim bladder*). Ikan memiliki kemampuan mobilitas yang tinggi. Kemampuan ini didukung oleh pola adaptasi yang baik terhadap kondisi lingkungan, sehingga ikan dapat bertahan hidup dan berkembang biak. Kelangsungan hidup ikan dipengaruhi oleh keadaan pada lingkungan perairan tempatnya hidup, yang meliputi komponen fisik dan kimia. Komponen fisik berupa kecerahan perairan, kedalaman perairan, salinitas, dan kecepatan arus, sedangkan komponen kimia berupa pH, DO (*dissolved oxygen*), temperatur dan lain sebagainya (Suyahni, 2023).

Lingkungan perairan terdiri dari faktor biotik dan abiotik, dimana terdapat interaksi antara faktor-faktor tersebut yang saling mempengaruhi. Kelangsungan hidup ikan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Ikan yang dapat bertahan terhadap perubahan yang terjadi disekitarnya dapat tetap hidup dalam siklus hidupnya, sedangkan ikan yang tidak dapat bertahan akan mati. Keberhasilan hidup ikan ditentukan oleh kemampuannya dalam beradaptasi terhadap lingkungan hidupnya (Nuriyanti, Widhiono, & Suyanto, 2016).

Adaptasi merupakan strategi ikan untuk bertahan hidup atau mempertahankan populasinya di alam. Strategi ini dapat dilakukan secara morfologi, fisiologis maupun tingkah laku. Adaptasi terhadap lingkungan ini akan memengaruhi perubahan genotip yang terekspresikan melalui perubahan fenotip dalam

bentuk morfologi, fisiologis, maupun tingkah lakunya (Latuconsina, 2020).

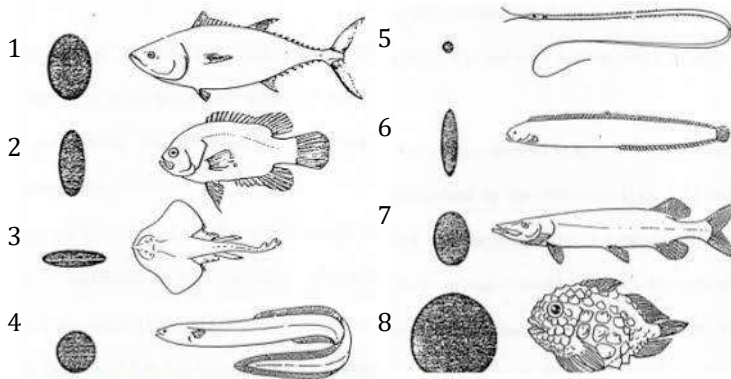
11.2 Jenis-jenis Adaptasi

Untuk dapat bertahan hidup dalam beragam kondisi lingkungan, ikan mengembangkan tiga jenis adaptasi utama, yaitu adaptasi morfologis, fisiologis, dan tingkah laku. Setiap jenis adaptasi ini memainkan peran penting dalam meningkatkan kelangsungan hidup ikan di habitatnya masing-masing.

11.2.1 Adaptasi Morfologi

Adaptasi morfologi dan anatomi merupakan penyesuaian bentuk dan struktur tubuh suatu spesies ikan terhadap lingkungan tempat hidupnya. Ikan akan menyesuaikan bentuk tubuh untuk mendapatkan makanan dan menghindari predator untuk bertahan hidup di lingkungan tempat hidupnya yang selalu berubah baik dalam ruang maupun waktu (Latuconsina, 2020). Salah satu adaptasi morfologi ikan terhadap lingkungannya yaitu bentuk tubuh. Bentuk fisik ikan mengalami transformasi mulai dari tahap larva sampai menjadi dewasa, contohnya pada tahap larva memiliki simetri bilateral yang kemudian berubah menjadi asimetris saat dewasa. Variasi bentuk tubuh pada setiap ikan dipengaruhi oleh kerangka, otot, dan lingkungan hidup dari ikan tersebut. Macam-macam bentuk tubuh ikan meliputi torpedo (*fusiform*), pipih (*compressed*), picak (*depressed*), memanjang (*anguilliform*), tali (*filliform*), pita (*taeniform*), panah (*sagitiform*), dan bola (*globiform*) (Bond, 1979). 1) Bentuk tubuh torpedo (*fusiform*) memiliki bentuk seperti torpedo, kedua bagian ujung tubuh hampir meruncing. Bentuk tubuh ini sangat ramping atau *streamline* sehingga ikan dapat melakukan aktivitas renang yang terbebas dari hambatan di perairan. Ikan dengan bentuk tubuh ini cenderung merupakan ikan perenang cepat yang hidup bergerombol di permukaan laut, contohnya ikan kembung lelaki (*Rastrelliger kanagurta*), cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*); 2) Ikan berbentuk pipih (*compressed*) memiliki bentuk tubuh yang datar ke sisi samping dan tinggi tubuhnya lebih besar jika

dibandingkan lebar tubuhnya. Ikan dengan bentuk tubuh ini memiliki sifat gerak lambat dan santai, namun dapat bergerak cepat saat terdapat ancaman bahaya. Contohnya ikan kapas-kapas (*Gerres abrefiatus*), peperek (*Gazza minuta*) serta bawal hitam (*Parastromateus*); 3) Picak (*depressed*) adalah tipe tubuh yang datar ke bawah, dimana tinggi badan jauh lebih rendah dibandingkan dengan lebar tubuhnya. Ikan dengan bentuk tubuh ini hidup didasar perairan yang berlumpur, pasir dan berbatu, seperti ikan pari manta (*Manta birostris*), dan ikan lidah (*Cynoglossus lingua*); 4) Memanjang (*anguilliform*) adalah bentuk tubuh ikan yang ramping dengan penampang agak silindris dan kecil serta bagian ujungnya yang meruncing. Ikan dengan bentuk ini dapat ditemukan di perairan laut dangkal, seperti ikan sidat (*Anguilla* spp.) dan sembilang (*Plotosus lineatus*); 5) Bentuk tali (*filiform*) adalah tipe tubuh yang tampak seperti tali dan hidup di perairan laut yang dalam. Contohnya adalah ikan *slender snip eel* (*Nemichthys scolopaceus*); 6) Bentuk Pita (*taeniform*) merupakan tipe tubuh ikan yang langsing dan ramping menyerupai pita. Ikan dengan bentuk tubuh ini biasanya mendiami perairan laut dalam namun di kedalaman rendah, contohnya ikan layur (*Trichiurus lepturus*); 7) Bentuk panah (*sagittiform*) adalah tipe tubuh yang mirip dengan anak panah. Ikan berbentuk panah ini adalah perenang cepat, dan dapat ditemukan di permukaan atau dekat dengan permukaan perairan. Contohnya ikan barakuda (*Sphyrna barracuda*) dan ikan cendro (*Tylosurus crocodilus*); dan 8) Bentuk bola (*globiform*) yaitu bentuk tubuh ikan yang bulat menyerupai bola, contohnya ikan buntal (*Diodon hystrix*) (Latuconsina, 2020).



Gambar 11.1. Bentuk-bentuk tubuh ikan. 1. *Fusiform*; 2. *Compressed*; 3. *Depressed*; 4. *Anguilliform*; 5. *Filiform*; 6. *Taeniform*; 7. *Sagittiform*; 8. *Globiform* (Sumber: Bond, 1979)

Selain bentuk tubuh, terdapat beberapa contoh adaptasi morfologi dari ikan, yaitu sirip, mulut dan gigi. Sirip merupakan bagian dari tubuh ikan yang berfungsi menjaga keseimbangan tubuhnya sehingga dapat melakukan pergerakan di dalam air. Bentuk serta ukuran sirip pada ikan berbeda-beda, dan memiliki peranan penting dalam menentukan arah dan pergerakan ikan. Sirip ikan terdiri atas sirip punggung, sirip perut, sirip dada, sirip anus dan sirip ekor. Adaptasi morfologi ini memungkinkan ikan untuk bergerak cepat dan stabil, serta menghindari predator.

Mulut pada ikan memiliki adaptasi khusus yang memungkinkan ikan untuk memperoleh makanan dengan efisien sesuai dengan lingkungan hidupnya. Bentuk, ukuran dan letak mulut ikan dapat menggambarkan habitat dari seekor ikan. Bentuk mulut ikan berkaitan dengan jenis makanan yang dimakan. Mulut ikan memiliki bentuk yang terbagi atas empat bentuk. Pertama, ialah berbentuk tabung (*tube like*), kedua berbentuk paruh (*beak like*), ketiga berbentuk gergaji (*saw like*) dan keempat berbentuk terompet (Andy Omar, 2011). Mulut yang menyerupai tabung (*tube like*) dimiliki oleh ikan tangkur kuda (*Hippocampus histrix*) yang mengkonsumsi hewan-hewan kecil, seperti plankton dan hewan renik, contohnya udang, ikan kecil serta larva tiram yang hidup di antara lamun, rumput laut, dan karang. Ikan tangkur kuda termasuk pemangsa pasif yang

mencari makan dengan menunggu makanannya lewat dan menyerang mangsanya dengan cara menghisap sampai masuk ke moncongnya yang berbentuk tabung (Al Qodri, 1998). Mulut yang mirip paruh (*beak like*) yang dimiliki oleh ikan julung-julung (*Hemirhamphus far*) yang makanannya berupa fitoplankton. Mulut berbentuk gergaji (*saw like*) dapat ditemukan pada ikan hiu gergaji (*Pristis microdon*), berfungsi untuk melumpuhkan dan menangkap mangsanya berupa bentik dan kelompok ikan kecil dengan cara menusuk. Mulut berbentuk terompet dimiliki spesies ikan Listrik (*Campylomormyrus elephas*) yang ditemukan di benua Afrika. Bentuk mulut ini menyerupai belalai gajah, dan memakan serangga air, larva dan cacing (Latuconsina, 2020).

Letak mulut ikan pelagis dan ikan lain pada umumnya yaitu tipe terminal, sedangkan letak mulut ikan demersal dikenal dengan tipe subterminal. Spesies ikan pemakan plankton memiliki ukuran mulut yang relatif kecil serta tidak dapat ditonjolkan ke arah depan, dan biasanya di dalam rongga mulut terdapat jari-jari tapis insang yang panjang dan lentur untuk menyaring plankton, serta umumnya tidak memiliki gigi. Ikan yang memangsa spesies berukuran besar memiliki lingkaran mulut yang fleksibel, sedangkan ikan pemakan invertebrata kecil memiliki mulut yang panjang (Kottelat, Whitten, Kartikasari, & Wirjoatmodjo, 1993).

11.2.2 Adaptasi Fisiologi

Untuk bertahan hidup, ikan memerlukan kemampuan untuk bertahan dan menjalankan berbagai fungsi kehidupan. Kondisi lingkungan perairan sangat penting untuk mendukung kehidupan ikan karena jika kondisi lingkungan berubah, tubuh atau fisiologis ikan harus mengalami perubahan untuk mempertahankan kondisi homeostasis (Hertika, Arfiati, Lusiana, & Putra, 2021). Adaptasi fisiologis adalah penyesuaian fungsi organ tubuh ikan terhadap lingkungan, yang berhubungan dengan fungsi internal ikan dalam menghadapi kondisi fisik dan kimia air (Latuconsina, 2020).

Kondisi fisiologis organisme yang tidak normal atau stres dapat disebabkan oleh kondisi perairan yang tidak sesuai.

Perubahan lingkungan secara alami, seperti kimia, fisika, dan biologi, biasanya menyebabkan stres pada ikan. Saat keadaan stres, ikan akan memperlihatkan respon primer dan sekunder. Salah satu respon primer adalah adanya modifikasi pada sistem saraf pusat atau *central nervous system* (CNS) serta pelepasan hormon stres berupa kortisol dan katekolamin (*adrenaline* dan *epinephrine*), ke dalam sirkulasi darah melalui sistem endokrin. Sementara itu, respon sekunder adalah perubahan dalam komposisi darah dan jaringan kimia yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam darah ikan (Carragher & Rees, 1994).

Ketidakmampuan ikan untuk mengadaptasi perubahan tekanan osmotik selama proses osmoregulasi menyebabkan kondisi stres pada ikan. Ketidakmampuan ini menyebabkan peningkatan stres, masalah kesehatan, dan bahkan tingkat kematian yang tinggi (Pamungkas, 2012). Stres pada ikan adalah reaksi fisik yang muncul ketika ikan berupaya menjaga keseimbangan dalam tubuhnya. Jika ikan mengalami stres, maka ikan tersebut akan merespons dengan mengubah proses metabolisme agar bisa beradaptasi dengan lingkungan yang berbeda. Tingkah laku ikan saat stres dapat terlihat secara fisik, misalnya pergerakan renang ikan yang melambat, selera makan menurun, dan perubahan warna tubuh menjadi lebih gelap (Mazeaud & Mazeaud, 1981).

Adaptasi fisiologis dari respon stress ikan dapat dilihat dalam tiga tahapan (Wedemeyer *et. al.*, dalam Schrech & Moyle, 1990) yaitu:

1. *Alarm*, yaitu proses awal terjadi perubahan fisiologis pada ikan yang terkena faktor stres dengan mengeluarkan hormon katekolamin dan kortikosteroid yang diproduksi oleh kelenjar pusat *pituitary-interrenal*.
2. *Resistance*, yaitu tahapan perlawanan ikan setelah melewati tahapan *alarm* hingga mencapai aklimatisasi.
3. *Exhaustion*, yaitu proses perubahan fisik pada ikan yang terjadi akibat usaha melawan tekanan atau stres. Ikan akan memperlihatkan perubahan tingkah laku karena mengalami tekanan yang melebihi batas toleransi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fisiologi ikan yaitu suhu, salinitas, pakan atau *fish feeding*, kadar atau konsentrasi kandungan oksigen, dan turbiditas (Pane, Arfiati, & Aprilliyanti, 2023). Beberapa contoh adaptasi fisiologis pada ikan adalah sebagai berikut:

1. Adaptasi terhadap perubahan suhu

Suhu adalah salah satu dari banyak faktor krusial yang mengatur semua proses kehidupan serta distribusi makhluk hidup di lingkungan perairan. Aktivitas metabolisme pada organisme yang hidup di air berlangsung pada rentang suhu tertentu. Suhu di lingkungan perairan memengaruhi kecepatan fotosintesis dan proses fisiologis organisme, termasuk ikan. Proses fisiologi ini meliputi kualitas metabolisme dan siklus reproduksi, yang kemudian memberikan pengaruh pada cara makan dan pertumbuhan organisme (Azwar, Emiyarti, & Yusnaini, 2016).

Berdasarkan cara hewan mengatur suhu tubuhnya dalam hubungannya dengan lingkungan, hewan dibagi menjadi dua kategori, yakni ektotermi dan endotermi. Ektotermi adalah kategori hewan yang suhu tubuhnya dipengaruhi oleh suhu dari lingkungan di sekitarnya dan melakukan penyesuaian secara langsung, seperti berlindung untuk menurunkan suhu saat suhu lingkungan lebih tinggi (panas); dan sebaliknya, berjemur untuk menaikkan suhu tubuh ketika suhu lingkungan sekitarnya lebih rendah (dingin). Ikan merupakan salah satu kelompok hewan ektotermi (Fajar, 2021).

Variasi suhu di lingkungan perairan membuat ikan menyesuaikan diri dengan rentang toleransi suhu yang berbeda-beda. Ikan mampu hidup secara normal dalam rentang suhu 20-30 °C. Suhu yang kurang dari 20 °C atau lebih dari 30 °C dapat memicu perubahan dalam perilaku ikan (Nugraha, Supardjo, & Subiyanto, 2012). Rentang suhu ini membantu proses metabolisme yang diperlukan untuk pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi ikan, sehingga ikan dapat berenang dengan teratur (Ardianti, Amir, & Abidin, 2013). Pengamatan efek perubahan suhu terhadap

perilaku ikan dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 5 ekor Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Perlakuan diberikan kepada ikan yang pertama pada suhu 28 °C, ikan yang kedua pada suhu 14 °C, ikan ketiga pada suhu 17 °C, ikan keempat pada suhu 33 °C, dan ikan kelima pada suhu 36 °C. Kemudian, pengamatan dilakukan selama 10 menit. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ikan yang berada pada suhu normal (suhu kontrol) 28 °C memperlihatkan gerakan berenang dan pembukaan operkulum yang normal, serta menunjukkan aktivitas makan yang baik. Di sisi lain, ikan dengan suhu 14 °C dan yang lainnya pada suhu 17 °C menunjukkan gerakan berenang dan pembukaan operkulum yang sangat lambat, dan nafsu makan mereka menurun secara signifikan. Namun, ikan pada suhu 33 °C dapat menyesuaikan diri dan menghabiskan pakan yang diberikan, sementara ikan pada suhu 36 °C terlihat tidak memiliki nafsu makan (Fajar, 2021). Suhu yang rendah di dalam air mengakibatkan enzim di tubuh ikan berfungsi dengan lambat, sehingga mempengaruhi laju metabolisme dan pergerakan operkulum menjadi lebih lambat (Ridwantara, Buwono, Suryana, & Lili, 2019), sebaliknya, suhu yang tinggi di atas batas normal membuat enzim di tubuh ikan berfungsi lebih cepat, yang menyebabkan operkulum bergerak lebih cepat untuk memfasilitasi insang dalam mengisap oksigen terlarut dalam air agar ikan dapat bernapas dengan baik (Firdaus, Fitri, & Jayanto, 2018). Suhu tinggi juga dapat menimbulkan stres pada ikan, yang mengakibatkan gerakan operkulum menjadi tidak normal dan menurunnya jumlah oksigen, sehingga ikan dapat mengalami kelelahan, kesulitan bernapas, dan pergerakan yang tidak teratur. Hal ini membuat ikan akan beradaptasi untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya.

2. Adaptasi terhadap perubahan salinitas

Salinitas merujuk pada konsentrasi ion total, termasuk ion anorganik seperti sodium dan klorida, fosfor organik, serta nitrogen ditambah dengan zat kimia seperti vitamin dan

pigmen tanaman yang ada dalam air, diukur dalam satuan gram/kg atau promil (‰). Kadar salinitas pada air tawar berada dibawah 0,5 ppt, sementara salinitas rata-rata di laut terbuka mencapai 35 ppt dengan rentang antara 33 hingga 37 ppt. Variasi salinitas ini disebabkan oleh gerakan arus, aliran air tawar, dan proses penguapan atau evaporasi (Stickney, 2000).

Salinitas dalam air memicu adanya selisih tekanan osmotik antara tubuh organisme dengan lingkungan sekitarnya. Akibatnya, makhluk hidup perlu menjalankan proses penyesuaian diri yang disebut osmoregulasi di dalam tubuh. Tujuannya adalah untuk menyeimbangkan tekanan osmotik di dalam tubuh dengan tekanan osmotik di lingkungan tempat mereka berada (Fujaya, 1999). Osmoregulasi merupakan mekanisme pengaturan tekanan osmotik atau tingkat konsentrasi cairan di dalam tubuh dengan cara mengatur keseimbangan antara cairan yang masuk dan keluar oleh organisme sehingga fungsi fisiologis dalam tubuh organisme dapat berlangsung dengan normal (Nicol, 1967). Proses ini terjadi pada organ-organ seperti ginjal, insang, kulit dan membran di mulut dengan berbagai metode. Beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan osmoregulasi pada ikan yaitu suhu, musim, usia, kondisi fisiologis, jenis kelamin serta perbedaan variasi genetik (genotip) (Fujaya, 1999).

Tingkat metabolisme dan pertumbuhan pada ikan sangat bergantung dari beberapa faktor, salah satunya adalah kadar salinitas yang terdapat di lingkungan perairan, sehingga osmoregulasi dilakukan oleh ikan agar perubahan salinitas di lingkungan perairan tempat hidup ikan tidak menghambat metabolisme dan pertumbuhannya (Pamungkas, 2012).

3. Adaptasi terhadap kadar oksigen

Kadar oksigen merupakan jumlah oksigen terlarut yang terdapat didalam suatu perairan. Oksigen memiliki peranan penting bagi kehidupan organisme, seperti proses pernapasan serta penguraian bahan organik menjadi anorganik oleh mikroorganisme (Simanjuntak, 2007). Kadar

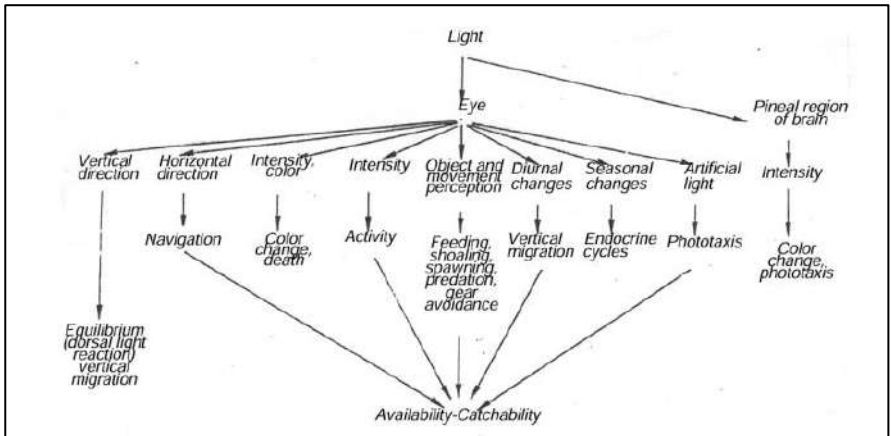
oksigen terlarut yang rendah dapat menyebabkan penurunan aktivitas kehidupan organisme dalam suatu badan air (Patty, 2018). Ikan Gabus (*Channa* sp.) mampu bertahan hidup di lingkungan perairan yang keruh, bahkan kering. Hal ini disebabkan oleh adanya alat pernapasan khusus bernama labirin yang memungkinkan Ikan gabus mengambil oksigen dari udara. Adanya organ ini membuat ikan gabus sangat adaptif terhadap perubahan lingkungan.

11.2.3 Adaptasi Tingkah Laku

Adaptasi tingkah laku adalah cara ikan menyesuaikan diri dengan lingkungan melalui tingkah lakunya. Adaptasi ini melibatkan pola aktivitas atau kebiasaan yang membantu ikan berinteraksi dengan lingkungan dan spesies lain atau juga melindungi diri dari pemangsa (faktor biologi) (Latuconsina, 2020). Tingkah laku ikan berkaitan erat dengan proses fisiologis. Rangsangan yang berasal dari lingkungan perairan dan mempengaruhi tingkah laku ikan misalnya cahaya, salinitas, dan suhu.

Cahaya yang diterima oleh indra pengelihatan (mata) ikan mempengaruhi tingkah laku ikan secara langsung maupun tidak langsung seperti keseimbangan dalam aktivitas renang, arah renang ikan, perubahan warna, aktivitas makan, berkelompok, reproduksi, migrasi, menghindari predator dan alat tangkap. Indra pengelihatan merupakan indra utama bagi sebagian besar jenis ikan yang memungkinkan terjadinya adaptasi atau pola tingkah laku terhadap keadaan lingkungan. Beberapa faktor yang mempengaruhi indra pengelihatan ikan yaitu jarak pengelihatan yang jelas, kisaran cakupan pengelihatan, warna yang jelas, kontras dan kemampuan untuk membedakan objek yang bergerak. Secara umum, cahaya berperan dalam keberadaan serta penangkapan ikan (Laevastu & Hayes, 1981). Respons ikan terhadap cahaya terlihat dari laju renangnya dan ukuran kelompok yang terbentuk, yang disesuaikan dengan ritme *photoperiod*. Penelitian menunjukkan bahwa ikan memiliki kecepatan berenang yang lebih tinggi di siang hari dibandingkan dengan malam hari, tergantung pada durasi pencahayaan atau

photoperiod. Variasi dalam intensitas cahaya dapat memengaruhi pada aktivitas ikan serta pergerakan sel reseptor *cone* dan reseptor *rod* di retina (Syam & Satria, 2009).



Gambar 11.2. Pengaruh cahaya terhadap fisiologis dan tingkah laku ikan (Sumber: Laevastu & Hayes, 1981)

Salinitas perairan memiliki dampak besar pada seluruh fungsi fisiologis ikan serta banyaknya energi yang dibutuhkan ikan untuk melakukan proses osmoregulasi sehingga tercapai keseimbangan antara tekanan osmotik pada tubuh ikan dengan lingkungannya. Salah satu contoh adaptasi tingkah laku ikan yaitu migrasi pada ikan gobi. Ikan gobi melakukan migrasi dari perairan tawar menuju perairan laut dengan beradaptasi pada perairan dengan salinitas 0 ppt di perairan tawar ke perairan dengan salinitas tinggi (30 ppt) di perairan laut. Untuk melaksanakan migrasi tersebut, ikan gobi perlu menyiapkan fungsi-fungsi fisiologisnya agar dapat segera menyesuaikan diri dengan baik di habitat barunya yang memiliki tekanan osmotik yang sangat berbeda dari sebelumnya. Dengan beragam persiapan dan antisipasi fisikologis yang dilakukan, ikan gobi tidak mengalami stres yang berkepanjangan, sehingga tidak ada efek negatif terhadap pertumbuhan dan keberlangsungan hidupnya ketika ikan gobi terpapar pada berbagai tingkat salinitas yang berbeda (Salindeho, 2022).

Perubahan suhu lingkungan juga mempengaruhi tingkah laku ikan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fajar (2021) menunjukkan bahwa perubahan suhu yang cukup ekstrem di perairan memperlihatkan tingkah laku ikan yang berbeda dari kondisi normal (suhu 20-30 °C), seperti di suhu rendah, gerakan renang dan bukaan operculum berlangsung sangat lambat, sementara di suhu tinggi gerakan renang dan bukaan operculum menjadi lebih cepat. Disamping itu, ikan menunjukkan penurunan nafsu makan secara drastis pada suhu rendah, dan pada suhu tinggi ikan tidak memiliki nafsu makan.

11.3 Kesimpulan

Adaptasi merupakan strategi ikan untuk bertahan hidup atau mempertahankan populasinya di alam. Strategi ini dapat dilakukan secara morfologi, fisiologis maupun tingkah laku. Adaptasi morfologi dan anatomi merupakan penyesuaian bentuk dan struktur tubuh suatu spesies ikan terhadap lingkungan tempat hidupnya. Adaptasi fisiologi adalah penyesuaian fungsi organ tubuh ikan terhadap keadaan lingkungan, yang berkaitan dengan fungsi internal tubuh ikan dalam menghadapi kondisi fisik dan kimia air. Adaptasi tingkah laku adalah penyesuaian ikan terhadap lingkungan melalui cara berperilakunya. Adaptasi ini melibatkan pola aktivitas atau kebiasaan yang membantu ikan berinteraksi dengan lingkungan dan spesies lain atau juga melindungi diri dari pemangsa (faktor biologi) (Latuconsina, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Al Qodri, A. H. (1998). *Paket Usaha Budidaya Kuda Laut (Hippocampus spp.)*. Lampung: Direktorat Jendral Perikanan Balai Budidaya Laut.
- Andy Omar, S. B. (2011). *Iktiologi. Buku Ajar*. Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.
- Ardianti, N. R., Amir, S., & Abidin, Z. (2013). Tingkat Penetasan Telur dan Pertumbuhan Benih Ikan Gurami (*Osphronemus gouramy*) Pada Suhu Yang Berbeda. *Jurnal Perikanan Unram Vol. 3 No. 2*, 40-47.
- Azwar, M., Emiyarti, & Yusnaini. (2016). Critical Thermal Dari Ikan *Zebrasoma scopus* Yang Berasal Dari Perairan Pulau Hoga Kabupaten Wakatobi. *Sapa Laut*, 60-66.
- Bond, C. E. (1979). *Biology of Fishes*. Philadelphia: W. B. Saunders Company.
- Carragher, J. F., & Rees, C. M. (1994). Primary and secondary stress responses in golden perch, *Macquaria ambigua*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology Volume 107, Issue 1*, 49-56.
- Fajar, M. T. (2021). Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tingkah Laku Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Cermin: Jurnal Penelitian Vol. 5, No. 1*, 183-193.
- Firdaus, M. W., Fitri, A. D., & Jayanto, B. B. (2018). Analisis Adaptasi Perubahan Salinitas dan Suurval Rate Ikan Koan (*Ctenopharyngodon idella*) Sebagai Alternatif Umpan Hidup Pada Pole and Line. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 19-28.
- Fujaya, Y. (1999). *Fisiologi Ikan: Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. Makassar: Rineka Cipta.
- Hertika, A. S., Arfiati, D., Lusiana, E. D., & Putra, R. B. (2021). ANALISIS HUBUNGAN KUALITAS AIR DAN KADAR GLUKOSA DARAH (*Gambusia affinis*) DI PERAIRAN SUNGAI BRANTAS. *Journal of Fisheries and Marine Research Vol. 5 No. 3*, 522-530.
- Kottelat, M., Whitten, A. J., Kartikasari, S. N., & Wirjoatmodjo, S. (1993). *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Hongkong: Periplus Edition Ltd.

- Laevastu, T., & Hayes, M. I. (1981). *Fisheries Oceanography and Ecology*. England: Fishing News Books Ltd.
- Latuconsina, H. (2020). *Ekologi Ikan Perairan Tropis Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman dan Pengelolaannya*. D. I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mazeaud, M. M., & Mazeaud, F. (1981). Adrenergic Responses to Stress in Fish. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302632784>, 49-75.
- Nicol, J. (1967). *The Biology of Marine Animals 2nd Edition*. New York: Wiley-Interscience.
- Nugraha, D., Supardjo, M. N., & Subiyanto. (2012). Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Perkembangan Embrio, Daya Tetas Telur dan Kecepatan Penyerapan Kuning Telur Ikan Black Ghost (*Apteronotus albifrons*) Pada Skala Laboratorium. *Journal of Management Of Aquatic Resources*, 1-6.
- Nuriyanti, D. D., Widhiono, I., & Suyanto, A. (2016). Faktor-faktor Ekologis Yang Berpengaruh Terhadap Struktur Populasi Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros* L.). *Biosfera*, 13-21.
- Pamungkas, W. (2012). Aktivitas Osmoregulasi, Respon Pertumbuhan dan Energetic Cost pada Ikan Yang Dipelihara dalam Lingkungan Bersalinitas. *Jurnal Media Aquacultur*, 12-21.
- Pane, E. P., Arfiati, D., & Aprilliyanti, F. J. (2023). Review: Respon Fisiologis Ikan Terhadap Lingkungan Hidupnya. *Jurnal Aquatik*, 71-83.
- Patty, S. I. (2018). Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Selat Lembeh Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax Vol. 6, No. 1*, 54-60.
- Ridwantara, D., Buwono, I. D., Suryana, A. A., & Lili, W. (2019). Uji Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas Mantap (*Cyprinus carpio*) Pada Rentang Suhu Yang Berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Vol. X, No. 1*, 46-54.
- Salindeho, I. R. (2022). Kemampuan Adaptasi Ikan Gobi *Amfidromus* Terhadap Perubahan Salinitas. *Jurnal Budidaya Perairan Vol. 10, No. 2*, 282-293.

- Schrech, C. B., & Moyle, P. B. (1990). *Methods for Fish Biology*. Bethesda: American Fisheries Society.
- Simanjuntak, M. (2007). Oksigen terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *Journal Marine and Science Vol. 12, No. 2*, 59-66.
- Stickney, R. R. (2000). *Encyclopedia of Aquaculture*. The United States of America: A Wiley-Interscience Publication Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Suyahni, E. (2023). *Seri Hewan Vertebrata Ikan (Pisces)*. Jakarta Timur: Bumi Aksara.
- Syam, A. R., & Satria, H. (2009). Adaptasi Fisiologis Retina Mata dan Tingkah Laku Ikan Terhadap Cahaya. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 215-224.

BAB 12

INTERAKSI IKAN DENGAN LINGKUNGAN ABIOTIK DAN BIOTIK

Oleh Magdalin Ulaan

12.1 Pendahuluan

Ikan merupakan organisme akuatik yang memiliki peran penting dalam ekosistem perairan, Ikan dapat berperan sebagai konsumen dalam rantai makanan maupun dapat dijadikan sebagai indikator kualitas dari lingkungan perairan. Kehidupan ikan sangat dipengaruhi oleh dua komponen utama lingkungan, yaitu faktor abiotik (inorganik) dan biotik (organik). Interaksi yang kompleks antara ikan dan lingkungannya menentukan distribusi, perilaku, pertumbuhan, hingga kelangsungan hidupnya. Faktor abiotik mencakup parameter fisik meliputi suhu, kecerahan, kekeruhan, kedalaman dan warna air sedangkan untuk parameter kimia air, meliputi pH, salinitas, kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*), alkalinitas, kesadahan, CO₂ bebas, kandungan bahan organik total, amoniak, nitrit, nitrat, fosfat, H₂S, pestisida, logam berat (Hg, Pb, Cd, Cr, dll)(Yayat Dhahiyat, 2014). Perubahan dalam faktor-faktor ini dapat memengaruhi metabolisme, tingkat stres, hingga kemampuan reproduksi ikan. Misalnya, suhu air yang terlalu tinggi dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, yang berdampak negatif terhadap respirasi ikan.

Komponen biotik merupakan komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari makhluk hidup. Pada ekosistem perairan umumnya untuk komponen biotik tersusun atas biota akuatik, plankton, alga, dan tumbuhan air. Suatu ekosistem agar selalu dalam kondisi stabil dan seimbang maka keterkaitan dan ketergantungan antara komponen biotik (manusia, tumbuhan, dan hewan) dan komponen abiotik (tanah, air, dan udara), harus dipertahankan. Perubahan salah satu komponen akan

mempengaruhi komponen yang lainnya dan menyebabkan ketidakseimbangan dalam ekosistem.

Kajian tentang interaksi ikan yang merupakan biota akuatik dengan faktor abiotik sebagai habitatnya dan juga interaksinya dengan faktor biotik lainnya sangat penting untuk dipahami dan dipelajari guna keberlanjutan pengelolaan sumber daya perairan. Manfaat yang diperoleh dengan mengetahui komponen abiotik dan biotik sebagai penyusun ekosistem perairan maka dapat ditemukan dan dikembangkan berbagai solusi atau strategi guna menjaga serta melestarikan keseimbangan suatu ekosistem perairan guna peningkatan produktivitas perikanan.

12.2 Komponen Abiotik dalam Ekosistem Perairan

Komponen abiotik merupakan penyusun suatu ekosistem yang terdiri dari benda mati yang memiliki fungsi untuk mendukung keberlangsungan komponen biotik. Contoh dari komponen Abiotik adalah air, batu, pasir, dan sedimen. Komponen abiotik dalam ekosistem perairan mencakup parameter fisik dan kimia air, seperti suhu, pH, salinitas, kadar oksigen terlarut, dan kekeruhan

1. Suhu

Suhu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti pergantian musim, ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), lintang (*latitude*), pertukaran udara, aliran dan proses penutupan awan, serta tingkat kedalaman perairan (Latuconsina, 2021). Suatu ekosistem perairan sangat dipengaruhi oleh suhu (Effendi, 2003) Hal ini terlihat pada pola penyebaran ikan yang ada di perairan air tawar maupun laut yang dibatasi keberadaannya oleh suhu, sehingga proses metabolisme ikan sangat dipengaruhi oleh suhu. Ikan adalah hewan berdarah dingin (*poikilotherm*) yang metabolisme dan sistem imunnya sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Oleh karena itu, suhu berperan sebagai faktor pengendali yang memengaruhi kelangsungan hidup ikan (Ayuniar and Hidayat, 2018)(Kelana *et al.*, 2021). Ketika terjadi perubahan suhu secara drastis maka ikan akan mengalami kematian

karena terjadi perubahan daya angkut darah. Karena suhu berkaitan dengan kadar oksigen yang terlarut dan nilai pemanfaatan oksigen oleh ikan. Menurut (Ghufran, Kordi and Tanjung, 2007) suhu berbanding lurus dengan konsumsi oksigen ikan dan laju reaksi kimia tetapi berbanding terbalik dengan konsentrasi jenuh oksigen terlarut. Keterkaitan suhu dan kadar oksigen terlarut adalah ketika suhu perairan tinggi, maka daya oksigen terlarut akan semakin rendah, begitu sebaliknya (Ghufran, Kordi and Tanjung, 2007) Suhu optimal di perairan tropis bagi kehidupan ikan berkisar antara 28°C - 32°C. Hubungan korelasi suhu dengan jumlah konsumsi oksigen oleh ikan pada kisaran suhu optimal mencapai 2,2 mg/g berat tubuh per jam, tetapi jika suhu dibawah optimal maka Jumlah konsumsi oksigen mencapai 1,2 mg/g berat tubuh/jam. Sementara itu suhu juga mempengaruhi nafsu makan ikan, jika suhu dibawah kisaran optimal maka nafsu makan ikan akan menurun dan menyebabkan kematian (Ghufran, Kordi and Tanjung, 2007)

2. pH

Derajat keasaman atau pH dinyatakan sebagai kadar ion H^+ dalam air. Kisaran pH optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan berkisar antara 6,5 – 9,0 (Cahyono, 2000). Nilai pH suatu perairan sangat bervariasi seperti pada daerah hutan mangrove nilai pH optimalnya berkisar antara 4 – 9 . Perubahan nilai pH suatu perairan jika $< 4,5$ atau suasana asam dipengaruhi oleh kadar kandungan asam sulfat yang tinggi dan kondisi perairan ini termasuk kurang produktif dan bersifat racun bagi ikan karena rendahnya kandungan oksigen yang terlarut. Sebaliknya jika nilai pH $> 9,0$ atau berada pada suasana basah akan turut mempengaruhi pertumbuhan ikan menjadi lambat

3. Salinitas

Jumlah zat terlarut dalam perairan disebut dengan salinitas. Kadar salinitas setiap perairan berbeda-beda, untuk perairan air tawar kadar salinitasnya $> 0,5$ ppt; sedangkan untuk laut terbuka kadar salinitasnya rata-rata 35 ppt atau berada pada kisaran antara 33-37 ppt. perbedaan kadar salinitas ini

dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti aliran air tawar, aliran arus, dan evaporasi (Allan and Stickney, 2000). Kadar salinitas mempengaruhi penyebaran beberapa biota akuatik seperti udang, jenis ikan, bahkan fitoplankton dan zooplankton. Salinitas berpengaruh terhadap proses osmoregulasi dalam tubuh ikan. Bentuk mekanisme fisiologi tubuh ikan antara ikan air tawar dan ikan air laut dalam hal osmoregulasi maka terdapat perbedaan yaitu untuk ikan air laut tubuh lebih hipotonik dari lingkungan perairan sehingga tubuh akan kehilangan cairan, sedangkan untuk ikan air tawar tubuh lebih hipertonic dari lingkungannya sehingga air banyak yang masuk ke dalam tubuh. Dampak perubahan salinitas yang berubah secara tiba-tiba dan melebihi toleransi ikan yaitu dapat menyebabkan stres osmotik, gangguan fungsi organ (misalnya ginjal dan insang), penurunan pertumbuhan dan imunitas, bahkan kematian. Ikan memiliki toleransi salinitas yang berbeda-beda. Misalnya ikan bandeng dan udang windu mampu hidup pada kisaran salinitas 0-40 ppt (Yayat Dhahiyat, 2014), ikan kerapu kadar salinitasnya 29-30 ppt (Hasan, Saraswati and Setyaningrum, 2022), Ikan air tawar (*freshwater fish*) hidup di salinitas rendah (biasanya < 0.5 ppt), misalnya ikan lele, nila, dan gurami.

4. Kadar oksigen terlarut

Kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) memiliki hubungan yang sangat erat dengan kelangsungan hidup dan kesehatan ikan. Oksigen terlarut adalah oksigen yang tersedia dalam air dan digunakan oleh ikan serta organisme akuatik lainnya untuk respirasi. Kisaran kadar oksigen terlarut untuk ikan air tawar yang optimal adalah ≥ 3 mg (SNI, 2009). Hubungan Kadar Oksigen Terlarut dengan Ikan yaitu jika Kadar oksigen terlarut yang rendah dalam air maka dapat menghambat pertumbuhan ikan karena menurunkan nafsu makan serta melemahkan sistem kekebalan tubuh sehingga ikan mudah terserang penyakit (Laila, 2018).

5. Kekeruhan

Kekeruhan air adalah ukuran sejauh mana air menjadi keruh atau tidak jernih karena adanya partikel tersuspensi seperti lumpur, plankton, limbah organik, atau bahan kimia. Kekeruhan memiliki hubungan penting dengan kesehatan, pertumbuhan, dan kenyamanan ikan, baik di perairan alami maupun sistem budidaya. Kisaran kekeruhan yang optimal untuk suatu perairan berkisar 20 mg/L, dan kisaran optimal 10 mg/L (Walhi, 2006) , sementara itu kisaran kekeruhan optimal suatu perairan untuk budidaya ikan air tawar 40 -50 cm Suatu perairan yang kisaran kekeruhannya tinggi maka akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air (Effendi, 2003). Kondisi ini tentunya akan menyebabkan gangguan proses respirasi pada ikan akibat tersumbatnya insang ikan oleh partikel yang tersuspensi, selain itu air yang keruh juga mengganggu jarak pandang ikan terhadap pakan sehingga efisiensi pakan menurun, disisi lain ikan yang tergolong predator menjadi sulit untuk melihat mangsanya. Bagi tanaman air dan fitoplankton akibat kekeruhan menyebabkan terganggunya proses fotosintesis akibat kadar oksigen terlarut yang berkurang.

12.3 Komponen Biotik dalam Ekosistem Perairan

Komponen biotik merupakan kumpulan organisme yang membentuk rantai dan jaring-jaring makanan. Komponen biotik dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu produsen (Autotrof), konsumen (heterotrof) dan dekomposer (pengurai). Produsen adalah kelompok organisme yang dapat berfotosintesis menjadi sumber energi bagi makhluk hidup lainnya, seperti fitoplankton (diatom dan *cyanobacteria*), Alga (termasuk alga hijau, cokelat, dan merah), Tumbuhan air (seperti eceng gondok (*Eichhornia*), hydrilla, teratai).

1. Fitoplankton dan Tumbuhan Air

Fitoplankton atau plankton nabati merupakan salah satu komponen biotik yang berperan penting dalam ekosistem perairan. Organisme mikroskopik ini hidupnya mengapung mengikuti arus air. Fitoplankton memiliki kemampuan untuk

membuat makanannya sendiri melalui proses yang disebut fotosintesis, sehingga termasuk dalam kelompok autotrof, dengan bantuan energi cahaya matahari mensintesis senyawa anorganik seperti CO_2 dan H_2O menjadi molekul karbohidrat dan oksigen yang dapat dimanfaatkan makhluk hidup lainnya seperti ikan di lingkungan perairan. Karena kemampuannya yang dapat berfotosintesis maka fitoplankton sering disebut sebagai produsen primer. Kelompok fitoplankton yang sering dijumpai di perairan tropis adalah dinoflagelat (*Dynophyceae*) dan diatom (*Bacillariophyceae*) (Nontji, 2008). Keberadaan Fitoplankton dalam suatu perairan dapat berperan sebagai salah satu sumber pakan alami bagi biota akuatik, Keberadaannya dalam suatu lingkungan perairan dapat dijadikan sebagai bio-indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan lingkungan (Wijaya Trian and Hariyati, 2011). Hal ini didasari oleh pengkayaan suatu lingkungan perairan akibat tingginya kandungan unsur hara (nutrient), seperti NO_3 (ion nitrat) dan PO_4 (ion fosfat) yang disebut eutrofikasi menyebabkan peningkatan produktivitas perairan seperti fitoplankton dan tumbuhan akuatik lainnya, sehingga pertumbuhan yang tidak terkendali menyebabkan terjadinya ledakan alga/blooming algae. Proses penguraian bahan organik menjadi bahan anorganik penyebab tingginya produktivitas fitoplankton disatu sisi menyebabkan bagian dasar perairan bersifat anoksik (lingkungan perairan tanpa oksigen). Massa air yang kaya NH_3 dan tanpa oksigen maka akan naik ke atas permukaan atau yang disebut “*overturns*” (pembalikan massa air) sehingga menyebabkan kematian ikan.

Alga (termasuk mikro alga dan makro alga) serta tumbuhan air memiliki berbagai peran dalam ekosistem perairan, yang mempengaruhi kehidupan ikan baik secara langsung maupun tidak langsung khususnya dalam rantai makanan hewan air. Interaksinya mencakup hubungan makanan, habitat, dan kualitas lingkungan. Alga dan tumbuhan air menjadi sumber pakan alami bagi beberapa

jenis ikan, terutama ikan herbivora seperti nila, bandeng, gurame. Peran alga lainnya bisa dimanfaatkan sebagai pengganti tepung Ikan dan minyak Ikan (Vijayaram *et al.*, 2024). Kebaruan dalam penerapan alga dalam akuakultur berasal dari peran dan manfaatnya yang beragam, seperti kapasitasnya untuk meningkatkan kualitas air, berfungsi sebagai suplemen pakan yang kaya nutrisi, dan meningkatkan kesehatan serta produktivitas spesies akuatik secara keseluruhan.

Mikro alga seperti *Arthrospira* (Spirulina), *Chlorella*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Isochrysis*, *Nannochloropsis*, *Pavlova*, dan *Schizochytrium* telah terbukti menjadi sumber nutrisi penting bagi hewan akuatik. Alga memiliki banyak khasiat yang bermanfaat, termasuk aktivitas imunostimulan, antioksidan, antiradang, dan antimikroba pada hewan akuatik, dan mikroalga mengubah karbon atmosfer menjadi produk bernutrisi tinggi (Vijayaram *et al.*, 2024). Alga meningkatkan bioekonomi sirkular dalam industri akuakultur, dan proses pengolahan alga merupakan metode yang berhasil untuk berbagai jenis air limbah dari sumber kota, industri, agroindustri, dan peternakan. Baik mikroalga maupun makro alga serta komponen penghasil alga seperti karbohidrat, lipid, dan protein merupakan zat bermanfaat dalam pakan akuatik dan meningkatkan kualitas pakan akuatik, kesehatan hewan akuatik, dan lingkungan akuatik (Vijayaram *et al.*, 2024).

Sementara itu untuk kelompok makroalga pernah dilakukan pengujian sebagai pakan tambahan yang diberikan pada jenis ikan lemon (*Labidochromis caeruleus*) selama 8 minggu dengan dosis 1.000 mg menghasilkan peningkatan pertumbuhan, kapasitas antioksidan, dan pigmentasi yang signifikan. Selain itu pemanfaatan spesies makroalga seperti *Ulva spp*, *Gracilaria spp*, dan *Fucus spp* pada konsentrasi mulai dari 2,5% hingga 7,5% menghasilkan beberapa efek positif pada ikan kerapu laut Eropa (*Dicentrarchus labrax*) (Vijayaram *et al.*, 2024)

12.4 Interaksi antar komponen penyusun ekosistem

Hubungan antara setiap komponen dalam suatu ekosistem baik itu komponen biotik dan abiotik sifatnya tidaklah selalu menguntungkan tetapi ada juga yang saling merugikan. Namun baik komponen biotik dan abiotik tidak bisa dipisahkan karena saling bergantung satu sama lain yang membentuk suatu pola interaksi. Beberapa contoh interaksi antar komponen penyusun ekosistem yaitu netral, predasi, komensalisme, mutualisme, kompetisi, pemangsaan.

1. Interaksi Antar Organisme

Jenis-jenis interaksi antar organisme, meliputi :

a. Netral

Netralisme sebenarnya bukanlah sebuah interaksi tetapi lebih cenderung digambarkan sebagai asosiasi/hubungan. Adanya satu populasi dalam interaksi netral tidak mempunyai pengaruh pada kehadiran populasi yang lain, sehingga interaksi tersebut tidak menghasilkan pengaruh pada organisasi ekologi dari komunitas atau ekosistem Contohnya : ikan lele dan keong air yang hidup di kolam yang sama. Keduanya menempati habitat yang sama tetapi memiliki sumber makanan dan perilaku yang berbeda atau antar keduanya tidak saling berinteraksi. Katak dan udang air tawar di danau. Katak berburu serangga, sementara udang mencari sisa organik di dasar perairan, disini terlihat jelas bahwa antara katak dan juga udang tidak ada interaksi langsung diantara mereka (Andi Tamsil M. *et al.*, 2019)

b. Predasi

Predasi adalah Interaksi yang terjadi ketika individu dari suatu spesies (predator) memangsa individu dari spesies lain (mangsa) sebagai sumber energi dan nutrisi. Contohnya ikan hiu memangsa ikan yang ukurannya lebih kecil. Ikan hiu merupakan predator tertinggi di ekosistem laut dan seringkali memangsa ikan kecil sebagai sumber makanannya.

c. Komensalisme

Komensalisme adalah bentuk interaksi antara individu yang memberikan keuntungan kepada salah satu individu jenis populasi, sementara yang lain tidak diuntungkan ataupun dirugikan. Contoh : Ikan gemih, kutu keluyu merupakan contoh hubungan komensalisme, di mana ikan ini menempel pada tubuh ikan yang ukurannya lebih besar. Ikan gemih memiliki alat pengisap berupa cakram (*suction disk*) dibagian atas kepalanya, yang merupakan hasil modifikasi dari sirip punggung. Alat ini memungkinkan ikan gemih melekat pada permukaan datar seperti tubuh hiu, penyu, bahkan perahu atau kapal. Umumnya, tubuh hiu besar menjadi tempat menempel bagi beberapa ekor ikan gemih sekaligus. Selain mendapatkan tempat tinggal, ikan gemih juga memperoleh perlindungan dari predator karena keberadaannya dekat dengan hiu. Hiu sendiri tampaknya tidak terganggu oleh kehadiran ikan gemih, karena tidak ditemukan adanya sisa ikan gemih dalam saluran pencernaannya (Andi Tamsil M. *et al.*, 2019)

d. Mutualisme

Mutualisme adalah bentuk interaksi yang sifatnya menguntungkan kedua populasi atau spesies. Contohnya di wilayah terumbu karang, beberapa jenis ikan seperti dari genus *Labroides* dan *Thalassoma* menjaga area tertentu di sekitar batu karang yang dikenal sebagai "stasiun pembersihan", tempat ikan-ikan lain berkumpul. Ikan-ikan pembersih ini memakan kotoran dan parasit dari tubuh ikan pengunjung, bahkan terkadang masuk ke dalam insang atau mulut mereka. Ikan pembersih memperoleh makanan dari aktivitas ini, sementara ikan yang datang mendapatkan manfaat berupa tubuh yang bersih dari parasit. Apabila ikan pembersih meninggalkan area tersebut, ikan-ikan pendatang cenderung merasa terganggu karena peningkatan jumlah parasit, bahkan bisa memilih pergi. Sebaliknya, bila populasi pembersih meningkat,

gangguan akibat parasit menurun, dan jumlah ikan pengunjung bertambah. Hubungan ini tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga berperan penting dalam struktur komunitas ekosistem karang. Meski demikian, hubungan antara ikan predator yang tidak memangsa ikan lain saat proses pembersihan berlangsung hanyalah bersifat sementara selama proses pembersihan saja, setelah itu, hubungan predator-mangsa kembali berlangsung seperti biasa. (Andi Tamsil M. *et al.*, 2019)

2. Interaksi Antar Populasi

a. Kompetisi

Kompetisi terjadi ketika dua atau lebih organisme memerlukan sumber daya alam yang sama, namun ketersediaannya terbatas sehingga tidak mampu memenuhi seluruh kebutuhan mereka. Menurut (Martin, 2012) kompetisi merupakan bentuk interaksi yang muncul ketika dua atau lebih organisme, populasi, atau spesies memanfaatkan sumber daya lingkungan yang sama secara bersamaan, terutama saat ketersediaannya terbatas. Secara umum, organisme yang terlibat dalam kompetisi memiliki kebutuhan dan peran ekologi yang hampir sama, meskipun terdapat beberapa pengecualian. Dalam lingkungan perairan yang kekurangan oksigen, makhluk hidup seperti bakteri dan ikan dapat saling bersaing untuk mendapatkan oksigen yang terbatas (Andi Tamsil M. *et al.*, 2019)

Pada beberapa jenis ikan, persaingan dapat muncul dalam hal pembuatan atau pemilihan lokasi sarang pemijahan. Sebagai contoh, ikan salmon yang datang belakangan ke area pemijahan mungkin tidak menemukan tempat yang tersedia untuk membuat sarang. Dalam kondisi seperti itu, ikan yang datang terlambat sering kali merusak sarang milik ikan lain yang sudah lebih dulu tiba. Konflik perebutan tempat kerap terjadi, di mana ikan yang lebih kuat akan mengusir yang

lebih lemah. Ikan yang kalah biasanya harus mencari lokasi baru yang mungkin tidak ideal bagi perkembangan anak-anaknya.

Selain itu, selama musim pemijahan, beberapa spesies ikan juga menunjukkan persaingan untuk mendapatkan pasangan betina. Ikan jantan biasanya menampilkan ciri-ciri seksual sekunder yang mencolok, seperti warna tubuh yang lebih cerah atau pola tertentu, untuk menarik perhatian betina. Dalam beberapa kasus, jantan juga membangun sarang sebagai daya tarik tambahan bagi calon pasangan. Persaingan ini bisa mengarah pada perkelahian sengit antar jantan. Contohnya, pada ikan belut (*Monopterus albus*), jantan menggali lubang berbentuk huruf "U" di daerah dangkal dan membentuk gumpalan busa di dekat salah satu ujung sarangnya, kemudian menunggu kedatangan betina untuk kawin. Busa yang dihasilkan oleh induk jantan diduga berfungsi untuk menarik perhatian induk betina. Ikan sepat (*Trichogaster*, *Trichopterus*) juga dikenal memiliki perilaku pemijahan dengan membangun sarang berbentuk busa menyerupai balon. Sarang tersebut dibuat oleh jantan dengan diameter sekitar 5 cm dan selain berfungsi sebagai tempat peletakan telur, juga diduga menjadi daya tarik bagi betina. Ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) memiliki kebiasaan membangun sarang pemijahan menggunakan potongan rumput, tumbuhan air, atau serat-serat lain yang ditemukan di sekitarnya. Sarang tersebut dibuat oleh jantan, yang kemudian akan berenang hilir-mudik di depan sarang sambil memamerkan keindahan tubuhnya dan sesekali mencoba menggiring betina mendekati sarang untuk memijah (Andi Tamsil M. *et al.*, 2019).

Persaingan dalam pemanfaatan ruang juga berdampak pada pertumbuhan ikan. Di habitat dengan pertumbuhan tumbuhan air yang padat, ikan kesulitan memanfaatkan ruang secara optimal. Saat siang hari, proses fotosintesis menyebabkan kadar oksigen (O₂)

dalam air meningkat hingga jenuh. Namun pada malam hari, selain hewan-hewan air, tumbuhan juga menggunakan oksigen untuk bernapas, sehingga kandungan oksigen dalam air bisa menurun drastis, bahkan habis, yang dapat membahayakan ikan. Oleh karena itu, dalam budidaya ikan di kolam atau tambak dengan kepadatan tinggi, biasanya dilakukan penambahan oksigen melalui proses aerasi (Andi Tamsil M. *et al.*, 2019)

b. Pemangsaan

Pemangsaan atau predasi merupakan bentuk interaksi antara dua populasi hewan, di mana satu pihak, yaitu predator, mengejar, menangkap, dan membunuh pihak lainnya, yaitu mangsa, untuk dijadikan sumber makanan (Tamsil *et al.*, Predasi merupakan bentuk interaksi populasi yang bersifat antagonistik, yaitu hubungan antara dua organisme di mana salah satu jenis populasi memakan yang lainnya. Organisme yang melakukan pemangsaan disebut predator, sedangkan yang dimakan disebut mangsa. Dalam aliran energi, predator bisa berupa karnivora, herbivora, maupun omnivora. Interaksi ini dapat terjadi antar individu dari spesies yang sama (intraspesifik) maupun antar spesies yang berbeda (interspesifik). Contoh Fitoplankton berperan sebagai produsen primer dalam ekosistem perairan dan menjadi sumber makanan bagi hewan-hewan herbivora. Hewan herbivora ini kemudian dimakan oleh karnivora, yang selanjutnya juga dapat dimangsa oleh karnivora lain yang lebih besar. Proses ini berlanjut hingga mencapai karnivora puncak (*top carnivore*), yakni organisme yang berada di tingkat tertinggi rantai makanan dan tidak memiliki pemangsa alami. Setiap perpindahan dari satu tingkat trofik ke tingkat berikutnya, khususnya di antara karnivora, membutuhkan energi yang lebih besar per individu. Oleh karena itu, pada ikan, predator puncak seperti hiu

memangsa berbagai jenis ikan dan hewan laut besar lainnya.

3. Interaksi antar komunitas

Interaksi antara komunitas merupakan bentuk interaksi yang terjadi antara beberapa populasi yang memiliki keterkaitan pada suatu wilayah. Contoh: interaksi komunitas plankton dan komunitas ikan.

4. Interaksi Antar komponen Abiotik

Interaksi antara komponen abiotik merupakan interaksi yang terjadi pada lingkungan ekosistem perairan, perubahan faktor lingkungan tertentu dapat mempengaruhi perubahan faktor lingkungan yang lain. Contoh: Kenaikan suhu air perairan mempengaruhi nilai salinitas perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Tamsil M. *et al.* (2019) *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Ayuniar, L.N. and Hidayat, J.W. (2018) 'Analisis kualitas fisika dan kimia air di kawasan budidaya perikanan Kabupaten Majalengka', *Jurnal EnviScience (Environment Science)*, 2(2).
- Effendi, H. (2003) *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Perairan*. PT Kanisius.
- Ghufran, H., Kordi, K. and Tanjung, A.B. (2007) 'Pengelolaan Kualitas Air', *Penerbit Rineka Cipta. Jakarta* [Preprint].
- Hasan, S., Saraswati, E. and Setyaningrum, E.W. (2022) 'PENGARUH PERBEDAAN SALINITAS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KELANGSUNGAN HIDUP BENIH IKAN KERAPU CANTANG (*Epinephelus Fuscoguttatus Lanceolatus*)', *Journal of Sustainable Agriculture and Fisheries*, 2(2), pp. 74–84.
- Indonesia, S.N. and Nila, P.I. (2009) 'Kelas Pembesaran di Kolam Air Tenang', *Badan Standarisasi Nasional ICS 61*, 250.
- Kelana, P.P. *et al.* (2021) 'Studi Kesesuaian Kualitas Air Untuk Budidaya Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) di Kampung Lauk Kabupaten Bandung', *Aurelia Journal*, 2(2), pp. 159–164.
- Laila, K. (2018) 'Pengaruh Suhu yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)'.
- Latuconsina, H. (2021) *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas Adaptasi Ancaman dan Pengelolaannya*. UGM PRESS.
- Martin, E.A. (2012) 'Kamus Sains', *Yogyakarta: Pustaka Pelajar* [Preprint].
- Nontji, A. (2008) *Plankton laut*. Yayasan Obor Indonesia.
- Tamsil, A. *et al.* (no date) *Biologi Perikanan*.
- Vijayaram, S. *et al.* (2024) 'Use of Algae in Aquaculture: A Review', *Fishes*, 9(2), p. 63. Available at: <https://doi.org/10.3390/fishes9020063>.

- Walhi, J. (2006) 'Walhi jatim Tolak Pembuangan Lumpur Lapindo ke Badan Sungai dan Laut'. Sidoarjo.
- Wijaya Trian, S. and Hariyati, R. (2011) 'Struktur komunitas fitoplankton sebagai bio indikator kualitas perairan Danau Rawapening Kabupaten Semarang Jawa Tengah', *Anatomi Fisiologi*, 19(1), pp. 55–61.
- Yayat Dhahiyat (2014) *Perairan, Lingkungan Hidup Dan Budidaya*. Bandung: Arsad Press.

BAB 13

PERAN IKAN DALAM EKOSISTEM PERAIRAN

Oleh Yeni Indriani

13.1 Pendahuluan

Ekosistem perairan merupakan sistem ekologis yang mencakup interaksi antara komponen biotik (makhluk hidup) dan abiotik (lingkungan fisik) dalam lingkungan perairan. Di dalam ekosistem ini, ikan memegang peran penting sebagai salah satu komponen biotik yang dominan (Fauziah *et al.*, 2017). Interaksi ikan sebagai komponen biotik ini bersifat dinamis dan sangat kompleks karena melibatkan berbagai organisme, termasuk ikan, tumbuhan air, mikroorganisme, serta unsur-unsur fisik seperti cahaya, suhu, arus, dan kandungan kimia air. Ekosistem perairan dapat berbentuk perairan darat seperti sungai, danau, dan rawa, maupun ekosistem laut seperti terumbu karang dan estuari.

Ikan memiliki posisi yang sangat sentral dalam jaring-jaring makanan, berfungsi sebagai konsumen di berbagai tingkat trofik. Ikan juga terlibat dalam interaksi kompleks dengan organisme lain, termasuk plankton sebagai sumber makanan utama dan predator lainnya (Chodriyah dan Setyadji, 2017). Sebagai konsumen primer, sekunder, maupun predator puncak, ikan berperan dalam mengatur keseimbangan populasi organisme lain di dalam ekosistem. Ikan memakan fitoplankton, zooplankton, invertebrata dan sesama ikan, serta menjadi makanan bagi predator lain seperti burung, reptil dan mamalia laut.

Ikan juga dapat berkontribusi dalam pengendalian hama dan penyakit. Sebagai contoh, ikan *Oreochromis niloticus* diketahui efektif dalam mempredasi larva malaria (Yahya *et al.*, 2022). Keberadaan spesies ikan tertentu dapat membantu

memelihara struktur komunitas di mana ikan tersebut berada sehingga berkontribusi pada kesehatan keseluruhan ekosistem (Jemi, Karlina dan Nugraha, 2022). Ikan juga berkontribusi dalam siklus nutrisi, jasa ekosistem, dan menjadi indikator penting dalam menilai kesehatan lingkungan perairan. Melalui aktivitas biologisnya seperti makan, ekskresi dan pergerakan, ikan membantu proses daur ulang nutrisi yang penting untuk produktivitas primer perairan.

Di samping peran ekologisnya, ikan juga memiliki manfaat ekonomi yang signifikan. Hal ini tercermin dari pengembangan budidaya ikan air tawar di Bendungan Batu Bulan Moyo Hulu yang bertujuan meningkatkan pendapatan masyarakat sekaligus melestarikan ekosistem perairan (Rahayu *et al.*, 2023). Mengingat banyaknya peran ikan dalam ekosistem, pemahaman yang mendalam tentang peran tersebut menjadi sangat penting dalam konteks pengelolaan sumber daya perikanan dan pelestarian lingkungan. Pengetahuan ini menjadi landasan bagi perumusan kebijakan konservasi, rehabilitasi habitat, serta pengembangan perikanan yang berkelanjutan. Oleh karena itu, pengelolaan dan perlindungan spesies ikan menjadi hal yang krusial, tidak hanya untuk menjaga keseimbangan ekosistem, tetapi juga untuk memastikan keselarasan dengan kebutuhan manusia.

Bab ini akan membahas berbagai peran ikan dalam ekosistem perairan, mulai dari fungsi ekologisnya dalam jaring makanan dan daur nutrisi, kontribusi ikan sebagai komoditi budidaya, potensi ikan sebagai bioindikator, hingga berbagai tantangan dan strategi konservasi untuk mempertahankan peran penting ikan dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan

13.2 Ikan sebagai Komponen Biotik Ekosistem

Ikan merupakan komponen biotik utama dalam ekosistem perairan. Sebagai komponen biotik, ikan berfungsi dalam beberapa peran yang berbeda dalam ekosistem perairan. Dalam konteks konsumerisme, ikan dapat dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu herbivor yang memakan tumbuh-tumbuhan, karnivor yang berburu hewan lain dan omnivor yang

memanfaatkan kedua sumber makanan tersebut. Masing-masing jenis ikan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan spesies di dalam ekosistem. Misalnya, ikan herbivor membantu mengurangi pertumbuhan alga yang berlebihan yang jika tidak terkendali dapat mengakibatkan penurunan kualitas air (Widarmanto, Haeruddin dan Purnomo, 2019). Selain itu, ikan herbivora berperan sebagai pengatur dinamika komunitas di ekosistem terumbu karang dan lamun. Kehadiran spesies ikan dari famili siganidae dan scaridae sangat penting untuk mengontrol pertumbuhan alga di terumbu karang, karena ikan tersebut memangsa alga dan membantu menjaga keseimbangan antara alga dan koral (Belinda, Pribadi dan Ulumuddin, 2022). Keberadaan ikan berkontribusi pada keberlanjutan komunitas karang yang merupakan habitat bagi banyak spesies ikan lainnya serta keanekaragaman hayati laut secara keseluruhan.

Ikan sebagai organisme karnivor berperan sebagai predator utama dalam ekosistem perairan karena berperan penting dalam menjaga keseimbangan populasi spesies lain (Hasrianti, Surianti dan Rahmat, 2020). Dengan pola makan yang sebagian besar terdiri dari daging, ikan karnivora berkontribusi dalam pengontrolan jumlah spesies mangsa, yang memungkinkan stabilitas dalam komunitas ikan dan mencegah terjadinya populasi spesies mangsa yang berlebihan (Sulardiono, Niniek dan Raisa, 2022). Sebagai predator, ikan karnivora memiliki kemampuan adaptasi dan strategi berburu yang beragam. Misalnya, ikan sembilang (*Plotosus canius*) dan ikan layur (*Trichiurus lepturus*) yang memiliki kemampuan menangkap mangsanya yang beragam, termasuk udang, ikan kecil, dan krustasea lainnya. Kemampuan berburu spesies tersebut memungkinkan untuk bersaing dengan spesies lain yang memanfaatkan sumber makanan serupa sehingga menciptakan kompetisi makanan yang dapat berpengaruh pada komposisi spesies dalam ekosistem (Fatah dan Asyari, 2017).

Interaksi lain yang dapat terjadi pada ikan dalam konteks konsumerisme adalah sebagai predator dan mangsa. Predator yang lebih besar mengontrol jumlah spesies mangsanya, mencegah spesies tersebut menjadi dominan dan merusak

keseimbangan ekosistem (Hasrianti, Surianti dan Rahmat, 2020). Selain itu, peran ikan dalam menjaga keseimbangan populasi organisme lain juga tidak dapat diabaikan; ketika ikan tertentu mengalami penurunan jumlah, spesies lainnya bisa meningkat secara signifikan dan mempengaruhi struktur komunitas (Widarmanto, Haeruddin dan Purnomo, 2019). Interaksi ikan sebagai predator dan mangsa juga menciptakan keseimbangan alami dalam ekosistem. Ketika salah satu komponen populasi berubah secara drastis, keseimbangan ini bisa terganggu. Misalnya, penurunan jumlah ikan pemangsa dapat menyebabkan peningkatan populasi plankton atau serangga air yang berdampak pada kualitas air.

Ikan omnivora memiliki posisi yang unik dalam ekosistem perairan karena kemampuan untuk mengonsumsi berbagai jenis makanan, baik hewan maupun tumbuhan. Ikan jenis ini berfungsi sebagai jembatan dalam rantai makanan, berperan penting dalam membantu mengalirkan energi dari berbagai sumber makanan ke dalam ekosistem (Fauziah *et al.*, 2017). Contoh ikan omnivora yang umum ditemui dalam ekosistem perairan meliputi ikan ilat (*Cynoglossus puncticeps*), selok (*Sardinella gibbosa*) dan kada yang dapat mengonsumsi berbagai macam fitoplankton, zooplankton, serangga, serta sisa-sisa organik lainnya (Widarmanto, Haeruddin dan Purnomo, 2019).

13.3 Ikan dalam Siklus Nutrien

Ikan memainkan peran yang sangat penting dalam siklus nutrien perairan melalui berbagai mekanisme, termasuk aktivitas makan, ekskresi dan pergerakan. Peran dalam proses akumulasi dan sirkulasi nutrient ditunjukkan pada saat ikan mencari makan di berbagai stratifikasi ekosistem perairan, seperti ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang yang merupakan habitat kaya nutrien. Ekosistem mangrove berfungsi sebagai area pencarian makan yang optimal bagi ikan sehingga berkontribusi pada ketersediaan nutrien yang lebih tinggi dalam ekosistem perairan (Belinda, Pribadi dan Ulumuddin, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa melalui

pencarian makanan, ikan membantu mendistribusikan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor ke kawasan yang lebih luas.

Ekskresi ikan juga merupakan faktor penting dalam dinamika nutrien. Selama proses metabolisme, ikan mengeluarkan limbah nitrogen dalam bentuk amonia yang dapat digunakan oleh mikroorganisme dan makroalga sebagai sumber nutrien yang mendukung produktivitas primer di perairan. Limbah yang dihasilkan dari budidaya ikan dapat meningkatkan ketersediaan nutrien dalam perairan. Dengan demikian, ekskresi ikan berkontribusi langsung pada peningkatan unsur hara yang mendukung pertumbuhan organisme akuatik lainnya. Nutrien ini penting bagi pertumbuhan fitoplankton, yang merupakan produsen primer dalam ekosistem perairan (Radiarta, Erlania dan Ketut, 2014). Selain itu, Kotoran ikan dan sisa pakan yang tidak terpakai dapat menyebabkan peningkatan kadar nitrogen dan fosfat dalam air dan jika dikelola dengan baik, dapat dimanfaatkan oleh rumput laut yang berkontribusi pada penyerapan kembali nutrisi dan meningkatkan produktivitas perairan.

Aktivitas pergerakan ikan dalam ekosistem air tawar, laut dan terumbu karang memberikan kontribusi signifikan terhadap distribusi spasial nutrien. Pergerakan ikan di dalam berbagai habitat menciptakan saluran untuk mentransfer nutrien antara lingkungan yang berbeda. Ikan tidak hanya mengambil nutrien melalui proses pencernaan tetapi juga melepaskannya kembali ke lingkungan melalui ekskresi yang memiliki efek pada dinamika nutrien di ekosistem, terutama pada lingkungan estuari dan terumbu karang. Penelitian menunjukkan bahwa ikan anadromus seperti salmon menyuplai nutrien yang diperoleh dari habitat laut ke ekosistem air tawar selama migrasi ikan tersebut untuk bertelur. Nutrien yang tersimpan dalam tubuh ikan akan diekskresikan ke dalam sungai dan memberikan dampak positif pada perairan tersebut (Dunkle *et al.*, 2020).

13.4 Ikan sebagai Bioindikator Kesehatan Ekosistem

Ikan memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan lingkungan perairan sehingga dapat berfungsi sebagai bioindikator untuk menilai kondisi ekosistem. Perubahan kualitas air seperti pencemaran bahan kimia, perubahan suhu dan penurunan oksigen terlarut dapat memengaruhi perilaku, fisiologi dan populasi ikan.

Peran ikan sebagai bioindikator kesehatan ekosistem akuatik, termasuk terumbu karang dan ekosistem perairan lainnya dapat dilihat dari kemampuan ikan dalam mengindikasikan kualitas lingkungan dan kesehatan ekosistem terutama di habitat yang rentan seperti terumbu karang dan mangrove. Fungsi ini didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa spesies ikan kakatua (*Scaridae*) dapat mencerminkan tingkat kesehatan habitat terumbu karang. Keberadaan spesies tersebut dalam jumlah yang banyak dapat mengendalikan pertumbuhan makroalga yang mendukung regenerasi karang sehingga keberadaan spesies tersebut dapat mengindikasikan bahwa terumbu karang dalam suatu perairan dalam kondisi yang baik (Raynaldo *et al.*, 2023). Selain itu, kelimpahan ikan karang dan proporsi ikan herbivor yang tinggi di terumbu karang dapat mengindikasikan bahwa bioma terumbu karang dalam perairan tersebut dalam kondisi baik (Rosa *et al.*, 2021).

Ikan juga berfungsi sebagai bioindikator yang efektif untuk menilai kualitas perairan, baik yang bersih maupun tercemar. Keberadaan berbagai spesies ikan dapat menunjukkan kondisi ekologis dan tingkat pencemaran di lingkungan perairan. Misalnya, penelitian di Sungai Way Umpu menunjukkan bahwa nilai *Nutrition Value Coefficient* (NVC) ikan dapat menggambarkan kualitas perairan dan tingkat pencemaran, sehingga ikan menjadi salah satu indikator penting dalam evaluasi status lingkungan perairan (Tugiyono *et al.*, 2022). Konsep ini juga didukung oleh studi lain yang menunjukkan bahwa ikan yang hidup di lingkungan tercemar akan menunjukkan perubahan tertentu dalam kesehatan dan populasi,

yang dapat dianalisis untuk menilai dampak pencemaran (Cristina, Rahardjo dan Kisworo, 2023). Contoh jenis ikan yang dapat menjadi indikator perairan belum tercemar adalah ikan hiu. Ikan hiu sebagai predator puncak dalam rantai makanan, diidentifikasi sebagai indikator penting kesehatan ekosistem laut di mana penurunan populasinya sering kali mencerminkan adanya masalah dalam kesehatan dan keseimbangan ekosistem (Bahar dan Bagus, 2023).

Keberagaman spesies ikan di berbagai ekosistem air tawar dan laut, seperti yang ditunjukkan di Danau Sipogas, juga berfungsi sebagai indikator kualitas lingkungan (Fauziah *et al.*, 2017). Ketika kondisi lingkungan memburuk, keanekaragaman ikan cenderung menurun sehingga dapat mempengaruhi stabilitas dan fungsi ekosistem secara keseluruhan. Dengan demikian, pengamatan terhadap populasi dan perilaku ikan dapat memberikan informasi mengenai dampak ancaman lingkungan, termasuk polusi dan perubahan iklim terhadap ekosistem akuatik.

Penggunaan ikan sebagai indikator biologis banyak digunakan dalam pemantauan kualitas air, baik di perairan tawar maupun laut. Parameter biologis yang diamati meliputi keanekaragaman spesies, rasio antara spesies sensitif dan toleran, serta kondisi morfologis dan fisiologis ikan. Sebagai bioindikator, ikan dapat merefleksikan perubahan lingkungan akibat pencemaran atau perubahan iklim yang mempengaruhi habitat ikan tersebut. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa analisis panjang dan bobot ikan, seperti dalam studi mengenai ikan wader bintik dua (*Barbodes binotatus*) dapat memberikan gambaran mengenai kondisi habitat ikan tersebut (Jusmaldi dan Hariani, 2019).

Perubahan pada jaringan tubuh ikan seperti insang, hati dan jaringan otot juga digunakan untuk mendeteksi adanya kontaminan logam berat atau bahan kimia berbahaya lainnya. Analisis bioakumulasi pada ikan dapat memberikan informasi tentang tingkat pencemaran jangka panjang dalam ekosistem. Pada pemeriksaan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) dapat ditemukan logam berat timbal (Pb) pada jaringan ikan (Azmi dan

Winarsih, 2021). Akumulasi logam berat seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan timbal (Pb) dalam tubuh ikan yang terpapar di perairan, yang berpotensi membahayakan organisme dan manusia yang mengonsumsinya (Caksana, Aritonang dan Sofiana, 2021).

Ikan juga digunakan dalam bioassay, yaitu uji biologis untuk menentukan toksisitas suatu zat atau air berdasarkan reaksi organisme hidup. Metode ini efektif untuk menilai dampak zat pencemar terhadap kehidupan akuatik secara real time dan aplikatif dalam pengawasan lingkungan. Salah satu contoh penggunaan ikan sebagai bioassay dapat dilihat pada toksisitas aplikasi Gramoxone terhadap ikan betok (*Anabas testudineus*) yang menunjukkan bahwa ikan dapat berperan sebagai bioindikator yang efektif untuk menilai dampak toksik dari pestisida terhadap ekosistem akuatik (Akhmadi, 2021). Penggunaan embrio ikan zebra (*Danio rerio*) sebagai model untuk menguji toksisitas ekstrak tanaman menunjukkan bahwa ikan dapat menjadi model yang efisien dalam penentuan toksisitas senyawa aktif (Paramita, Indah dan Muhamad, 2021).

13.5 Ikan Sebagai Komoditi Budiaya

Budidaya ikan merupakan salah satu bentuk akuakultur yang fokus pada pemeliharaan spesies akuatik di lingkungan terkendali untuk meningkatkan produksi dan memenuhi permintaan pasar. Proses ini tidak hanya menyediakan sumber protein yang dibutuhkan masyarakat, tetapi juga mendukung ekonomi lokal melalui penciptaan lapangan kerja dan penghidupan bagi petani ikan (Hermawan, Amanah dan Fatchiya, 2017). Salah satu ikan yang umum dibudidayakan di Indonesia adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan gurame (*Osphronemus gouramy*). Kedua jenis ikan ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi, dengan permintaan konsumen yang terus meningkat (Siri *et al.*, 2023). Ikan nila dikenal karena pertumbuhannya yang relatif cepat dibandingkan dengan ikan air tawar lainnya, sedangkan gurame digemari karena dagingnya yang lezat (Widyaningrum, Simanjutak dan Susatyo, 2017).

13.5.1 Sumber Pangan Bergizi

Ikan merupakan sumber pangan yang sangat bergizi karena tingginya kandungan protein dan nutrisi esensial yang terdapat di dalam ikan sehingga menjadikan ikan pilihan yang baik untuk mendukung kesehatan tubuh. Ikan mengandung protein berkualitas tinggi serta berbagai vitamin dan mineral yang vital untuk kesehatan, terutama di negara maritim seperti Indonesia yang kaya akan sumber daya laut. Protein yang terdapat dalam ikan juga lebih mudah dicerna dibandingkan dengan protein dari sumber lainnya, serta mengandung asam lemak omega-3 yang bermanfaat bagi kesehatan jantung dan otak (Rahma *et al.*, 2024). Sebuah studi menunjukkan bahwa ikan kakap merah dan kerapu bebek memiliki kandungan protein total yang tinggi, dengan kerapu bebek memiliki rata-rata kandungan protein sebesar 43,08%, yang menunjukkan bahwa ikan laut ini adalah pilihan yang sangat baik untuk meningkatkan asupan protein (Natsir, 2018).

13.5.2 Menopang Perekonomian Masyarakat

Budidaya ikan merupakan komponen penting dalam perekonomian masyarakat, terutama di negara dengan sumber daya perikanan yang melimpah seperti Indonesia. Aktivitas ini tidak hanya menyediakan sumber pangan bergizi, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan pendapatan dan penciptaan lapangan kerja. Beragam jenis ikan dan metode budidaya yang diterapkan memberikan potensi ekonomi yang signifikan bagi komunitas lokal.

Salah satu contoh budidaya yang dilakukan adalah budidaya ikan dalam ember (budikdamber) yang dapat menjadi alternatif usaha yang efektif, terutama di daerah dengan lahan terbatas. Teknik ini memungkinkan masyarakat untuk memproduksi ikan secara efisien dan dapat diakses oleh berbagai lapisan Masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa budidaya ikan dapat meningkatkan ketersediaan sumber protein di tingkat rumah tangga, yang sangat penting untuk kesehatan Masyarakat (Mulyani, Pratiwi dan Agung, 2021). Selain itu, budidaya ikan juga menciptakan lapangan kerja. Pemberdayaan masyarakat

melalui pembuatan keramba jaring apung (KJA) di Desa Banaran telah menunjukkan bahwa penerapan teknologi sederhana dapat meningkatkan perekonomian masyarakat dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air.

13.5.3 Mendukung Ketahanan Pangan Nasional

Budidaya ikan berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional di Indonesia, terutama di tengah tantangan pertumbuhan populasi dan kebutuhan pangan yang terus meningkat. Dengan meningkatkan produksi ikan melalui berbagai metode budidaya, peluang untuk memastikan ketersediaan pangan bergizi dapat terwujud. Budidaya ikan dapat dilakukan secara skala kecil hingga besar dan dapat diterapkan di berbagai jenis lingkungan, seperti di daerah pedesaan atau perkotaan.

Salah satu contoh sistem budidaya adalah sistem akuaponik, dimana system ini semakin populer sebagai pendekatan integratif antara budidaya ikan dan pertanian. Sistem budidaya akuaponik dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya dengan mendaur ulang nutrisi dari kotoran ikan sebagai pupuk untuk tanaman. Dengan cara ini, tidak hanya ikan yang dihasilkan, tetapi juga tanaman sayuran yang dapat memenuhi kebutuhan gizi Masyarakat (Indriani dan Ulaan, 2024). Metode ini sangat mendukung ketahanan pangan karena memungkinkan individu atau komunitas untuk memproduksi makanan mereka sendiri di lahan terbatas yang sering ditemukan di daerah perkotaan. Contoh lain budidaya adalah dengan pemanfaatan tambak untuk budidaya ikan nila salin (Indriani, Ulaan dan Salselah, 2024).

13.6 Ancaman Terhadap Peran Ekologi Ikan

Ancaman terhadap peran ekologis ikan dalam ekosistem dapat beragam dan memberikan dampak yang signifikan terhadap keseimbangan ekosistem, keanekaragaman hayati dan produktivitas perairan. Salah satu ancaman utama adalah introduksi spesies ikan asing invasif ke dalam ekosistem lokal. Ikan asing invasif sering kali berkompetisi dengan spesies lokal

untuk sumber daya, yang dapat menyebabkan penurunan kelimpahan dan keberagaman spesies ikan endemik (Syafei dan Sudinno, 2018). Studi menunjukkan bahwa kehadiran ikan asing dapat mengubah struktur komunitas ikan dan interaksi trofik di dalam ekosistem (Hedianto dan Sentosa, 2019). Misalnya, penelitian di Danau Matano di Sulawesi Selatan menunjukkan bagaimana spesies asing dapat mengganggu interaksi antar spesies ikan lokal serta mempengaruhi kestabilan ekosistem

Ancaman lain bagi ekosistem perairan adalah aktivitas manusia, termasuk yang berdampak pada padang lamun, yang merupakan habitat penting bagi banyak spesies ikan. Lalu lintas perkapalan, pembangunan daerah pesisir dan aktivitas pertambangan telah menyebabkan degradasi padang lamun di Bangka Selatan, yang memengaruhi fungsi ekologisnya sebagai habitat ikan (Haptari *et al.*, 2024). Keberadaan lamun berfungsi sebagai tempat mencari makan, pemijahan, dan perlindungan bagi berbagai spesies ikan. Ancaman terhadap padang lamun ini dapat mengakibatkan penurunan populasi ikan yang signifikan.

Praktik penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan juga menjadi ancaman serius terhadap ekosistem akuatik. Metode penangkapan yang merusak, seperti pengeboman ikan, mengakibatkan kerusakan habitat dan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan (Saputra, Ida dan Maisa, 2022). Penangkapan berlebihan tidak hanya mengancam populasi ikan target, tetapi juga spesies non-target, yang dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati. Hal ini berdampak pada gangguan rantai makanan dalam ekosistem, yang dapat mengganggu stabilitas dan fungsi ekosistem (Taurusman *et al.*, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi, A. (2021). Dampak Aplikasi Gramoxone 276 SL terhadap Mortalitas Ikan Betok (*Anabas testudineus*) pada Area Lahan Pertanian di Kecamatan Teluk Sampit, *BiosciED: Journal of Biological Science and Education*, 2(2), pp. 59–65. <https://doi.org/10.37304/bed.v2i2.4279>.
- Azmi, A. dan Winarsih, W. (2021). Upaya Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) dengan Menggunakan Filtrat Tomat (*Solanum lycopersicum*), *LenteraBio : Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2), pp. 213–219. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n2.p213-219>.
- Bahar, A. dan Bagus, A.K. (2023). Klasifikasi Spesies Hiu Dengan Arsitektur, *Journal Of Computer Science And Technology (JOCSTEC)*, 1(3), pp. 118–123. <https://doi.org/10.59435/jocstec.v1i3.120>.
- Belinda, C.A., Priyadi, R. dan Ulumuddin, Y.I. (2022). Konektivitas Mangrove dan Terumbu Karang Berdasarkan Komunitas Ikan Karang (Studi Kasus: Kepulauan Mentawai dan Belitung), *Journal of Marine Research*, 11(4), pp. 738–751. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.32346>.
- Caksana, M.U. et al. (2021). Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Hg pada Ikan di Pantai Samudra Indah Kabupaten Bengkayang, *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(3), p. 109. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v4i3.47696>.
- Chodriyah, U. dan Setyadji, B. (2017) Hubungan antara kelimpahan plankton dengan hasil tangkapan ikan tuna madidihang (*Thunnus albacares*) di Perairan Kepulauan Banda, Ambon, *Depik*, 6(2), pp. 154–166. <https://doi.org/10.13170/depik.6.2.7619>.
- Cristina, N.Y., Rahardjo, D. and Kisworo (2023) 'Profil Cemaran Kromium dan Akumulasinya pada Ikan di Muara Sungai Opak Kabupaten Bantul', *Sciscitatio*, 4(2), pp. 93–102. Available at: <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2023.42.139>.

- Dunkle, M.R. *et al.* (2020). Factors affecting the fate of Pacific lamprey carcasses and resource transport to riparian and stream macrohabitats, *Freshwater Biology*, 65(8), pp. 1429–1439. <https://doi.org/10.1111/fwb.13510>.
- Fatah, K. and Asyari, A. (2017). Beberapa Aspekbiologi Ikan Sembilang (*Plotosus Canius*) di Perairan estuaria banyuasin, Sumatera Selatan, *BAWAL*, 3(4), p. 225. <https://doi.org/10.15578/bawal.3.4.2011.225-230>.
- Fauziah, Pu. *et al.* (2017). Keanekaragaman Ikan (Pisces) Di Danau Sipogas Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau, *Jurnal Biologi Udayana*, 21(1), p. 17. <https://doi.org/10.24843/jbiounud.2017.vol21.i01.p04>.
- Haptari, R. *et al.* (2024). Hubungan Ikan dengan Padang Lamun di Perairan Bangka Selatan, Kepulauan Bangka Belitung, *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(1), pp. 39–50. <https://doi.org/10.14710/jkt.v27i1.20953>.
- Hasrianti, Surianti dan Rahmat, M.R. (2020). Pengaruh Ledakan Populasi Ikan Sapu-Sapu (*Pterygoplichthys* Spp) Terhadap Produksi Hasil Tangkapan Jaring Insang Di Perairan Danau Sidenren', *Albacore Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 4(1), pp. 013–019. <https://doi.org/10.29244/core.4.1.013-019>.
- Hedianto, D.A. dan Sentosa, A.A. (2019). Interaksi Trofik Komunitas Ikan Di Danau Matano, Sulawesi Selatan Pasca Berkembangnya Ikan Asing Invasif, *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 25(2), p. 117. <https://doi.org/10.15578/jppi.25.2.2019.117-133>.
- Hermawan, A., Amanah, S. dan Fatchiya, A. (2017). Participation of Fish Farmers in Aquaculture Farming Group in Tasikmalaya District West Java', *Jurnal Penyuluhan*, 13(1), p. 1.
- Indriani, Y. dan Ulaan, M. (2024). Analysis of the Effects Aquaponic Cultivation Systems on the Growth of Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) and Pak Choy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Biologi Tropis* 24 (4): 596 – 603 DOI: <http://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7730>

- Indriani, Y., Ulaan, M. dan Salselah, J.T. 2024. Kajian Ekologis Pengelolaan Tambak Nila Salin (*Oreochromis Niloticus*) Di Kampung Petta Barat, Kabupaten Kepulauan Sangihe, *Jurnal Ilmiah Tindalung* 10(2): 6–11.
- Jemi, J., Karlina, I. dan Nugraha, A.H. (2022). Struktur Populasi Ikan Baronang pada Ekosistem Lamun Di Pesisir Pulau Bintan, *Journal of Marine Research*, 11(1), pp. 9–18. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i1.33029>.
- Jusmaldi dan Hariani, N. (2019). Hubungan panjang bobot dan faktor kondisi ikan wader bintik dua *Barbodes binotatus* (Valenciennes, 1842) di Sungai Barambai Samarinda Kalimantan, *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(2), p. 87. <https://doi.org/10.32491/jii.v18i2.426>.
- De la Rosa, E. *et al.* (2021). Efektivitas Kelola Perikanan Adat Dalam Menjaga Status Kesehatan Terumbu Karang Di Teluk Mayalibit, Raja Ampat, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 13(2), pp. 345–360. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v13i2.35824>.
- Mulyani, Y., Pratiwi, D.Y. dan Agung, M.U.K. (2021). Penyuluhan Daring Manajemen Kualitas Air untuk Budidaya Ikan dalam Ember di Desa Cipacing, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, *Farmers : Journal of Community Services*, 2(1), p. 42. <https://doi.org/10.24198/fjcs.v2i1.31546>.
- Natsir, N.A. (2018). Analisis Kandungan Protein Total Ikan Kakap Merah Dan Ikan Kerapu Bebek, *Biosel: Biology Science and Education*, 7(1), p. 49. <https://doi.org/10.33477/bs.v7i1.392>.
- Paramita, A., Wibowo, I. and Insanu, M., 2021. Skrining uji toksisitas akut lima rimpang suku Zingiberaceae menggunakan embrio ikan zebra. *Acta Pharmaceutica Indonesia*, 46(2), pp.1–8.
- Radiarta, I.N., Erlania dan Sugama, K., 2014. Budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* secara terintegrasi dengan ikan kerapu di Teluk Gerupuk, Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(1), pp.125–134.

- Rahayu, S. *et al.* (2023). Pendampingan Upaya Pelestarian Ekosistem Perairan Dengan Budidaya Ikan Air Tawar Di Bendungan Batu Bulan Moyo Hulu Kabupaten Sumbawa, *Jurnal Pengembangan Masyarakat Lokal*, 6(1), pp. 132–136. <https://doi.org/10.58406/jpml.v6i1.1262>.
- Rahma, A.A. *et al.* (2024). Ikan Sebagai Sumber Protein dan Gizi Berkualitas Tinggi Bagi Kesehatan Tubuh Manusia, *Karimah Tauhid*, 3(3), pp. 3132–3142. <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i3.12341>.
- Raynaldo, A. *et al.* (2023). Struktur Komunitas Mangrove di Kecamatan Pulau Maya, *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 6(3), p. 119. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v6i3.67339>.
- Saputra, S.E., Lestiawati, I. dan Maisa, 2022. Upaya penanggulangan tindak pidana pengeboman ikan di wilayah hukum Kepolisian Resort Parigi Moutong. *Efforts: Jurnal Kolaboratif Sains*, 5(1), pp.12–22.
- Siri, A., Palakua, S., Wengkenusa, D., Koneng, D. and Indriani, Y., 2023. Bioecology of saline tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different stocking densities in polyculture ponds, Petta Barat, Sangihe Island District. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4), pp.664–672. <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i4.5606>
- Sulardiono, B., Widyorini, N. dan Dewinta, R., 2022. Analisis kebiasaan makanan dan kompetisi makanan ikan hasil tangkapan di muara Sungai Wonokerto, Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Pasir Laut*, 6(1), pp.19–28.
- Syafei, L.S. and Sudinno, D. (2018). Invasif alien spesies, sustainability aquatic biodiversity challenges, *Journal of Fisheries and Marine Extension*, 12(3), pp. 149–165.
- Taurusman, A.A. *et al.* (2021) Impacts of Fishing on Ecosystem: Basis of Sustainable Fisheries Management, *Albacore*, 4(1), pp. 109–118.
- Tugiyono, T. *et al.* (2022). Nilai Nutrition Value Coefficient (NVC) Ikan Sebagai Indikator Biologi Tingkat Pencemaran Sungai Way Umpu. *Jurnal Penelitian Sains*, 24(3), p. 99. <https://doi.org/10.56064/jps.v24i3.682>.
- Widarmanto, N., Haeruddin, H. dan Purnomo, P.W. (2019). Kebiasaan Makanan, Luas Relung Dan Tingkat Trofik

- Komunitas Ikan Di Estuari Kaliwlingi, *BAWAL*, 11(2), p. 69.
Available at:
<https://doi.org/10.15578/bawal.11.2.2019.69-78>.
- Widyaningrum, H., Simanjutak, S.B.I. dan Susatyo. (2017).
Diferensial Leukosit Ikan Gurami Dengan Perbedaan Level
Suplementasi Spirulina Platensis Dalam Pakan, *Scripta
Biologica*, 4(1), p. 37.
<https://doi.org/10.20884/1.sb.2017.4.1.383>.
- Yahya, Y. *et al.* (2022). Pengendalian malaria dengan
pemanfaatan ikan nila sebagai predator larva', *Jurnal
Vektor Penyakit*, 16(1), pp. 43-58.
<https://doi.org/10.22435/vektor.v16i1.5803>.

BAB 14

EKOLOGI IKAN DALAM KONTEKS PERUBAHAN IKLIM

Oleh Marita Ika Joesidawati

14.1 Pendahuluan

Perubahan iklim menjadi masalah yang paling menarik, karena merupakan proses yang panjang dengan kompleksitas tinggi sehingga dampaknya sulit diprediksi dengan tepat dan sangat mempengaruhi lingkungan alam dan sosial. Perubahan iklim terkait dengan pemanasan global yakni indikasi naiknya suhu muka bumi secara global (meluas dalam radius ribuan kilometer) terhadap normal/rata-rata catatan pada kurun waktu standar (ukuran Badan Meteorologi Dunia/WMO: minimal 30 tahun) (Joesidawati, 2017b). Sedangkan Kikstra *et al.*, (2022) menjelaskan perubahan iklim mengacu pada perubahan jangka panjang dalam pola suhu, curah hujan, angin, dan parameter iklim lainnya di Bumi, terutama akibat aktivitas manusia seperti emisi gas rumah kaca (GRK). Perubahan ini berbeda dari variabilitas iklim alami karena terjadi lebih cepat dan memiliki dampak luas pada ekosistem, cuaca ekstrem, serta kehidupan manusia.

Penyebab utama perubahan iklim tidak semata-mata terjadi karena faktor alam, melainkan juga karena adanya ulah manusia, salah satunya kegiatan manusia yang dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer seperti karbondioksida (CO_2) dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak, batu bara, gas alam), metana (CH_4) dari pertanian, peternakan, dan kebocoran gas alam dan nitrogen oksida (N_2O) dari pupuk dan industri (Filonchyk *et al.*, 2024). Fenomena ini berbeda dengan variabilitas iklim alami karena terjadi dalam waktu relatif singkat dengan dampak yang lebih ekstrem. Menurut laporan terbaru IPCC (2023), suhu global telah

meningkat sekitar 1,1°C dibandingkan masa pra-industri, dengan proyeksi kenaikan mencapai 1,5-2°C pada tahun 2050 jika emisi tidak dikurangi secara signifikan. Dampak nyata perubahan iklim dapat dilihat dari berbagai indikator, seperti kenaikan permukaan laut rata-rata 3,7 mm per tahun akibat pencairan es di kutub (El-Geziry, 2023), peningkatan frekuensi cuaca ekstrem (badai, kekeringan, dan banjir), serta gangguan pada ekosistem alami termasuk pergeseran distribusi spesies ikan dan terumbu karang (Cheung *et al.*, 2016; Joesidawati, 2016).

Selain pemanasan global, perubahan iklim juga menyebabkan pengasaman laut karena penyerapan CO₂ berlebih oleh samudra, yang mengancam organisme laut berbasis kalsium karbonat seperti kerang dan plankton (Pernet and Gazeau, 2025). Aktivitas manusia seperti deforestasi dan pembakaran bahan bakar fosil memperburuk kondisi ini dengan mengurangi kemampuan Bumi menyerap CO₂. Upaya mitigasi melalui Perjanjian Paris, UNFCCC-2015 (Pan *et al.*, 2017) dan adaptasi berbasis ekosistem menjadi krusial untuk mengurangi dampak jangka panjang. Berdasarkan laporan IPCC, 2023 perubahan iklim diprediksi akan semakin mengganggu ketahanan pangan, ketersediaan air, dan keseimbangan ekologis di masa depan (Jain *et al.*, 2024).

Perubahan iklim secara langsung dan tidak langsung memengaruhi ekologi ikan melalui berbagai mekanisme yang mengubah kondisi habitat, perilaku, dan interaksi spesies dalam ekosistem perairan. Peningkatan suhu global berdampak pada fisiologi ikan, di mana banyak spesies memiliki kisaran toleransi suhu sempit. Suhu air yang lebih hangat dapat mempercepat metabolisme ikan tetapi juga mengurangi kadar oksigen terlarut, sehingga memengaruhi pertumbuhan, reproduksi, dan kelangsungan hidup Mariu, A.. Selain itu, perubahan suhu memicu pergeseran distribusi geografis, di mana beberapa spesies bermigrasi ke lintang yang lebih tinggi atau perairan yang lebih dalam untuk mencari kondisi optimal, mengubah struktur komunitas ikan secara global (Frainer *et al.*, 2017) (Poloczanska *et al.*, 2013, 2016).

Perubahan iklim juga memengaruhi ketersediaan makanan dalam rantai trofik. Kenaikan suhu dan pengasaman laut mengganggu produktivitas fitoplankton dan zooplankton, yang merupakan sumber makanan utama bagi banyak ikan kecil dan larva (Dam and Baumann, 2017). Ketidaksesuaian waktu antara kelimpahan plankton dan kebutuhan makanan larva ikan (trophic mismatch) dapat mengurangi keberhasilan rekrutmen dan kelangsungan populasi (Hare, 2014). Selain itu, perubahan pola arus laut dan kenaikan permukaan laut mengubah habitat kritis seperti terumbu karang, padang lamun, dan mangrove, yang berfungsi sebagai tempat pemijahan dan pembesaran bagi banyak spesies ikan (Danylchuk *et al.*, 2023; Xing *et al.*, 2025).

Dampak perubahan iklim pada ekologi ikan juga memiliki implikasi serius bagi manusia, terutama sektor perikanan. Pergeseran distribusi ikan komersial seperti tuna dan kod mengancam hasil tangkapan nelayan tradisional (Bolster *et al.*, 2012), sementara penurunan kesehatan ekosistem terumbu karang memengaruhi keanekaragaman hayati dan ketahanan pangan masyarakat pesisir. Oleh karena itu, upaya konservasi berbasis adaptasi, seperti perluasan kawasan perlindungan laut (MPA) dan restorasi habitat, menjadi penting untuk memitigasi dampak perubahan iklim pada ekologi ikan (Whitney, 2019)

14.2 Dampak Perubahan Iklim pada Habitat Ikan

14.2.1 Perairan Tawar

Ekosistem air tawar, termasuk sungai, danau, dan rawa, sangat sensitif terhadap perubahan iklim karena ketergantungannya pada siklus hidrologi dan suhu lingkungan. Perairan ini menjadi habitat bagi berbagai spesies ikan, termasuk ikan endemik dan migratori, yang kini menghadapi tekanan akibat perubahan lingkungan yang cepat.

1. Perubahan pola hidrologi (musim kemarau/hujan)

Perubahan iklim telah mengganggu pola curah hujan dan penguapan, menyebabkan pergeseran musim kemarau dan hujan yang tidak terprediksi. Beberapa dampaknya meliputi:

- a. Banjir dan Kekeringan Ekstrem: Perubahan intensitas hujan dapat menyebabkan banjir yang merusak habitat ikan atau kekeringan yang mengurangi volume air, mempersempit ruang hidup ikan (Edwards *et al.*, 2012; Kikstra *et al.*, 2022).
 - b. Perubahan Aliran Sungai: Sungai dengan aliran musiman (intermittent rivers) mungkin mengering lebih cepat, mengancam ikan yang bergantung pada siklus aliran air (Kerezszy *et al.*, 2017).
 - c. Fragmentasi Habitat: Penurunan debit air dapat memutus konektivitas antarhabitat, menghambat migrasi ikan seperti salmon untuk berkembang biak (Harris *et al.*, 2016)
2. Kenaikan suhu danau/sungai
Peningkatan suhu udara berdampak langsung pada perairan tawar, dengan konsekuensi:
- a. Penurunan Oksigen Terlarut: Air yang lebih hangat menyimpan lebih sedikit oksigen, menyebabkan stres fisiologis pada ikan, terutama spesies yang membutuhkan kadar oksigen tinggi seperti trout (Bulbul Ali and Mishra, 2022).
 - b. Perubahan Komunitas Plankton: Suhu tinggi mendorong dominansi alga berbahaya (*blooming*), mengganggu rantai makanan ikan herbivora (Kazmi *et al.*, 2022).
 - c. Pergeseran Spesies: Ikan air dingin (misal, salmonid) terdesak ke hulu atau punah lokal, sementara ikan tropis menyebar ke wilayah baru (Hilsdorf and Hallerman, 2017)
3. Penurunan kualitas air (eutrofikasi, deoksigenasi)
Selain suhu, perubahan iklim memperburuk kualitas air melalui:
- a. Eutrofikasi: Kombinasi suhu tinggi dan limpasan nutrisi dari pertanian memicu *blooming* alga, menciptakan zona mati (dead zones) (Khan and Mohammad, 2014).
 - b. Peningkatan Polutan: Konsentrasi logam berat dan pestisida meningkat karena debit air rendah, mengancam kesehatan ikan (Sonone *et al.*, 2020).

- c. Asidifikasi: Penyerapan CO₂ atmosfer oleh air tawar menurunkan pH, memengaruhi perkembangan larva ikan (Heuer and Grosell, 2014).

14.2.2 Perairan Payau

Perairan payau, yang mencakup estuaria, laguna, dan delta sungai, merupakan ekosistem transisi antara air tawar dan laut yang sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Ekosistem ini berperan penting sebagai tempat pemijahan, pembesaran, dan mencari makan bagi banyak spesies ikan komersial seperti bandeng, kakap putih, dan udang. Perubahan iklim memengaruhi perairan payau melalui tiga mekanisme utama: perubahan salinitas, intrusi air laut, dan degradasi hutan mangrove (McKee, Rogers and Saintilan, 2012; Alongi, 2015).

1. Perubahan salinitas akibat kenaikan muka air laut
Kenaikan muka air laut yang mencapai 3-10 mm per tahun (Kikstra *et al.*, 2022) secara signifikan mengubah gradien salinitas di perairan payau. Fenomena ini berdampak pada:
 - a. Pergeseran Zona Salinitas: Spesies ikan eurihalin (toleran terhadap berbagai salinitas) seperti belanak (*Mugil cephalus*) terpaksa bermigrasi, sementara spesies stenohalin (sensitif terhadap perubahan salinitas) seperti ikan gelodok (*Periophthalmus spp.*) mengalami penurunan populasi (Oghenetekevwe, Davies Ibienebo and Orororo Clement, 2024).
 - b. Perubahan Komunitas Plankton: Komposisi plankton sebagai basis rantai makanan berubah karena sensitivitasnya terhadap salinitas, memengaruhi ketersediaan pakan alami ikan (Bouwmeester *et al.*, 2020).
 - c. Stres Osmoregulasi: Ikan menghabiskan lebih banyak energi untuk menyeimbangkan tekanan osmotik tubuhnya, mengurangi energi untuk pertumbuhan dan reproduksi (Diana and Höök, 2023).

2. Intrusi air laut ke estuarin

Intrusi air laut yang semakin jauh ke hulu akibat kenaikan muka air laut dan penurunan debit air tawar menyebabkan:

- a. Perubahan Komposisi Spesies: Ikan air tawar seperti nila (*Oreochromis niloticus*) terdesak ke hulu, sementara ikan laut seperti kerapu (*Epinephelus spp.*) memasuki wilayah estuaria lebih dalam (Bruslé and Quignard, 2020).
- b. Gangguan Siklus Hidup: Banyak spesies seperti udang windu (*Penaeus monodon*) yang bergantung pada gradien salinitas untuk tahapan hidupnya mengalami penurunan keberhasilan reproduksi (Rahi *et al.*, 2021).
- c. Perubahan Produktivitas Primer: Intrusi air laut mengubah komunitas fitoplankton dan makroalga, memengaruhi seluruh rantai makanan estuaria (Joesidawati, 2017a).

3. Degradasi Mangrove

Hutan mangrove yang merupakan *nursery ground* penting bagi ikan mengalami degradasi akibat:

- a. Kenaikan Muka Air Laut: Mangrove yang tidak bisa bermigrasi ke darat karena infrastruktur manusia mengalami kematian (*dieback*) (Joesidawati, 2016).
- b. Perubahan Sedimentasi: Peningkatan frekuensi badai mengubah pola sedimentasi yang penting untuk pertumbuhan mangrove (Woodroffe *et al.*, 2016).
- c. Asidifikasi Air: Penyerapan CO₂ oleh air payau menghambat perkembangan propagul mangrove dan organisme penghuni akar mangrove (Srikanth, Lum and Chen, 2016).

Dampak degradasi mangrove terhadap ekologi ikan meliputi:

- a. Penurunan Habitat Juvenile Fish: 70% ikan komersial bergantung pada mangrove sebagai tempat pembesaran (Whitfield and Weerts, 2024)
- b. Berkurangnya Shelter: Akar mangrove yang rusak mengurangi perlindungan dari predator (Igulu *et al.*, 2014)

- c. Penurunan Produktivitas: Input bahan organik dari daun mangrove yang berkurang menurunkan kesuburan perairan (Kim *et al.*, 2021).

14.2.3 Perairan Laut

Perubahan iklim telah menyebabkan transformasi dramatis pada ekosistem laut dengan dampak yang kompleks terhadap habitat ikan. Laut yang menutupi 71% permukaan bumi ini mengalami perubahan fisik dan kimia yang belum pernah terjadi sebelumnya, mengancam keanekaragaman hayati laut dan produktivitas perikanan global. Lima aspek utama perubahan iklim di perairan laut yang mempengaruhi ekologi ikan meliputi: perubahan suhu dan stratifikasi air, kenaikan muka air laut, pengasaman laut, perubahan salinitas dan arus, serta perubahan pola upwelling.

1. Perubahan suhu air laut dan stratifikasi kolom air

Pemanasan global telah meningkatkan suhu permukaan laut rata-rata 0,13°C per dekade sejak 1901 (Cai *et al.*, 2021), dengan beberapa dampak kritis:

- a. Perubahan Distribusi Ikan: Spesies seperti tuna (*Thunnus spp.*) dan makerel (*Scomber scombrus*) bermigrasi ke kutub dengan kecepatan 50-70 km per dekade (Poloczanska *et al.*, 2016)
- b. Stratifikasi yang Lebih Kuat: Pemanasan permukaan memperdalam lapisan termoklin, mengurangi pencampuran nutrisi penting dari dasar laut (Bopp *et al.*, 2013; Rippeth *et al.*, 2014)
- c. Perubahan Zona Minimum Oksigen: Ekspansi zona hipoksik (<2 mg O₂/L) memaksa ikan pelagis bermigrasi vertikal, meningkatkan risiko predasi (Breitburg *et al.*, 2018)
- d. Pemutihan Karang Massal: Suhu >1°C di atas normal menyebabkan simbiosis zooxanthellae-terputus, merusak habitat 25% spesies laut (Shah and Shah, 2021).

2. Pengaruh kenaikan permukaan laut pada ekosistem pesisir
Kenaikan muka air laut global mencapai 3,7 mm/tahun (1993-2023) mengancam habitat pesisir melalui:
 - a. Perubahan Zona Intertidal: Ekosistem lamun dan rumput laut kehilangan 110 km²/tahun karena tenggelam (Bullen, 2020).
 - b. Erosi Pantai: 70% pantai dunia mengalami erosi, menghilangkan habitat pembesaran ikan juvenil (Vousdoukas *et al.*, 2020)
 - c. Perubahan Muara Sungai: Intrusi air laut mengubah komunitas ikan di estuaria sejauh 20 km ke hulu (Taillardat *et al.*, 2020).
 - d. Peningkatan Banjir Rob: Genangan air payau periodik mengubah kimia sedimen dan komunitas benthik Nishijima (Tebaldi *et al.*, 2021).
3. Dampak pengasaman laut (*ocean acidification*) pada ekosistem karang
Penyerapan 30% emisi CO₂ antropogenik oleh laut telah menurunkan pH air laut sebesar 0,1 unit sejak revolusi industri (Doney *et al.*, 2020), dengan efek:
 - a. Gangguan Kalsifikasi: Laju pembentukan kerangka karang menurun 15-20% (Kroeker *et al.*, 2013).
 - b. Perubahan Perilaku Ikan: Konsentrasi CO₂ >1000 µatm mengganggu sistem saraf ikan, mengurangi kemampuan hindari predator (Munday *et al.*, 2020).
 - c. Restrukturisasi Komunitas: Makroalga kompetitif menggantikan karang yang melemah (Vergés *et al.*, 2019).
 - d. Dampak Rantai Makanan: Fitoplankton kunci seperti *coccolithophores* mengalami penurunan produktivitas 10-20% (Beaufort *et al.*, 2022).
4. Perubahan salinitas dan pola arus laut
Perubahan sirkulasi termohalin global berdampak pada:
 - a. Pergeseran Front Oseanik: Perubahan 5-10% dalam lokasi pertemuan arus mempengaruhi agregasi ikan (Hátún *et al.*, 2017).

- b. Desalinasi Regional: Peningkatan curah hujan di tropis mengurangi salinitas permukaan hingga 0,5 PSU (Durack *et al.*, 2018).
 - c. Perubahan Jalur Migrasi: Arus seperti Gulf Stream yang melemah 15% mengganggu rute ikan tuna (Bryndum-Buchholz, Tittensor and Lotze, 2021)
 - d. Variabilitas ENSO: El Niño lebih intens mengganggu produktivitas laut di Pasifik Timur (Brainard *et al.*, 2018).
5. Perubahan pola *upwelling* dan produktivitas primer
Sistem *upwelling* yang menyuplai 50% hasil tangkapan global mengalami perubahan:
- a. Intensifikasi *Upwelling*: Peningkatan 20-30% intensitas di California Current (Bakun *et al.*, 2015)
 - b. Perubahan Waktu Musiman: Upwelling musiman datang 10-30 hari lebih awal (Aguirre *et al.*, 2018).
 - c. Ketidakcocokan Temporal: Pergeseran waktu bloom fitoplankton vs kebutuhan larva ikan (Asch, 2019).
 - d. Penurunan Nutrien: Air permukaan yang lebih hangat mengurangi kandungan nitrat 10-15% (Karpowicz *et al.*, 2020)

14.3 Dampak Perubahan Iklim pada Terhadap Respon Biologi Ikan

Perubahan iklim telah memicu berbagai respon biologis pada ikan yang mencerminkan upaya adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang berubah. Respon-respon ini terjadi pada berbagai tingkat organisasi biologis, mulai dari perubahan fisiologis individu hingga pergeseran distribusi populasi. Pemahaman terhadap respon biologis ikan ini penting untuk memprediksi dampak jangka panjang perubahan iklim terhadap keanekaragaman hayati perairan dan produktivitas perikanan (Duffy *et al.*, 2016).

14.3.1 Adaptasi Fisiologis

1. Mekanisme toleransi stres (tawar vs laut)

Ikan dari habitat berbeda mengembangkan strategi toleransi stres yang spesifik. Pada ikan air tawar seperti salmon (*Salmo salar*), peningkatan suhu memicu ekspresi gen heat shock protein (HSP70) untuk melindungi protein seluler dari denaturasi (Marcoli *et al.*, 2023). Sebaliknya, ikan laut seperti kod Atlantik (*Gadus morhua*) mengandalkan modifikasi komposisi asam lemak membran sel untuk mempertahankan fluiditas membran pada suhu berbeda (Leo *et al.*, 2020). Ikan estuarine seperti *Fundulus heteroclitus* menunjukkan toleransi luas terhadap fluktuasi salinitas melalui regulasi osmolit organik seperti taurin dan betain (Mkulo *et al.*, 2025).

2. Perubahan metabolisme dan pertumbuhan

Kenaikan suhu air meningkatkan laju metabolisme ikan sebesar 10-15% per 1°C (Q10 effect), namun mengurangi efisiensi konversi pakan karena peningkatan kebutuhan energi untuk homeostasis (Volkoff and Rønnestad, 2020). Studi pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan penurunan pertumbuhan hingga 20% pada suhu di atas 32°C akibat alokasi energi untuk stres termal (Azaza *et al.*, 2020). Di perairan dingin, ikan trout (*Oncorhynchus mykiss*) mengalami percepatan metabolisme tetapi dengan penurunan berat badan karena keterbatasan pakan (Jiang *et al.*, 2021; Kraskura, Patterson and Eliason, 2024).

3. Modifikasi siklus hidup

Perubahan iklim mengganggu sinkronisasi waktu pemijahan dengan ketersediaan makanan. Ikan herring (*Clupea harengus*) di Laut Utara kini memijah 2-3 minggu lebih awal akibat pemanasan musim semi (Frainer *et al.*, 2017). Di perairan tropis, ikan karang seperti *Amphiprion melanopus* menunjukkan percepatan pematangan gonad tetapi dengan penurunan kesuksesan pembuahan pada suhu tinggi (Donelson *et al.*, 2019). Beberapa spesies seperti zebrafish (*Danio rerio*) mengembangkan toleransi suhu lintas generasi melalui mekanisme epigenetik

14.3.2 Pergeseran Pola Distribusi

1. Migrasi vertikal/horizontal (laut)

Ikan pelagis seperti tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) bermigrasi ke kedalaman yang lebih dalam (100-200m) untuk menghindari suhu permukaan yang terlalu hangat (Austin, 2022). Secara horizontal, 70% spesies laut menunjukkan pergeseran distribusi ke kutub dengan kecepatan rata-rata 72 km per dekade, seperti yang diamati pada komunitas ikan di Laut China Selatan (Cheung *et al.*, 2016). Migrasi ini menyebabkan perubahan komposisi komunitas ikan lokal dan interaksi predator-mangsa.

2. Perubahan zonasi di estuarine (payau)

Gradien salinitas di estuaria yang berubah menyebabkan pergeseran zonasi spesies. Ikan euryhaline seperti bandeng (*Chanos chanos*) memperluas jangkauannya ke hulu, sementara spesies stenohaline seperti kerapu (*Epinephelus spp.*) terdesak ke daerah lebih dekat laut (Whitfield and Weerts, 2024). Studi di muara Sungai Mississippi menunjukkan pergeseran komunitas ikan sejauh 15 km ke arah hulu dalam 20 tahun terakhir (Piazza and La Peyre, 2011).

3. Fragmentasi habitat (tawar)

Penurunan debit sungai akibat perubahan iklim menyebabkan fragmentasi habitat ikan air tawar. Ikan salmon di Pacific Northwest mengalami penurunan populasi hingga 40% akibat terputusnya rute migrasi oleh aliran air yang terlalu rendah (Crozier *et al.*, 2019). Di Danau Chad, pengurangan 90% luas permukaan sejak 1960 telah memisahkan populasi ikan *Lates niloticus* menjadi sub-populasi terisolasi (Basiita *et al.*, 2018). Fragmentasi ini meningkatkan risiko kepunahan lokal akibat hilangnya keragaman genetik.

14.4 Dampak Perubahan Iklim pada Dinamika Populasi dan Komunitas

Perubahan iklim telah mengubah secara signifikan dinamika populasi dan struktur komunitas ekosistem di seluruh

dunia. Kenaikan suhu global, perubahan pola curah hujan, serta peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrem memengaruhi kelangsungan hidup, reproduksi, dan distribusi berbagai spesies. Perubahan ini juga mengganggu interaksi antarspesies, seperti kompetisi, predasi, dan simbiosis, yang pada akhirnya dapat mengubah komposisi komunitas ekologis. Ekosistem perairan, termasuk perairan tawar, payau, dan laut, sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim karena sensitivitasnya terhadap perubahan suhu, salinitas, dan ketersediaan nutrisi (Häder and Barnes, 2019).

14.4.1 Perairan Tawar

Ekosistem perairan tawar, seperti sungai, danau, dan rawa, mengalami tekanan besar akibat perubahan iklim. Kenaikan suhu air mengurangi kadar oksigen terlarut, sementara perubahan pola hidrologi (seperti banjir dan kekeringan) mengganggu stabilitas habitat. Selain itu, pengasaman air akibat peningkatan CO₂ atmosfer memengaruhi fisiologi organisme akuatik. Spesies yang tidak mampu beradaptasi terancam punah, sedangkan spesies yang lebih toleran dapat mendominasi, menyebabkan pergeseran struktur komunitas

1. Spesies endemik vs invasif

Perubahan iklim memperburuk ancaman terhadap spesies endemik perairan tawar yang memiliki distribusi terbatas dan adaptasi khusus. Kenaikan suhu dan perubahan habitat mengurangi daya saing mereka terhadap spesies invasif yang lebih toleran terhadap kondisi ekstrem. Spesies invasif, seperti ikan lele (*Clarias batrachus*) atau eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), sering kali memiliki reproduksi cepat dan toleransi lingkungan yang luas, sehingga mendominasi ekosistem yang terganggu. Dominasi spesies invasif dapat menurunkan keanekaragaman hayati asli dan mengganggu fungsi ekosistem (Bauer, 2012).

2. Dampak pada ikan migratori

Ikan migratori, seperti salmon (*Salmo salar*) dan sidat (*Anguilla spp.*), sangat terpengaruh oleh perubahan iklim karena ketergantungan mereka pada kondisi lingkungan

yang stabil untuk reproduksi dan migrasi. Kenaikan suhu air mengganggu waktu pemijahan dan mengurangi kelangsungan hidup larva ((Sathivel, 2005). Perubahan aliran sungai akibat kekeringan atau pembangunan bendungan juga menghalangi rute migrasi, mengurangi akses ke habitat pemijahan. Dampak ini tidak hanya mengancam populasi ikan migratori tetapi juga memengaruhi rantai makanan dan ekonomi masyarakat yang bergantung pada perikanan.

14.4.2 Perairan Payau

Ekosistem perairan payau, seperti muara dan hutan bakau, sangat rentan terhadap perubahan iklim karena sifatnya yang merupakan zona transisi antara air tawar dan laut. Perubahan suhu, kenaikan permukaan laut, dan variasi salinitas memengaruhi komunitas organisme yang hidup di wilayah ini

1. Perubahan komunitas ikan eurihaline

Ikan eurihalin (yang toleran terhadap berbagai salinitas), seperti bandeng (*Chanos chanos*) dan kakap putih (*Lates calcarifer*), menghadapi tantangan akibat perubahan iklim. Kenaikan suhu dan fluktuasi salinitas dapat mengganggu metabolisme dan pertumbuhan mereka. Selain itu, perubahan pola arus dan sedimentasi memengaruhi ketersediaan makanan dan habitat pemijahan. Spesies yang tidak mampu beradaptasi akan mengalami penurunan populasi, sementara spesies yang lebih toleran dapat mendominasi (Rayes, 2013)

2. Ketergantungan pada habitat transisi

Banyak organisme payau, seperti udang dan kepiting, bergantung pada habitat transisi seperti rawa bakau untuk berlindung dan berkembang biak. Kenaikan permukaan laut dan erosi pantai mengancam habitat ini, mengurangi ketersediaan tempat berkembang biak dan mencari makan. Hilangnya hutan bakau juga mengurangi perlindungan alami terhadap badai dan gelombang tinggi, memperparah dampak perubahan iklim pada ekosistem payau (Alongi, 2018).

14.4.3 Perairan Laut

Ekosistem laut menghadapi dampak perubahan iklim yang kompleks, termasuk pemanasan suhu air, pengasaman laut, dan perubahan arus laut. Dampak ini memengaruhi distribusi spesies, struktur komunitas, dan produktivitas ekosistem laut

1. Pergeseran ke kutub (*poleward shift*)

Banyak spesies laut, seperti ikan kod (*Gadus morhua*) dan plankton, bergerak ke arah kutub untuk mencari suhu yang lebih sesuai. Fenomena ini mengubah komposisi komunitas laut di berbagai wilayah, mengganggu rantai makanan dan interaksi ekologis. Spesies yang tidak dapat bermigrasi dengan cepat, seperti karang dan bentos, menghadapi risiko kepunahan lokal (Skreslet, 2017).

2. Perubahan struktur komunitas terumbu karang

Terumbu karang, yang sangat sensitif terhadap kenaikan suhu dan pengasaman laut, mengalami pemutihan (*bleaching*) dan kematian massal. Hilangnya karang mengganggu seluruh ekosistem, karena banyak spesies bergantung padanya untuk makanan dan perlindungan. Perubahan ini juga berdampak pada perikanan dan pariwisata yang bergantung pada terumbu karang (Sabdono *et al.*, 2019).

14.5 Dampak Perubahan Iklim pada Jaringan Makan

Perubahan iklim tidak hanya memengaruhi spesies secara individual, tetapi juga mengganggu struktur dan fungsi jaringan makanan (*food web*) dalam ekosistem. Perubahan suhu, pola curah hujan, dan ketersediaan sumber daya mengakibatkan pergeseran dalam rantai makanan, interaksi trofik, dan keseimbangan ekosistem. Dampak ini dapat menyebabkan ketidakstabilan populasi, perubahan dominansi spesies, dan bahkan keruntuhan komunitas ekologis jika spesies kunci (*keystone species*) terancam Marjakangas.

14.5.1 Tingkat Trofik

Perubahan iklim memengaruhi seluruh tingkat trofik, mulai dari produsen (tumbuhan, fitoplankton) hingga konsumen puncak (predator). Pergeseran dalam produktivitas primer, waktu munculnya mangsa, dan ketersediaan sumber daya dapat mengganggu kestabilan rantai makanan

1. Perubahan rantai makanan

Kenaikan suhu dan perubahan musim memengaruhi waktu reproduksi (fenologi) dan kelimpahan organisme di berbagai tingkat trofik. Misalnya, pemanasan air dapat mempercepat pertumbuhan fitoplankton, tetapi jika zooplankton (pemakan fitoplankton) tidak menyesuaikan waktu makanannya, terjadi ketidaksesuaian trofik (*trophic mismatch*). Hal ini dapat mengurangi efisiensi transfer energi dalam rantai makanan dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Mooney, 2024).

2. Tropik mismatch spesifik habitat

Beberapa spesies sangat bergantung pada waktu yang tepat antara ketersediaan makanan dan kebutuhan energi (misalnya, burung migran yang bergantung pada serangga musiman). Perubahan iklim dapat menyebabkan pergeseran waktu fenologi yang berbeda antarspesies, sehingga predator kehilangan akses ke mangsanya. Contohnya, burung laut yang bermigrasi mungkin tiba di lokasi perkembangbiakan setelah puncak kelimpahan ikan kecil, sehingga mengurangi keberhasilan reproduksi mereka (Pöld, 2025).

14.5.2 Interaksi Spesies

Perubahan iklim juga mengubah interaksi antarspesies, termasuk kompetisi sumber daya dan hubungan predator-mangsa, yang dapat berdampak pada struktur komunitas dan keanekaragaman hayati (Johnson III *et al.*, 2023).

1. Kompetisi sumberdaya

Ketika sumber daya (seperti makanan, air, atau habitat) menjadi lebih terbatas akibat perubahan iklim, kompetisi antarspesies meningkat. Spesies yang lebih toleran terhadap

suhu tinggi atau kekeringan dapat mendominasi, sementara spesies yang kurang adaptif terdesak. Contohnya, di ekosistem terumbu karang, ikan herbivora yang toleran terhadap suhu hangat dapat mengungguli spesies asli dalam memperebutkan alga, sehingga mengubah struktur komunitas (Cheung *et al.*, 2016).

2. Dinamika predator-mangsa

Perubahan iklim dapat mengganggu keseimbangan predator-mangsa melalui beberapa mekanisme:

Perubahan distribusi: Jika predator atau mangsanya bermigrasi ke daerah baru, interaksi mereka bisa terputus.

Perubahan kelimpahan: Pemanasan dapat meningkatkan metabolisme predator, sehingga mereka membutuhkan lebih banyak mangsa, tetapi jika mangsa berkurang, predator kelaparan.

Perubahan waktu aktivitas: Beberapa predator bergantung pada mangsanya yang aktif di waktu tertentu (misalnya, burung hantu dan tikus nokturnal). Jika perubahan iklim mengubah pola aktivitas mangsa, predator kesulitan berburu (Harley, 2011).

Contoh nyata terjadi di Arktik, di mana mencairnya es mengurangi habitat beruang kutub, sementara anjing laut (mangsanya) juga terancam, menyebabkan penurunan populasi beruang (Stirling and Derocher, 2012).

14.6 Adaptasi dan Ketahanan Spesies terhadap Perubahan Iklim

Perubahan iklim yang terjadi secara global telah memaksa berbagai spesies untuk beradaptasi guna mempertahankan kelangsungan hidupnya. Kemampuan adaptasi ini sangat bervariasi antarspesies, tergantung pada mekanisme fisiologis, kapasitas genetik, dan fleksibilitas ekologis yang dimiliki. Beberapa spesies mampu beradaptasi dengan cepat melalui perubahan fisiologis dan perilaku, sementara yang lain mengandalkan perubahan genetik dalam jangka panjang melalui proses evolusi. Pemahaman tentang mekanisme adaptasi ini sangat penting untuk memprediksi ketahanan ekosistem di masa

depan serta mengembangkan strategi konservasi yang efektif (Hoffmann and Sgrò, 2011). Selain itu, beberapa spesies yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan lingkungan dapat berfungsi sebagai indikator biologis, memberikan peringatan dini tentang dampak perubahan iklim pada keanekaragaman hayati.

14.6.1 Mekanisme adaptasi fisiologis

Adaptasi fisiologis merupakan respons cepat yang ditunjukkan oleh organisme untuk bertahan dalam kondisi lingkungan yang berubah. Contohnya, beberapa spesies ikan mampu mengatur osmoregulasi mereka untuk menyesuaikan diri dengan peningkatan salinitas akibat naiknya permukaan air laut (Nordlie, 2016). Reptil dan amfibi dapat mengubah laju metabolisme mereka untuk mengatasi fluktuasi suhu, sementara tumbuhan tertentu mengembangkan mekanisme fotosintesis yang lebih efisien di bawah kondisi kekeringan (Chown *et al.*, 2010). Adaptasi fisiologis ini seringkali bersifat plastis, artinya dapat berubah dalam waktu singkat tanpa memerlukan modifikasi genetik. Namun, kemampuan ini memiliki batasan, dan jika perubahan lingkungan melampaui toleransi fisiologis suatu spesies, kelangsungan hidupnya akan terancam.

14.6.2 Perubahan genetik dan evolusioner

Dalam jangka panjang, perubahan iklim dapat mendorong seleksi alam yang mengarah pada adaptasi genetik dan evolusioner. Spesies dengan siklus reproduksi cepat, seperti mikroorganisme, seringkali menunjukkan kemampuan evolusi yang lebih cepat dalam merespons perubahan suhu atau kelembaban (Bradshaw and Holzapfel, 2010).

14.6.3 Kapasitas aklimatisasi spesies kunci

Spesies kunci (*keystone species*) memainkan peran penting dalam menjaga kestabilan ekosistem, sehingga kemampuan adaptasi mereka sangat menentukan ketahanan komunitas secara keseluruhan. Misalnya, terumbu karang yang bersimbiosis dengan alga zooxanthellae dapat mengalami

aklimatisasi melalui pergantian jenis alga yang lebih toleran terhadap suhu tinggi (Jones and Berkelmans, 2010). Demikian pula, predator puncak seperti serigala atau hiu dapat mengubah pola migrasi dan perilaku perburuan mereka sebagai respons terhadap perubahan distribusi mangsa. Namun, jika spesies kunci gagal beradaptasi, dampaknya dapat merambat ke seluruh jaring-jaring makanan, menyebabkan gangguan ekologis yang luas. Studi terbaru menunjukkan bahwa perlindungan habitat dan pengurangan tekanan antropogenik (seperti polusi dan penangkapan berlebihan) dapat meningkatkan kapasitas aklimatisasi spesies-spesies ini.

14.6.4 Indikator biologis perubahan iklim

Beberapa spesies yang sensitif terhadap perubahan suhu, kelembaban, atau parameter lingkungan lainnya berfungsi sebagai indikator biologis yang efektif untuk memantau dampak perubahan iklim. Contohnya, lumut kerak (*lichens*) sangat rentan terhadap polusi udara dan perubahan kelembaban, sehingga kehadiran atau ketidakhadirannya dapat mencerminkan perubahan iklim mikro (Gauslaa, 2014). Amfibi, seperti katak dan salamander, juga merupakan indikator penting karena kulit mereka yang permeabel membuat mereka rentan terhadap dehidrasi dan penyakit infeksius yang dipengaruhi oleh variasi iklim (Rollins-Smith and Le Sage, 2023). Pemantauan jangka panjang terhadap populasi indikator biologis ini dapat memberikan wawasan tentang laju perubahan iklim dan efektivitas upaya konservasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguirre, C. *et al.* (2018) 'Insight into anthropogenic forcing on coastal upwelling off south-central Chile', *Elem Sci Anth*. University of California Press, 6, p. 59.
- Alongi, D. M. (2015) 'The Impact of Climate Change on Mangrove Forests', pp. 30–39. doi: 10.1007/s40641-015-0002-x.
- Alongi, D. M. (2018) 'Impact of Global Change on Nutrient Dynamics in Mangrove Forests', (1), pp. 1–13. doi: 10.3390/f9100596.
- Asch, R. G. (2019) 'Changing seasonality of the sea: past, present, and future', in *Predicting future oceans*. Elsevier, pp. 39–51.
- Austin, R. S. (2022) *Age, growth, foraging, and trophic ecology of bigeye (Thunnus obesus) and yellowfin (Thunnus albacares) tuna in continental shelf and slope regions of the Northeast US*. The University of Maine.
- Azaza, M. S. *et al.* (2020) 'Growth performance, nutrient digestibility, hematological parameters, and hepatic oxidative stress response in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed carbohydrates of different complexities', *Animals*. MDPI, 10(10), p. 1913.
- Bakun, A. *et al.* (2015) 'Anticipated effects of climate change on coastal upwelling ecosystems', *Current Climate Change Reports*. Springer, 1, pp. 85–93.
- Basiita, R. K. *et al.* (2018) 'Gene flow and genetic structure in Nile perch, *Lates niloticus*, from African freshwater rivers and lakes', *PLoS One*. Public Library of Science San Francisco, CA USA, 13(7), p. e0200001.
- Bauer, J. T. (2012) 'Invasive species: "back-seat drivers" of ecosystem change?', *Biological invasions*. Springer, 14, pp. 1295–1304.
- Beaufort, L. *et al.* (2022) 'Cyclic evolution of phytoplankton forced by changes in tropical seasonality', *Nature*. Nature Publishing Group UK London, 601(7891), pp. 79–84.
- Bolster, J. *et al.* (2012) *Shifting baselines: the past and the future of ocean fisheries*. Island Press.

- Bopp, L. *et al.* (2013) 'Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models', *Biogeosciences*. Copernicus GmbH, 10(10), pp. 6225–6245.
- Bouwmeester, J. *et al.* (2020) 'Coral and reef fish communities in the thermally extreme Persian/Arabian Gulf: insights into potential climate change effects', *Perspectives on the marine animal forests of the world*. Springer, pp. 63–86.
- Bradshaw, W. E. and Holzapfel, C. M. (2010) 'Light, time, and the physiology of biotic response to rapid climate change in animals', *Annual review of physiology*. Annual Reviews, 72(1), pp. 147–166.
- Brainard, R. E. *et al.* (2018) 'Ecological impacts of the 2015/16 El Niño in the central equatorial Pacific', *Bulletin of the American Meteorological Society*. American Meteorological Society, 99(1), pp. S21–S26.
- Breitbart, D. *et al.* (2018) 'Declining oxygen in the global ocean and coastal waters', *Science*. American Association for the Advancement of Science, 359(6371), p. eaam7240.
- Bruslé, J. and Quignard, J.-P. (2020) *Fish Behavior 1: Eco-ethology*. John Wiley & Sons.
- Bryndum-Buchholz, A., Tittensor, D. P. and Lotze, H. K. (2021) 'The status of climate change adaptation in fisheries management: Policy, legislation and implementation', *Fish and Fisheries*. Wiley Online Library, 22(6), pp. 1248–1273.
- Bulbul Ali, A. and Mishra, A. (2022) 'Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review', *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. AkiNik Publications, 10(4), pp. 113–127.
- Bullen, C. D. (2020) 'A marine megafaunal extinction and its consequences for kelp forests of the North Pacific'. University of British Columbia.
- Cai, R. *et al.* (2021) 'Climate change and China's coastal zones and seas: Impacts, risks, and adaptation', *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 19(4), pp. 304–310. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2022.01.003>.
- Cheung, W. W. L. *et al.* (2016) 'Structural uncertainty in projecting global fisheries catches under climate change', *Ecological*

- Modelling*. Elsevier, 325, pp. 57–66.
- Chown, S. L. *et al.* (2010) 'Adapting to climate change: a perspective from evolutionary physiology', *Climate research*, 43(1–2), pp. 3–15.
- Crozier, L. G. *et al.* (2019) 'Climate vulnerability assessment for Pacific salmon and steelhead in the California Current Large Marine Ecosystem', *PloS one*. Public Library of Science San Francisco, CA USA, 14(7), p. e0217711.
- Dam, H. G. and Baumann, H. (2017) 'Climate change, zooplankton and fisheries', *Climate change impacts on fisheries and aquaculture: A global analysis*. Wiley Online Library, 2, pp. 851–874.
- Danylchuk, A. J. *et al.* (2023) 'Cascading effects of climate change on recreational marine flats fishes and fisheries', *Environmental Biology of Fishes*. Springer, 106(2), pp. 381–416.
- Diana, J. S. and Höök, T. O. (2023) *Biology and ecology of fishes*. John Wiley & Sons.
- Donelson, J. M. *et al.* (2019) 'Understanding interactions between plasticity, adaptation and range shifts in response to marine environmental change', *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. The Royal Society, 374(1768), p. 20180186.
- Doney, S. C. *et al.* (2020) 'The impacts of ocean acidification on marine ecosystems and reliant human communities', *Annual Review of Environment and Resources*. Annual Reviews, 45(1), pp. 83–112.
- Duffy, J. E. *et al.* (2016) 'Biodiversity enhances reef fish biomass and resistance to climate change', *Proceedings of the National Academy of Sciences*. National Academy of Sciences, 113(22), pp. 6230–6235.
- Durack, P. J. *et al.* (2018) 'Ocean warming: From the surface to the deep in observations and models', *Oceanography*. JSTOR, 31(2), pp. 41–51.
- Edwards, F. K. *et al.* (2012) 'A review of the processes and effects of droughts and summer floods in rivers and threats due to climate change on current adaptive strategies'.

NERC/Centre for Ecology & Hydrology.

- El-Geziry, T. M. (2023) 'Sea-level changes', in *Satellite Altimetry-Theory, Applications and Recent Advances*. IntechOpen.
- Filonchyk, M. *et al.* (2024) 'Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, and N₂O', *Science of The Total Environment*. Elsevier, p. 173359.
- Frainer, A. *et al.* (2017) 'Climate-driven changes in functional biogeography of Arctic marine fish communities', *Proceedings of the National Academy of Sciences*. National Academy of Sciences, 114(46), pp. 12202–12207.
- Gauslaa, Y. (2014) 'Rain, dew, and humid air as drivers of morphology, function and spatial distribution in epiphytic lichens', *The Lichenologist*. Cambridge University Press, 46(1), pp. 1–16.
- Häder, D.-P. and Barnes, P. W. (2019) 'Comparing the impacts of climate change on the responses and linkages between terrestrial and aquatic ecosystems', *Science of the Total Environment*. Elsevier, 682, pp. 239–246.
- Hare, J. A. (2014) 'The future of fisheries oceanography lies in the pursuit of multiple hypotheses', *ICES Journal of Marine Science*. Oxford University Press, 71(8), pp. 2343–2356.
- Harley, C. D. G. (2011) 'Climate change, keystone predation, and biodiversity loss', *Science*. American Association for the Advancement of Science, 334(6059), pp. 1124–1127.
- Harris, J. H. *et al.* (2016) 'Mitigating the effects of barriers to freshwater fish migrations: the Australian experience', *Marine and Freshwater Research*. CSIRO Publishing, 68(4), pp. 614–628.
- Hátún, H. *et al.* (2017) 'The subpolar gyre regulates silicate concentrations in the North Atlantic', *Scientific reports*. Nature Publishing Group UK London, 7(1), p. 14576.
- Heuer, R. M. and Grosell, M. (2014) 'Physiological impacts of elevated carbon dioxide and ocean acidification on fish', *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. American Physiological Society Bethesda, MD, 307(9), pp. R1061–R1084.

- Hilsdorf, A. W. S. and Hallerman, E. M. (2017) *Genetic resources of Neotropical fishes*. Springer.
- Hoffmann, A. A. and Sgrò, C. M. (2011) 'Climate change and evolutionary adaptation', *Nature*. Nature Publishing Group UK London, 470(7335), pp. 479–485.
- Igulu, M. M. *et al.* (2014) 'Mangrove habitat use by juvenile reef fish: meta-analysis reveals that tidal regime matters more than biogeographic region', *PloS one*. Public Library of Science San Francisco, USA, 9(12), p. e114715.
- Jain, S. *et al.* (2024) 'Global-scale water security and desertification management amidst climate change', *Environmental Science and Pollution Research*. Springer, 31(49), pp. 58720–58744.
- Jiang, X. *et al.* (2021) 'Effects of temperature, dissolved oxygen, and their interaction on the growth performance and condition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)', *Journal of Thermal Biology*. Elsevier, 98, p. 102928.
- Joesidawati, M. I. (2016) 'Penilaian kerentanan pantai di wilayah pesisir Kabupaten Tuban terhadap ancaman kerusakan', *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 9(2), pp. 188–198.
- Joesidawati, M. I. (2017a) 'Indication Of Sea Water Intrusion As One Of The Impact Of Sea Level Rise (Case Study Of Tuban Regency)', *Aquasains*, 6(1), pp. 563–572.
- Joesidawati, M. I. (2017b) 'Studi perubahan iklim dan kerusakan sumberdaya pesisir di kabupaten tuban', p. 289.
- Johnson III, R. M. *et al.* (2023) *Tooth and Claw: Top Predators of the World*. Princeton University Press.
- Jones, A. and Berkelmans, R. (2010) 'Potential costs of acclimatization to a warmer climate: growth of a reef coral with heat tolerant vs. sensitive symbiont types', *PloS one*. Public Library of Science San Francisco, USA, 5(5), p. e10437.
- Karpowicz, M. *et al.* (2020) 'Effect of eutrophication and humification on nutrient cycles and transfer efficiency of matter in freshwater food webs', *Hydrobiologia*. Springer, 847, pp. 2521–2540.

- Kazmi, S. S. U. H. *et al.* (2022) 'Perceived intensification in harmful algal blooms is a wave of cumulative threat to the aquatic ecosystems', *Biology*. MDPI, 11(6), p. 852.
- Kerezszy, A. *et al.* (2017) 'The biota of intermittent rivers and ephemeral streams: Fishes', in *Intermittent rivers and ephemeral streams*. Elsevier, pp. 273–298.
- Khan, M. N. and Mohammad, F. (2014) 'Eutrophication: challenges and solutions', *Eutrophication: Causes, Consequences and Control: Volume 2*. Springer, pp. 1–15.
- Kikstra, J. S. *et al.* (2022) 'The IPCC Sixth Assessment Report WGIII climate assessment of mitigation pathways: from emissions to global temperatures', *Geoscientific Model Development*. Copernicus GmbH, 15(24), pp. 9075–9109.
- Kim, J. *et al.* (2021) 'Microbial decomposition of soil organic matter determined by edaphic characteristics of mangrove forests in East Asia', *Science of the Total Environment*. Elsevier, 763, p. 142972.
- Kraskura, K., Patterson, D. A. and Eliason, E. J. (2024) 'A review of adult salmon maximum swim performance', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Canadian Science Publishing 123 Slater Street, Suite 610, Ottawa, Ontario ..., 81(9), pp. 1174–1216.
- Kroeker, K. J. *et al.* (2013) 'Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming', *Global change biology*. Wiley Online Library, 19(6), pp. 1884–1896.
- Leo, E. *et al.* (2020) 'Impact of ocean acidification and warming on mitochondrial enzymes and membrane lipids in two Gadoid species', *Polar Biology*. Springer, 43, pp. 1109–1120.
- Marcoli, R. *et al.* (2023) 'Characterising the physiological responses of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) subjected to heat and oxygen stress', *Biology*. MDPI, 12(10), p. 1342.
- McKee, K., Rogers, K. and Saintilan, N. (2012) 'Response of salt marsh and mangrove wetlands to changes in atmospheric CO₂, climate, and sea level', in *Global change and the*

- function and distribution of wetlands*. Springer, pp. 63–96.
- Mkulo, E. M. *et al.* (2025) 'Exploring salinity adaptation in teleost fish, focusing on omics perspectives on osmoregulation and gut microbiota', *Frontiers in Marine Science*. Frontiers Media SA, 12, p. 1559871.
- Mooney, B. (2024) 'Understanding the Efficiency of Energy Flow Through Aquatic Food Webs', *Aqua introductory research essay*, (2024: 1).
- Munday, P. L. *et al.* (2020) 'Methods matter in repeating ocean acidification studies', *Nature*. Nature Publishing Group UK London, 586(7830), pp. E20–E24.
- Nordlie, F. G. (2016) 'Adaptation to salinity and osmoregulation in Mugilidae', *Biology, ecology and culture of grey mullets (Mugilidae)*, CRC Press: Boca Raton, FL, pp. 293–323.
- Oghenetekevwe, E., Davies Ibienebo, C. and Orororo Clement, O. (2024) 'WATER QUALITY ASSESSMENT AND HEAVY METAL LEVELS IN MUDSKIPPER (PERIOPHTHALMUS PAPILIO), SEDIMENTS AND WATER OF MANGROVE SWAMPS, RIVERS STATE, NIGERIA'.
- Pan, X. *et al.* (2017) 'Exploring fair and ambitious mitigation contributions under the Paris Agreement goals', *Environmental Science & Policy*. Elsevier, 74, pp. 49–56.
- Pernet, F. and Gazeau, F. (2025) 'Ocean acidification: Understanding the effects, exploring the solutions'. éditions Quæ.
- Piazza, B. P. and La Peyre, M. K. (2011) 'Nekton community response to a large-scale Mississippi River discharge: examining spatial and temporal response to river management', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Elsevier, 91(3), pp. 379–387.
- Pödl, J. (2025) 'Match and Mismatch in Ecology', in *Mismatch Theories in Evolutionary Medicine*. Springer, pp. 49–59.
- Poloczanska, E. S. *et al.* (2013) 'Global imprint of climate change on marine life', *Nature climate change*. Nature Publishing Group UK London, 3(10), pp. 919–925.
- Poloczanska, E. S. *et al.* (2016) 'Responses of marine organisms to climate change across oceans', *Frontiers in Marine Science*.

Frontiers Media SA, 3, p. 62.

- Rahi, M. L. *et al.* (2021) 'Effects of salinity on physiological, biochemical and gene expression parameters of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*): Potential for farming in low-salinity environments', *Biology*. MDPI, 10(12), p. 1220.
- Rayes, R. D. (2013) 'Pengaruh Perubahan Salinitas Terhadap Pertumbuhan dan Sintasan Ikan Kakap Putih (*Lates Calcarifer Bloch*)', *Jurnal KELAUTAN*, 16(1), pp. 47–56.
- Rippeth, T. P. *et al.* (2014) 'Impact of vertical mixing on sea surface pCO₂ in temperate seasonally stratified shelf seas', *Journal of Geophysical Research: Oceans*. Wiley Online Library, 119(6), pp. 3868–3882.
- Rollins-Smith, L. A. and Le Sage, E. H. (2023) 'Heat stress and amphibian immunity in a time of climate change', *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. The Royal Society, 378(1882), p. 20220132.
- Sabdono, A. *et al.* (2019) 'Preliminary study of the effect of nutrient enrichment, released by marine floating cages, on the coral disease outbreak in Karimunjawa, Indonesia', *Regional Studies in Marine Science*, 30, p. 100704. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100704>.
- Sathivel, S. (2005) 'Thermal and flow properties of oils from salmon heads', *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Wiley Online Library, 82(2), pp. 147–152.
- Shah, S. B. and Shah, S. B. (2021) 'Coral reef ecosystem', *Heavy Metals in Scleractinian Corals*. Springer, pp. 27–53.
- Skreslet, S. (2017) 'Ecology of Planktonic Atlantic Cod (*Gadus morhua*)', in *Marine Ecology-Biotic and Abiotic Interactions*. IntechOpen.
- Sonone, S. S. *et al.* (2020) 'Water contamination by heavy metals and their toxic effect on aquaculture and human health through food Chain', *Lett. Appl. NanoBioScience*, 10(2), pp. 2148–2166.
- Srikanth, S., Lum, S. K. Y. and Chen, Z. (2016) 'Mangrove root: adaptations and ecological importance', *Trees*. Springer, 30, pp. 451–465.

- Stirling, I. and Derocher, A. E. (2012) 'Effects of climate warming on polar bears: a review of the evidence', *Global Change Biology*. Wiley Online Library, 18(9), pp. 2694–2706.
- Taillardat, P. *et al.* (2020) 'Climate change mitigation potential of wetlands and the cost-effectiveness of their restoration', *Interface focus*. The Royal Society, 10(5), p. 20190129.
- Tebaldi, C. *et al.* (2021) 'Extreme sea levels at different global warming levels', *Nature Climate Change*. Nature Publishing Group UK London, 11(9), pp. 746–751.
- Vergés, A. *et al.* (2019) 'Tropicalisation of temperate reefs: Implications for ecosystem functions and management actions', *Functional Ecology*. Wiley Online Library, 33(6), pp. 1000–1013.
- Volkoff, H. and Rønnestad, I. (2020) 'Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish', *Temperature*. Taylor & Francis, 7(4), pp. 307–320.
- Vousdoukas, M. I. *et al.* (2020) 'Sandy coastlines under threat of erosion', *Nature climate change*. Nature Publishing Group UK London, 10(3), pp. 260–263.
- Whitfield, A. and Weerts, S. (2024) 'Fish species, families and guilds recorded in selected estuaries of Mozambique', *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 23(1), pp. 53–67.
- Whitney, C. K. (2019) 'Adaptive capacity, coastal communities, and marine conservation planning in the face of climate change'.
- Woodroffe, C. D. *et al.* (2016) 'Mangrove sedimentation and response to relative sea-level rise', *Annual review of marine science*. Annual Reviews, 8(1), pp. 243–266.
- Xing, B. *et al.* (2025) 'Research progress on whether mangroves and seagrass beds serve as nursery habitats for coral reef fish', *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Springer, pp. 1–13.

BAB 15

KONSERVASI DAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA IKAN

Oleh Muhammad Nur

15.1 Pendahuluan

Konservasi sumber daya ikan dapat didefinisikan sebagai upaya perlindungan, pelestarian, dan pemanfaatan sumber daya ikan secara berkelanjutan, termasuk ekosistem, jenis, dan keanekaragaman genetiknya, guna menjamin kelestarian, ketersediaan, dan kesinambungan sumber daya tersebut. Upaya konservasi ini menjadi hal yang mendesak mengingat meningkatnya ancaman terhadap kelangsungan hidup berbagai spesies ikan. Secara umum, konservasi sumber daya ikan meliputi tiga tingkat, yaitu konservasi genetik, jenis, dan ekosistem. Untuk menunjang keberhasilan konservasi, diperlukan data yang komprehensif, mulai dari keanekaragaman spesies, aspek biologi dan ekologi, hingga data sosial, ekonomi, dan budaya yang terkait dengan pemanfaatannya.

Konservasi dan pengelolaan sumber daya ikan menjadi langkah strategis untuk memastikan keberlanjutan ekosistem perairan dan ketersediaan ikan bagi generasi mendatang. Konservasi berfokus pada upaya perlindungan, pelestarian, dan pemulihan populasi ikan serta ekosistem pendukungnya, sedangkan pengelolaan sumber daya ikan mencakup perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi terhadap kegiatan pemanfaatan sumber daya ikan secara bijaksana dan berkelanjutan.

Pentingnya konservasi dan pengelolaan ini semakin diperkuat oleh tantangan global seperti perubahan iklim, degradasi lingkungan, serta meningkatnya permintaan pasar. Oleh karena itu, pendekatan yang terpadu antara aspek ekologis, sosial, dan ekonomi menjadi kunci dalam merancang strategi

pengelolaan yang efektif. Melalui pemahaman dan implementasi kebijakan konservasi yang tepat, diharapkan keberlanjutan sumber daya ikan dapat terjaga dan memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat dan lingkungan

Namun demikian, hingga saat ini masih banyak spesies ikan, termasuk yang endemik, belum memiliki status konservasi resmi, baik dari pemerintah Indonesia maupun lembaga konservasi dunia seperti *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). Kondisi ini sangat mengkhawatirkan karena tanpa status perlindungan yang jelas, spesies ikan tersebut rentan dieksploitasi secara tidak bertanggung jawab. Oleh karena itu, penetapan status konservasi dan perumusan strategi perlindungan bagi ikan di Indonesia menjadi sangat penting.

Keberhasilan konservasi dan pengelolaan sumber daya ikan tidak dapat dicapai tanpa partisipasi aktif semua pihak, termasuk masyarakat, NGO/LSM, peneliti, akademisi, dan pemerintah. Namun, kunci utama dari semua upaya tersebut adalah tumbuhnya kesadaran dan kecintaan masyarakat terhadap kekayaan keanekaragaman hayati (biodiversitas) yang dimiliki bangsa ini. Tanpa kesadaran tersebut, upaya konservasi yang dilakukan tidak akan mencapai hasil yang maksimal.

15.2 Penetapan status konservasi ikan

Penetapan Status Konservasi Ikan merupakan proses ilmiah dan kebijakan yang bertujuan untuk menentukan tingkat ancaman terhadap kelangsungan hidup suatu spesies ikan, guna merancang strategi perlindungan dan pengelolaan yang tepat. Proses ini penting untuk mencegah kepunahan spesies dan menjaga keseimbangan ekosistem perairan.

Tujuan penetapan status konservasi ikan antara lain mengidentifikasi spesies ikan yang terancam punah, menyediakan dasar ilmiah bagi kebijakan konservasi, menentukan prioritas upaya perlindungan dan pemulihan, mendorong pengelolaan perikanan yang berkelanjutan. Selanjutnya kriteria penetapan status konservasi biasanya mengacu pada kriteria yang ditetapkan oleh organisasi seperti IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) atau

lembaga nasional seperti KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan) di Indonesia. Kriteria umum meliputi: jumlah populasi yang tersisa, tingkat penurunan populasi, luas sebaran geografis, ancaman yang dihadapi (penangkapan berlebihan, kerusakan habitat, pencemaran, perubahan iklim, tingkat reproduksi dan kemampuan pemulihan

Beberapa kategori dalam daftar merah IUCN antara lain *Least Concern* (LC) yaitu risiko kepunahan rendah, *Near Threatened* (NT) yaitu Hampir terancam punah, *Vulnerable* (VU) yaitu rentan terhadap kepunahan, *Endangered* (EN) yaitu terancam punah, *Critically Endangered* (CR) yaitu sangat terancam punah, *Extinct in the Wild* (EW) yaitu punah di alam liar, dan *Extinct* (EX) yaitu Sudah punah. Contoh status spesies ikan seperti ikan pelangi Sulawesi *Marosatherina ladigesii* termasuk kategori *Vulnerable* (Nasyrah et al., 2020). Pada ikan laut contohnya ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*) status konservasinya yaitu *Endangered* dan ikan pari gergaji (*Pristis microdon*), Status Konservasi adalah *critically endangered*.

15.3 Strategi Konservasi Ikan : Studi kasus konservasi ikan endemik Sulawesi

Konservasi adalah upaya perlindungan, pelestarian dan pemanfaatan sumber daya ikan, termasuk ekosistem, jenis, dan genetik untuk menjamin keberadaan, ketersediaan, dan kesinambungannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragaman sumber daya ikan. Berbagai strategi konservasi ikan perlu diterapkan untuk mengatasi berbagai ancaman terhadap ikan kelestarian iktiofauna endemik. Beberapa strategi konservasi tersebut kami gambarkan sebagai berikut :

1. Konservasi *in situ* melalui penetapan daerah lindungan

Konservasi *in situ* merupakan pendekatan pelestarian sumber daya hayati yang dilakukan langsung di habitat aslinya, sehingga memungkinkan spesies untuk tetap hidup dan berkembang secara alami dalam ekosistem tempat mereka berasal. Dalam konteks sumber daya ikan, salah satu strategi konservasi *in situ* yang paling efektif adalah

melalui penetapan daerah lindungan atau kawasan konservasi perairan.

Penetapan daerah lindungan memiliki peran penting dalam menjaga proses ekologis yang mendasar, seperti pemijahan, pertumbuhan larva, dan migrasi ikan. Kawasan ini memberikan ruang aman bagi spesies untuk berkembang biak tanpa gangguan, sehingga populasi ikan dapat pulih secara alami. Selain itu, daerah lindungan juga berfungsi sebagai cadangan genetik yang penting untuk menjaga keanekaragaman hayati perairan, khususnya bagi spesies endemik dan terancam punah.

Namun, keberhasilan konservasi melalui daerah lindungan sangat bergantung pada pengelolaan yang efektif dan partisipasi aktif masyarakat lokal. Tanpa dukungan dari pemangku kepentingan, seperti nelayan, pemerintah daerah, LSM, dan akademisi, kawasan ini berisiko mengalami pelanggaran seperti penangkapan ilegal atau perusakan habitat. Oleh karena itu, penting untuk melibatkan masyarakat dalam proses perencanaan, pengawasan, dan evaluasi pengelolaan kawasan lindung agar tercipta rasa memiliki dan tanggung jawab bersama terhadap kelestarian sumber daya tersebut.

Persebaran ikan-ikan endemik Sulawesi sangat terbatas diikuti dengan jumlah populasi ikan endemik yang terbilang populasinya kecil atau sedikit. Wilayah-wilayah yang menjadi persebaran ikan-ikan endemu tersebut merupakan sumber plasma nutfah sehingga sanagt penting untuk ditetapkan sebagai area konservasi. . Habitat tersebut memiliki fungsi ekologis yang sangat penting dikarenakan menjadi tempat untuk mencari makan (*feeding ground*), berlindung dari pemangsa dan pemijahan (*spawning ground*) bagi ikan-ikan endemik.

Penetapan daerah lindungan (*reservat*) adalah upaya untuk melindungi spesies ikan-ikan endemik dan habitatnya, agar kelestariannya dapat tetap terjaga. Penerapan daerah lindungan ini dapat dilakukan salah satunya dengan mengacu atau berdasarkan penilaian dan

pembobotan parameter yang komprehensif dari informasi data ekologi dan biologi yang penting terdiri atas aspek ekologi yaitu kondisi habitat dan aspek biologi meliputi populasi ikan, faktor kondisi, pertumbuhan, makanan, reproduksi, dan habitat esensial.

2. Pelarangan aktifitas penangkapan yang merusak, pembatasan waktu dan ukuran penangkapan

Penangkapan ikan yang selama ini dilakukan oleh masyarakat masih ditemukan penggunaan alat tangkap merusak berupa alat tangkap setrum, baik setrum punggung dan setrum menggunakan genset (pembangkit listrik) dengan tegangan yang sangat tinggi. Penangkapan ikan menggunakan setrum tidak hanya membuat ikan terkejut dan pingsan, namun juga dapat menyebabkan kematian sehingga dapat merusak keberlanjutan populasi ikan di perairan. Selain berdampak pada ikan target, ikan non target dan yuwana ikan juga dapat terkena setrum listrik apabila berada di dalam radius persebaran aliran listrik.

Penangkapan ikan dengan alat tersebut dapat merusak keberlanjutan populasi ikan-ikan endemik dan ekosistem habitatnya. Penangkapan ikan dengan menggunakan alat setrum harus segera dihentikan karena telah jelas dilarang dalam Undang-Undang RI Nomor 31 Tahun 2004 tentang Perikanan dan Undang-Undang RI Nomor 45 Tahun 2009 tentang Perubahan atas Undang-Undang RI Nomor 31 Tahun 2004. Namun demikian pada prakteknya pelarangannya belum sepenuhnya dilaksanakan. Beberapa faktor yang menjadi penyebab masih digunakannya alat tangkap tersebut adalah Masyarakat masih banyak yang tidak mengetahui bahwa alat tangkap tersebut telah dilarang, sosialisasi peraturan tersebut oleh pemerintah setempat masih kurang bahkan bisa dikatakan belum ada, tindakan pengawasan dari pemerintah beserta sanksi bagi para pelanggar juga belum diterapkan.

Selain pelarangan penggunaan alat tangkap merusak, perlu juga dilakukan penutupan daerah penangkapan secara berkala selama masa pemijahan ikan-ikan endemik. Menarik, jika wilayah Sulawesi dapat mencontoh konsep adat di Pulau Sumatera tepatnya di Provinsi Jambi dimana pada daerah tersebut, terdapat konsep *lubuk larangan*, yang melarang aktifitas penangkapan ikan masyarakat pada daerah tertentu dengan waktu yang telah disepakati pula, utamanya pada musim pemijahan ikan.

Penutupan waktu penangkapan pada musim pemijahan bertujuan untuk memberikan kesempatan bagi induk ikan-ikan endemik untuk memijah, telurnya menetas dan berkembang menjadi ikan dewasa. Penutupan tersebut menjamin keberlangsungan hidupnya tetap terjaga. Proses penangkapan yang bertepatan dengan waktu pemijahan akan menyebabkan gagalnya proses pemijahan dan rekrutment yang tidak akan terjadi. Opsi pengelolaan selanjutnya adalah pembatasan ukuran penangkapan ikan-ikan endemik pada ukuran sama atau di bawah ukuran kali pertama kali matang gonad. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan kesempatan ikan-ikan muda untuk memijah/berkembang biak terlebih dahulu sebelum ditangkap.

3. Penetapan status perlindungan jenis ikan-ikan endemik

Penetapan status perlindungan terhadap jenis-jenis ikan endemik merupakan langkah strategis dan krusial dalam upaya konservasi sumber daya ikan di Indonesia. Ikan endemik, yang hanya ditemukan di wilayah geografis tertentu, memiliki kerentanan tinggi terhadap kepunahan karena jangkauan sebarannya yang terbatas, tekanan eksploitasi yang meningkat, serta degradasi habitat yang terus berlangsung. Tanpa adanya perlindungan hukum dan pengakuan status konservasi yang jelas, spesies-spesies ini sangat rentan terhadap eksploitasi yang berlebihan, baik

untuk kebutuhan konsumsi, perdagangan, maupun aktivitas penangkapan yang tidak berkelanjutan.

Beberapa jenis ikan endemik saat ini belum memiliki status perlindungan baik oleh pemerintah maupun lembaga konservasi lainnya, termasuk IUCN (*International Union for Conservation of Nature*). Belum adanya status konservasi spesies ikan beberapa jenis ikan endemik tersebut tidak lepas dari terbatasnya data dan informasi yang dimiliki IUCN saat ini. Hal ini sangat membahayakan karena belum ada upaya perlindungan, sedangkan aktifitas penangkapan pada habitatnya masih terus berlangsung. Berbagai upaya perlu dilakukan untuk melengkapi data yang diperlukan seperti melakukan penelitian ekobiologi kemudian mempublikasikannya pada jurnal internasional bereputasi.

Pada tingkat nasional, langkah awal yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi dan menginventarisasi jenis-jenis ikan endemik yang belum memiliki status konservasi. Proses ini perlu didukung oleh riset ilmiah yang mencakup aspek taksonomi, ekologi, sebaran, populasi, serta tingkat ancaman yang dihadapi. Setelah itu, hasil kajian tersebut dapat diajukan sebagai dasar ilmiah untuk menetapkan status perlindungan suatu spesies, baik dalam bentuk perlindungan penuh (*total protection*) maupun perlindungan terbatas.

Penting juga untuk menekankan bahwa penetapan status perlindungan harus dibarengi dengan langkah implementasi nyata di lapangan, seperti sosialisasi kepada masyarakat, penguatan pengawasan, dan penyediaan alternatif penghidupan bagi masyarakat yang terdampak oleh kebijakan perlindungan tersebut. Selain itu, kerja sama lintas sektor antara pemerintah, lembaga penelitian, akademisi, dan masyarakat lokal merupakan kunci keberhasilan dalam memastikan bahwa status perlindungan tidak hanya menjadi simbol administratif, tetapi juga benar-benar berdampak positif terhadap kelestarian ikan-ikan endemik Indonesia.

4. Penangkaran (konservasi *ex situ*)

Penangkaran atau konservasi *ex situ* merupakan salah satu strategi penting dalam pelestarian ikan-ikan endemik, terutama bagi spesies yang populasinya telah menurun drastis di habitat aslinya atau menghadapi ancaman kepunahan. Berbeda dengan konservasi *in situ* yang dilakukan di lingkungan alami, konservasi *ex situ* dilakukan di luar habitat asli, seperti di balai riset, laboratorium, kolam buatan, atau akuarium yang dirancang khusus untuk mendukung kehidupan spesies tertentu. Penangkaran menjadi alternatif solusi yang efektif ketika habitat alami tidak lagi dapat menjamin keberlangsungan hidup suatu spesies karena tekanan ekologis, pencemaran, eksploitasi berlebihan, atau perubahan iklim.

Penangkaran merupakan upaya penjinakan ikan-ikan endemik dari habitat alaminya sehingga dapat tumbuh dan berkembang di lingkungan luar habitatnya. Penangkaran ikan-ikan endemik dilakukan dengan memelihara ikan-ikan endemik pada lingkungan yang sama dengan habitat di alam seperti penyediaan wadah menyerupai sungai alami yang mengalir dilengkapi dengan substrat pasir, kerikil, berbatu. Karakteristik fisik kimiawi perairan mengikuti kondisinya di alam.

Tujuan akhir dari kegiatan penangkaran adalah pelepasliaran kembali ke habitat alaminya (*restocking*). *Restocking* ikan-ikan endemik merupakan upaya penambahan stok ikan-ikan endemik pada habitatnya alaminya terutama pada perairan yang dianggap telah mengalami penurunan stok akibat tingkat pemanfaatan yang berlebihan. Upaya penangkaran dapat dilakukan dengan bekerja sama dengan balai balai benih ikan yang telah ada.

Tujuan utama dari penangkaran ikan endemik adalah untuk menjaga kelestarian genetik spesies, memastikan keberlangsungan populasi melalui program pemijahan buatan, serta menyediakan stok indukan untuk program *restocking* atau reintroduksi ke habitat alaminya.

Dalam praktiknya, kegiatan ini memerlukan pendekatan ilmiah yang mencakup pemahaman terhadap biologi reproduksi, kebutuhan lingkungan (suhu, pH, oksigen), pakan, serta pengelolaan kesehatan ikan. Penangkaran juga berperan penting dalam mendukung pendidikan, penelitian, dan peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya pelestarian spesies lokal.

Namun, konservasi *ex situ* bukanlah solusi jangka panjang yang berdiri sendiri. Keberhasilannya sangat bergantung pada rencana integratif dengan konservasi *in situ*, terutama untuk memastikan bahwa spesies yang berhasil ditangkarkan dapat dikembalikan ke lingkungan alamnya secara berkelanjutan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian menyeluruh sebelum pelepasan ke alam, termasuk kesesuaian habitat, ancaman yang mungkin muncul, serta kesiapan ekosistem untuk menerima kembali spesies tersebut. Selain itu, pengelolaan penangkaran harus menjamin tidak terjadinya penurunan kualitas genetik akibat inbreeding atau domestikasi berlebihan.

5. Restorasi habitat

Riparian, utamanya pada habitat ikan endemik telah mengalami kerusakan yang cukup tinggi disebabkan pemanfaatan atau alih fungsi riparian oleh manusia menjadi lahan permukiman, pertambangan dan pertanian. Alih fungsi riparian tersebut berdampak pada berkurangnya keragaman dan kelimpahan larva serangga akuatik di perairan, yang merupakan sumber makanan utama ikan-ikan endemik pada habitat di DAS Walanae Cenranae. Singkam *et al.* 2019 menjelaskan bahwa keragaman dan kelimpahan vegetasi riparian berkaitan erat dengan keberadaan larva invertebrata perairan termasuk serangga akuatik yang merupakan sumber makanan utama bagi berbagai trofik organisme perairan, termasuk ikan.

Upaya restorasi perlu dilakukan untuk memulihkan kembali fungsi zona riparian, dengan menanam kembali

tumbuhan asli agar fungsi ekosistem riparian sungai dapat kembali pulih. Keragaman dan kelimpahan vegetasi riparian yang telah pulih akan berkaitan erat dengan keberadaan larva insekta akuatik yang merupakan sumber makanan utama bagi ikan-ikan endemik. Selain restorasi riparian sungai, peraturan terkait pemanfaatan riparian atau sempadan sungai sebagaimana diatur dalam Permen PUPR No. 28, Tahun 2015 tentang penetapan garis sempadan sungai, dan garis sempadan danau perlu ditegakkan oleh Pemerintah agar alih fungsi riparian atau sempadan sungai tidak terganggu.

6. Perlindungan habitat dari kegiatan introduksi spesies asing

Introduksi dapat diartikan sebagai suatu kegiatan manusia yang melepaskan atau memasukkan suatu spesies ikan jenis baru ke dalam suatu perairan yang sebelumnya tidak ditemukan pada perairan tersebut (Syafei 2017). Wargasmita (2005) menjelaskan walaupun introduksi ikan asing tidak selalu membahayakan, tetapi berdasarkan pengalaman di berbagai belahan dunia, dampaknya lebih sering bersifat merugikan. Hal tersebut dapat terjadi melalui persaingan interspesifik, pemangsaan, perubahan habitat, perpindahan parasit/penyakit dan hibridisasi (Caffrey *et al.* 2015).

Pada habitat ikan-ikan endemik di DAS Maros telah ditemukan keberadaan ikan-ikan asing. Untuk mengatasi introduksi ikan asing yang akan terus terjadi, maka perlu pembuatan aturan larangan introduksi spesies ikan asing ke perairan baik dalam bentuk peraturan di tingkat Desa, Kecamatan, Kabupaten dan Provinsi. Selain itu, perlu disertai dengan sosialisasi dalam rangka pemberian pemahaman kepada masyarakat terkait dampak ikan asing terhadap ikan endemik. Selanjutnya untuk menekan perkembangan populasi ikan asing yang sudah terlanjur masuk dan saat ini mengancam ikan-ikan endemik dapat dilakukan dengan melakukan penangkapan dan

pemanfaatan. Salah satu opsi pemanfaatan yang dapat dilakukan adalah melalui pengolahan hasil perikanan menjadi diversifikasi berbagai olahan ikan.

7. Pengenalan dan pelatihan konservasi ikan-ikan endemik

Dalam rangka mengembangkan dan meningkatkan kapasitas kelembagaan dan sumber daya manusia di bidang pengelolaan konservasi ikan-ikan endemik maka perlu dilaksanakan pelatihan konservasi ikan endemik bagi masyarakat terutama masyarakat yang bermukim di dekat habitat ikan-ikan endemik. Hal tersebut dilakukan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya konservasi ikan endemik Sulawesi pada habitatnya. Pelatihan konservasi ini pada masyarakat tersebut dapat diinisiasi oleh pemerintah, pemerintah daerah, dunia usaha, akademisi, peneliti dan lembaga swadaya masyarakat.

15.4 Pengelolaan sumber daya ikan

Saat ini, sumber daya perikanan menghadapi permasalahan serius, yaitu semakin menurunnya populasi ikan di berbagai perairan. Penurunan ini berdampak langsung pada ketersediaan stok ikan yang semakin terbatas, dengan data global menunjukkan bahwa hasil tangkapan dunia terus menurun. Bahkan, sekitar 75% stok ikan di seluruh dunia telah mengalami kondisi eksploitasi yang sangat tinggi—mulai dari dieksploitasi penuh, dieksploitasi berlebihan, hingga mengalami deplesi (Pauly & Zeller, 2017). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengelolaan perikanan yang berkelanjutan untuk memastikan keberlanjutan sumber daya ikan di masa mendatang.

Kondisi perikanan yang bersifat open access (akses terbuka) serta meningkatnya tekanan akibat pertumbuhan populasi manusia turut mendorong terjadinya eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya perikanan yang terbatas. Untuk mengatasi hal ini, pengelolaan perikanan harus dilakukan secara terpadu dan berbasis pada informasi yang menyeluruh serta saling terkait.

Secara umum, pengelolaan perikanan memerlukan informasi dari tiga subsistem utama: (1) subsistem sumber daya; (2) subsistem pengguna sumber daya; dan (3) subsistem pengelolaan sumber daya. Subsistem sumber daya mencakup aspek-aspek penting seperti siklus hidup spesies (termasuk biologi reproduksi, rekrutmen, pertumbuhan, kebiasaan makan, dan tingkat mortalitas), serta faktor lingkungan yang memengaruhi kelimpahan dan distribusi spasial maupun temporal spesies, termasuk hubungan ekologis antarorganisme.

Sementara itu, subsistem pengguna sumber daya meliputi informasi mengenai armada penangkapan yang beroperasi, dinamika spasial kegiatan penangkapan, komposisi hasil tangkapan berdasarkan spesies atau populasi, serta fungsi ekonomi dari aktivitas perikanan tersebut. Adapun subsistem ketiga, yaitu subsistem pengelolaan sumber daya, merupakan integrasi dari dua subsistem sebelumnya dan melibatkan berbagai kekuatan eksternal seperti pasar, kebijakan politik, serta kepentingan masyarakat (Castilla & Defeo, 2001). Dengan memahami ketiga subsistem ini secara menyeluruh, pengelolaan perikanan yang berkelanjutan dapat dirancang secara lebih efektif, adaptif, dan responsif terhadap tantangan ekologis, sosial, dan ekonomi yang ada.

Dalam pengelolaan perikanan, sangat penting untuk mempertimbangkan berbagai aspek yang saling terkait, karena sistem perikanan terdiri dari sejumlah unsur yang berinteraksi secara dinamis maupun statis. Kompleksitas ini menuntut pendekatan yang holistik dan adaptif agar pengelolaan dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan. Dalam praktiknya, keragaman sistem perikanan muncul akibat sejumlah faktor utama yang saling berpengaruh satu sama lain.

Menurut Charles (2001), terdapat delapan sumber utama keragaman dalam sistem perikanan: (1) banyaknya tujuan pengelolaan yang sering kali saling bertentangan dan berpotensi menimbulkan konflik antar pemangku kepentingan; (2) keberagaman spesies yang ditangkap serta interaksi antarspesies dalam konteks rantai trofik atau tingkat trofik yang berbeda; (3) banyaknya kelompok nelayan dan keterkaitan mereka dengan

sektor rumah tangga serta komunitas lokal; (4) beragamnya jenis alat tangkap yang digunakan dan interaksi teknis maupun sosial antar pengguna alat tangkap tersebut; (5) struktur sosial yang memengaruhi praktik dan pola pemanfaatan sumber daya perikanan; (6) dinamika informasi perikanan serta proses diseminasinya, yang memengaruhi pengambilan keputusan; (7) interaksi dinamis antar sumber daya ikan itu sendiri dalam suatu ekosistem; dan (8) tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam masing-masing komponen sistem perikanan, baik dari sisi ekologis, teknis, sosial, maupun ekonomi.

Dengan memahami berbagai elemen kompleks tersebut, pengelolaan perikanan tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan harus bersifat menyeluruh dan mempertimbangkan interaksi antar unsur dalam sistem. Pendekatan ini penting untuk menciptakan kebijakan yang adaptif, responsif, dan berbasis pada realitas sosial-ekologis yang ada di lapangan.

1. Model Spesies Tunggal (*Single Species Model*)

Model pengelolaan perikanan dengan pendekatan spesies tunggal (*single species approach*) adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk mengevaluasi dan merekomendasikan pengelolaan sumber daya perikanan. Pendekatan ini berfokus hanya pada data dari satu jenis atau spesies yang diteliti, tanpa memperhitungkan interaksi antarspesies dalam ekosistem. Meskipun pendekatan ini memiliki kelebihan dalam kesederhanaannya, pendekatan spesies tunggal cenderung terbatas dalam menggambarkan dinamika ekosistem yang lebih kompleks, yang melibatkan banyak spesies dengan hubungan ekologis yang saling terkait.

Pendekatan spesies tunggal dapat dibagi menjadi tiga bagian utama: pertama, model penilaian populasi, yang bertujuan untuk menghitung ukuran populasi spesies yang bersangkutan, memperkirakan laju pertumbuhannya, dan menilai potensi reproduksi serta kelangsungan hidupnya. Kedua, strategi pengelolaan yang dihasilkan dari model ini, yang mencakup rekomendasi terkait jumlah tangkapan yang diperbolehkan dan upaya penangkapan yang optimal untuk

menjaga keberlanjutan spesies. Ketiga, implementasi strategi pengelolaan, yang melibatkan penerapan kebijakan dan pengaturan teknis, seperti pengawasan, batasan alat tangkap, dan pengaturan waktu penangkapan, guna memastikan bahwa rekomendasi pengelolaan dapat dilaksanakan dengan efektif di lapangan.

Di banyak negara, terutama yang memiliki empat musim seperti di Eropa dan Amerika Utara, pendekatan pengelolaan spesies tunggal sering dikombinasikan dengan sistem Jumlah Tangkapan yang Diperbolehkan (JTB) atau yang dikenal dalam bahasa Inggris sebagai *Total Allowable Catch* (TAC). TAC adalah jumlah maksimum hasil tangkapan yang diizinkan dalam suatu periode waktu tertentu, yang ditetapkan untuk memastikan bahwa penangkapan tidak melebihi kapasitas reproduksi spesies dan untuk menjaga keseimbangan ekosistem perairan. Penetapan TAC dilakukan dengan mempertimbangkan data ilmiah tentang populasi spesies, termasuk perkiraan biomassa, tingkat reproduksi, dan faktor lainnya yang mempengaruhi kelangsungan hidup spesies tersebut.

2. Model Multispecies (*Multispecies Model*)

Model pengelolaan multispecies telah berkembang dalam konteks perikanan sejak tahun 1970-an. Meskipun banyak eksplorasi, kemajuan, dan pertimbangan dalam pengembangan model multispecies, penggunaan model ini dalam pengelolaan perikanan operasional masih relatif terbatas. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk membangun model pengelolaan sumber daya perikanan multispecies adalah model bioekonomi. Model bioekonomi menggabungkan dua disiplin ilmu utama, yaitu biologi dan ekonomi, untuk menciptakan suatu kerangka kerja yang lebih holistik dalam pengelolaan perikanan. Pendekatan ini memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien dan berkelanjutan dengan mempertimbangkan aspek-aspek ekologis dan ekonomi secara bersamaan.

3. Model Bioekonomi (*Bioeconomic Model*)

Model Bioekonomi (*Bioeconomic Model*) adalah pendekatan pengelolaan sumber daya perikanan yang menggabungkan dua disiplin ilmu utama, yaitu biologi dan ekonomi, untuk mengoptimalkan pengelolaan stok ikan dan aktivitas perikanan. Model ini bertujuan untuk memadukan pertimbangan biologis tentang dinamika populasi ikan dengan analisis ekonomi terkait biaya dan keuntungan yang diperoleh dari pemanfaatan sumber daya perikanan.

Penerapan Model Bioekonomi antara lain 1) Menghitung *Total Allowable Catch* (TAC): Model ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah tangkapan yang diperbolehkan berdasarkan perhitungan stok ikan yang ada dan kemampuan ekosistem untuk mendukung penangkapan. 2) Alokasi Sumber Daya: Dalam pengelolaan perikanan, model ini membantu dalam mengalokasikan sumber daya secara efisien di antara berbagai sektor perikanan, serta mengidentifikasi kegiatan yang tidak menguntungkan secara ekonomi maupun ekologis. 3) Sistem Kuota: Model ini mendukung sistem kuota atau kuota tradable dalam pengelolaan perikanan, di mana kuota tangkapan dibagikan antara berbagai pemangku kepentingan berdasarkan kapasitas perikanan dan kondisi pasar.

4. Pengelolaan perikanan berbasis ekosistem

Pengelolaan perikanan berbasis ekosistem (*Ecosystem Approach to Fisheries Management* / EAFM) merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah dalam pengelolaan perikanan. EAFM dipahami sebagai sebuah arah baru dalam pengelolaan perikanan yang berfokus pada pengelolaan ekosistem secara keseluruhan daripada hanya memperhatikan spesies target secara terpisah. Pendekatan ini mengutamakan pengelolaan yang bersifat komprehensif, dengan memperhitungkan hubungan antar berbagai komponen ekosistem, termasuk sumber daya ikan, habitat, ekosistem secara umum, teknik penangkapan,

serta aspek sosial, ekonomi, dan kelembagaan (Gullestad et al., 2017).

EAFM mengedepankan pembalikan urutan prioritas pengelolaan, dimulai dengan pengelolaan ekosistem secara menyeluruh sebelum berfokus pada spesies tertentu. Dengan kata lain, EAFM bukan hanya mempertimbangkan kelangsungan hidup spesies target, tetapi juga mempertimbangkan peran mereka dalam keseluruhan ekosistem. Pendekatan ini memungkinkan pengelolaan yang lebih berkelanjutan, dengan memperhitungkan interaksi antarspesies, dampak manusia, serta perubahan lingkungan yang dapat mempengaruhi kelestarian ekosistem perairan.

Hingga saat ini, pengelolaan perikanan berbasis ekosistem dengan kerangka EAFM telah banyak diterapkan pada beberapa jenis perikanan di Indonesia, seperti perikanan ikan layang (Puspasari et al., 2014), cakalang, lobster (Edwarsyah, 2017), serta perikanan di rawa banjiran (Kasim et al., 2018), dan berbagai jenis ikan lainnya. Penerapan EAFM pada berbagai perikanan tersebut menunjukkan keberhasilan pendekatan ini dalam mengelola sumber daya perikanan secara lebih menyeluruh dan berkelanjutan.

5. Model Pengelolaan Berkelanjutan

Model Pengelolaan Berkelanjutan (*Sustainable Fisheries Management*) berfokus pada pengelolaan sumber daya perikanan yang bertujuan untuk memastikan kelestarian jangka panjang sumber daya ikan serta kesehatan ekosistem perairan. Pendekatan ini menekankan pentingnya pemanfaatan sumber daya ikan dengan cara yang tidak merusak kemampuan ekosistem untuk memulihkan diri dan menjaga keseimbangan ekologis. Dalam model ini, pengelolaan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti kapasitas daya dukung ekosistem, keanekaragaman hayati, dan keberlanjutan spesies ikan. Salah satu contoh penerapan model pengelolaan berkelanjutan adalah melalui pembentukan area perlindungan laut (*Marine Protected Areas / MPA*) yang

melarang aktivitas penangkapan ikan di area tertentu untuk memberikan ruang bagi ekosistem untuk pulih dan berkembang. Selain itu, model ini juga mencakup regulasi terkait ukuran tangkapan, musim tangkap, dan alat tangkap yang digunakan, guna menghindari overfishing dan merusak habitat ikan. Pengelolaan berkelanjutan juga melibatkan keterlibatan masyarakat lokal, pengumpulan data yang akurat tentang stok ikan, serta penerapan prinsip-prinsip konservasi yang sejalan dengan tujuan ekonomi dan sosial. Dengan cara ini, pengelolaan perikanan berkelanjutan tidak hanya menjamin keberlanjutan sumber daya ikan, tetapi juga mendukung kesejahteraan ekonomi jangka panjang bagi nelayan dan masyarakat pesisir.

6. Model Pengelolaan Berbasis Komunitas

Model Pengelolaan Berbasis Komunitas (*Community-Based Fisheries Management / CBFM*) adalah pendekatan pengelolaan sumber daya perikanan yang menempatkan komunitas lokal sebagai pengambil keputusan utama dalam pengelolaan perikanan mereka. Dalam model ini, masyarakat nelayan atau komunitas pesisir diberi peran penting dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengawasi pengelolaan sumber daya ikan di wilayah mereka. Pendekatan ini bertujuan untuk menciptakan pengelolaan yang lebih berkelanjutan, adil, dan berbasis pada pengetahuan lokal yang dimiliki oleh komunitas.

CBFM mengakui bahwa masyarakat lokal memiliki pengetahuan yang sangat berharga tentang ekosistem dan pola tangkapan ikan, serta memiliki keterikatan yang kuat dengan sumber daya alam mereka. Oleh karena itu, mereka diikutsertakan dalam pengambilan keputusan terkait peraturan penangkapan ikan, penetapan area perlindungan, pembatasan alat tangkap, dan musim tangkap, yang disesuaikan dengan kondisi lokal. Model ini mendorong pembentukan peraturan berbasis konsensus yang disepakati oleh semua pihak terkait dalam komunitas, termasuk nelayan, pemangku kepentingan, dan lembaga lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Caffrey J, Gallagher C, Dick J., Lucy F. 2015. Aquatic invasive alien species-top issues for their management. *EIFAAC Occasional Paper*. 50(1):61-63.
- Castilla, J. C., & Defeo, O. (2001). Latin American benthic shellfisheries: emphasis on co-management and experimental practices. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 11, 1–30.
- Charles, A. (2001). *Sustainable Fishery Systems* (Blackwell Science). Blackwell Science.
- Edwarsyah, E. (2017). Lobster fishery management in the marine ecosystem approach at Simeulue Island waters (Wpp-nri 572). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(2), 795–804.
- Gullestad, P., Abotnes, A. M., Bakke, G., Skern-Mauritzen, M., Nedreaas, K., & Søvik, G. (2017). Towards ecosystem-based fisheries management in Norway–practical tools for keeping track of relevant issues and prioritising management efforts. *Marine Policy*, 77, 104–110.
- Karp, M. A., Link, J. S., Grezlik, M., Cadrin, S., Fay, G., Lynch, P., Townsend, H., Methot, R. D., Adams, G. D., Blackhart, K., Barceló, C., Buchheister, A., Cieri, M., Chagaris, D., Christensen, V., Craig, J. K., Cummings, J., Damiano, M. D., Dickey-Collas, M., ... Voss, R. (2023). Increasing the uptake of multispecies models in fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 80(2), 243–257. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad001>
- Kasim, K., Prianto, E., Husnah, H., & Triharyuni, S. (2018). Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Melalui Pendekatan Ekosistem di Paparan Banjiran Giam Siak Kecil. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 9(2), 115–124.
- Nasyrah, A. F. A., Rahardjo, M., & Simanjuntak, C. P. (2020). Reproduction of Celebes rainbowfish, *Marosatherina ladigesii* Ahl, 1936 in Pattunuang and Batu Puteh Rivers, South Sulawesi. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 20(2), 171-188. <https://doi.org/10.32491/jii.v20i2.523>

- Pauly, D., & Zeller, D. (2017). Comments on FAOs state of world fisheries and aquaculture (SOFIA 2016). *Marine Policy*, 77, 176–181
- Puspasari, R., Wudianto, W., & Faizah, R. (2014). Penerapan EAFM dalam pengelolaan perikanan Malalugis (*Decapterus macarellus*) di perairan laut Sulawesi. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 6(1), 29–36.
- Singkam AR, Simanungkalit B, Suandi E, Jumiarni D. 2019. Keragaman vegetasi riparian dan makro-invertebrata perairan di Sungai Ketahun Bengkulu. Prosiding Simposium Nasional Ikan dan Perikanan Perairan Daratan, Masyarakat Ikhtiologi Indonesia. Di dalam : Syafei LS, Krismono, Simanjuntak CPH, Lusiastuti AM, Hadie LE, Haryono, editor. Prosiding Seminar Nasional Ikan dan Perikanan Perairan Daratan. 2019 Jul 17. Jambi, Indonesia. Jambi: Masyarakat Ikhtiologi Indonesia.
- Syafei LS. 2017. Keanekaragaman hayati dan konservasi ikan air tawar. *Jurnal Penyuluhan Kelautan dan Perikanan Indonesia*. 11(1):48-62.
- Wargasasmita S. 2005. Ancaman invasi ikan asing terhadap keanekaragaman ikan asli. *Jurnal Ikhtiologi Indonesia*. 5(1):5-10.

BIODATA PENULIS



Widya Rahayu, S. Pi., M. P

Dosen Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan
Fakultas Pertanian Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan
Barat

Penulis lahir di Pontianak pada tanggal 19 Juli 1996. Pada tahun 2014 penulis memasuki Program Sarjana di Universitas Brawijaya Malang mengambil Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan Magister Program Studi Budidaya Perairan Universitas Brawijaya.

Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Barat sejak tahun 2021. Mata kuliah yang diampu penulis adalah Sumber Daya Perikanan, Tingkah Laku Ikan, Manajemen Sumberdaya Perikanan, Pesisir Laut Terpadu dan lain- lain yang saling berkaitan dengan tema buku ini.

BIODATA PENULIS



Novia Nurul Afyah., S.Pi., M.Si

Dosen Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal
Soedirman

Penulis lahir di Purwakarta, 28 November 1993. Penulis memulai karir sebagai dosen swasta pada tahun 2023 di Program Studi Perikanan Tangkap Politeknik Kepulauan Simeuelu, kemudian melanjutkan karir menjadi Dosen tetap di sebuah Perguruan Tinggi Negeri (PTN) di program studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, Latar Belakang Pendidikan S1 pada bidang ilmu Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan yang ditempuh pada tahun 2011 di Universitas Brawijaya, Malang. Melanjutkan Pendidikan S2 pada bidang Teknologi Perikanan Laut pada tahun 2016 di Institut Pertanian Bogor. Penulis aktif pada kepenulisan artikel ilmiah diantaranya Pengaruh rantai distribusi dan kualitas ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) dari PPP Blanakan Selama Pendistribusian ke Daerah Konsumen pada Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan 14 (2), 225-237. Pendistribusian dan mutu ikan tenggiri dari pelabuhan perikanan blanakan ke pasar ikan Jurnal pada Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 22 (3), 433-440. Analisis Studi Produktivitas Alat Tangkap Pancing di PPP Blanakan Subang pada Jurnal Miyang: Ronggolawe Fisheries and Marine

Science Journal 4 (2), 50-54. komoditi Hasil Tangkapan Utama (Main Catch) Dan Tangkapan Sampingan (Bycatch) Pada Alat Tangkap Pukat Cincin (Purse Seine) Di PPS Kutaraja Lampulo pada TAPIAN NAULI: Jurnal Penelitian Terapan Perikanan dan Kelautan 6 (1), 53-57. Analisis Perikanan Kembung di Pelabuhan Perikanan Pantai Lempasing Menggunakan Model Walter-Hilborn pada Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan 4 (1), 93-102. Adapun karya buku yang telah ditulis yang berjudul Kontruksi Kapal, Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Laut, Teknologi Penangkapan Ikan Berkelanjutan, Membumikan Empat Konsesus Dasar Pancasila, Ikan Nila Dan Pencemaran Logam Berat : Uraian Hematologi dan Histopatologi Ikan di Perairan Sungai.

BIODATA PENULIS



**Tholibah Mujtahidah, S.Pi., M.P.
Dosen Akuakultur
Universitas Tidar**

Penulis lahir di Probolinggo tanggal 3 Mei 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Akuakultur Fakultas Pertanian, Universitas Tidar. Pendidikan S1 dan S2 terselesaikan pada Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Pendidikan S1 lulus pada tahun 2014 dan pendidikan S2 lulus tahun 2016. Salah satu matakuliah yang diampu adalah Dasar-Dasar Akuakultur. Penulis aktif dalam kolaborasi penelitian dan pengabdian. Selain itu, penulis juga aktif dalam kegiatan menulis buku. Beberapa judul buku yang telah terbit diantaranya Pengantar Bioteknologi, Budidaya Perikanan, Kiat Agribisnis Rumput Laut, Rekayasa Akuakultur, Iktiologi, Aquaculture Engineering, Perikanan Darat dan Teknologi Akuakultur.

BIODATA PENULIS



Adiara Firdhita Alam Nasyrh, S.Pi., M.Si

Dosen Program Studi Sumber Daya Akuatik
Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Watampone tanggal 26 Juli 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sumber Daya Akuatik Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan dan melanjutkan S2 pada Prodi Pengelolaan Sumberdaya Perairan. Penulis menekuni bidang Ekologi dan Biologi Perikanan. Beberapa tulisan yang telah terbit dalam *book chapter* dengan judul *Konservasi Sumber Daya Ikan: Ancaman kepunahan ikan sungai*, buku *Ekobiologi Ikan Persebaran dan Keragaman Ikan: Keragaman Ikan Sungai di Pulau Kalimantan* dan *Pencemaran Perairan: Pencemaran Air Sungai, Danau, Waduk*. Penulis mengampu mata kuliah iktiologi, biologi perikanan, planktonologi, toksikologi, dinamika populasi dan pendugaan stok, histologi, bioteknologi perikanan, pengantar oseanografi, dan avertebrata air.

BIODATA PENULIS



Yessi Ayu Putri Manganang, S.Pi., M.Sc

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

Penulis lahir di Tahuna, Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara pada 17 September 1989. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi Manado, angkatan 2007. Selesai S1, penulis mendapatkan Beasiswa 3T untuk melanjutkan Studi S2 di Universitas Gadjah Mada pada Program Studi Biologi Angkatan 2014. Selesai Studi S2, penulis kembali ke Daerah untuk mengabdikan diri sebagai seorang dosen pada Program Studi Teknologi Budidaya Ikan Jurusan Teknologi Perikanan Dan Kebaharian Politeknik Negeri Nusa Utara. Penulis menekuni bidang Budidaya Perairan dengan topik penelitian dan jurnal berfokus pada pakan dan pertumbuhan ikan. Untuk menjalin keakraban dapat menghubungi penulis di yessi.manganang@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Adinda Kurnia Putri, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Penulis lahir di Cianjur, 27 Juli 1994. Penulis saat ini merupakan tenaga pendidik pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Pendidikan Sarjana ditempuh di Jurusan Perikanan, Universitas Padjadjaran dan melanjutkan studi magister di Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, IPB University. Penulis saat menekuni bidang ilmu biologi perikanan dan pernah melakukan penelitian terkait bidang tersebut. Selain itu, penulis juga telah menerbitkan beberapa buku serta publikasi ilmiah di bidang biologi dan ekobiologi ikan.

BIODATA PENULIS

Sahda Salsabila, S.Pi., M.Si

Dosen Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Jenderal Soedirman

Penulis lahir di Metro, Provinsi Lampung, pada tanggal 7 Januari 1998. Ia berasal dari Bandar Lampung dan memulai perjalanan akademiknya di bidang pengelolaan sumberdaya perairan. Pendidikan sarjananya ditempuh di Institut Pertanian Bogor (IPB), melalui Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, dan diselesaikan pada tahun 2019. Ketertarikannya pada isu-isu kelautan dan pesisir mendorongnya untuk melanjutkan studi magister di Universitas Lampung, pada Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut, yang ia selesaikan pada tahun 2023. Sejak tahun 2024, ia bergabung sebagai dosen tetap pada Program Studi Manajemen Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman. Dalam kapasitasnya sebagai akademisi, Sahda aktif dalam pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi, baik dalam pengajaran, penelitian, maupun pengabdian kepada masyarakat. Beberapa mata kuliah yang menjadi bidang pengajarannya antara lain: Limnologi, Dinamika Populasi Ikan dan Pengkajian Stok, Ekosistem Pesisir, Ekosistem Perairan, Fisiologi Hewan Akuatik, dan beberapa mata kuliah lain yang relevan dengan pengelolaan sumberdaya perairan. Selain aktif mengajar, ia juga berkontribusi dalam penulisan buku ajar yang mendukung

kegiatan akademik. Karya-karyanya antara lain *Pemberdayaan Masyarakat* (CV. Bayfa Cendekia Indonesia, 2024), *Pengelolaan Sumberdaya Laut* (Penerbit Qriset, 2025), serta *Ikan Nila dan Pencemaran Logam Berat* (DeePublish, 2025).

BIODATA PENULIS



Numisye Iske Mose, STP., M.Sc.

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

Penulis, dilahirkan di Manado pada 02 Oktober 1988. Penulis merupakan saudara Perempuan tertua dari Irene Mose, S.Pd. Penulis telah menikah dengan Jance dan dikaruniai dua orang anak laki-laki yaitu Gamaliel dan Timothy.

Penulis mengawali karier sebagai tenaga pengajar di Politeknik Negeri Nusa Utara pada Tahun 2016. Sejak tahun 2023 penulis menjadi Dosen ASN di Politeknik Negeri Nusa Utara sampai sekarang.

Karya ini merupakan karya kedua penulis setelah sebelumnya menulis buku tentang Pengelolaan dan Budidaya Ikan Nila di Lingkungan Salin. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: iskemose88@gmail.com

BIODATA PENULIS



Uly Wulandari, S.Kel, M.Si.

Dosen Program Studi Teknik Penangkapan Ikan
Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang

Penulis merupakan seorang anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Kota Bengkulu pada 10 Desember 1992. Penulis menempuh pendidikan sejak dini hingga sarjana di Provinsi Bengkulu, sebuah wilayah di Pulau Sumatera yang memiliki keindahan pesisir dan pantai menghadap langsung ke samudera hindia. Setelah menempuh pendidikan tinggi di Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Bengkulu pada Mei 2015, ditahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan Magister di Program Studi Teknologi Perikanan Laut IPB University dan lulus meraih gelar Master of Science pada April 2017 dengan predikat Cumlaude. Tepat setelah lulus magister, penulis memulai karir dosennya di Universitas Dr. Soetomo Surabaya sebelum akhirnya penulis menjadi Dosen PNS di Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang pada 2018 hingga saat ini.

BIODATA PENULIS



Olivia Lana Y. Rumkorem, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perairan
Akademi Perikanan Kamasan

Penulis lahir di Jayapura tanggal 17 Juni 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perairan Akademi Perikanan Kamasan Biak-Papua. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Universitas Brawijaya dengan kajian skripsi tentang dinamika populasi ikan dan melanjutkan S2 pada Program Pasca Sarjana, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor dengan kajian tesis bidang pemodelan system dinamik. Penulis telah mempublikasikan beberapa jurnal terakreditasi dan mengampu mata kuliah oseanografi, biokimia perikanan, scuba diving, penyuluhan perikanan, aplikasi komputer, navigasi dan kelautan.

BIODATA PENULIS



Magdalin Ulaan, S.Pd., M.Si

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

Penulis lahir di Taloarane, Kabupaten Kepulauan Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara tanggal 24 April 1991. Menyelesaikan pendidikan dasar dan menengahnya di tanah kelahirannya. Pada tahun 2013 menyelesaikan program S1 di Universitas Negeri Manado pada Program Studi Pendidikan Biologi, dan melanjutkan Pendidikan S2 dengan program studi Biologi selesai tahun 2015. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap pada Program Studi Teknologi Budidaya Ikan, Jurusan Teknologi Perikanan dan Kebaharian, Politeknik Negeri Nusa Utara sejak tahun 2022 sampai dengan sekarang.

BIODATA PENULIS



Yeni Indriani, M.Si

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

Penulis lahir di Koto Salak pada tanggal 5 Desember 1997. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi di Universitas Andalas, kemudian melanjutkan pendidikan S2 pada jurusan yang sama di Universitas Andalas. Penulis memiliki kepakaran dalam bidang bioekologi dan saat ini bekerja sebagai dosen di Politeknik Negeri Nusa Utara. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: yeniindriani90@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Marita Ika Joesidawati, ST, M.Si
Dosen Fakultas Perikanan dan Kelautan

Penulis lahir di Surabaya, 7 Maret 1971. Penulis adalah dosen tetap pada Universitas PGRI Ronggolawe yang berlokasi Kabupaten Tuban Jawa Timur sejak tahun 1994-sekarang. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 di Universitas Diponegoro Semarang, dimana lulus S1 Ilmu Kelautan pada Maret 1994 dan S2 Manajemen Pantai Maret 2004. Gelar Doktor Teknologi Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada Maret 2017, Konsentrasi penelitian beliau adalah di bidang Teknologi Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut, meliputi pengelolaan pesisir akibat dampak perubahan iklim dan mitigasi degradasi sumber daya pesisir. Beberapa hasil penelitiannya telah menjadi rekomendasi kebijakan pengelolaan pesisir di beberapa daerah di Indonesia. Dalam kegiatan kemasyarakatan, beliau berfokus pada pemberdayaan masyarakat pesisir dan adaptasinya terhadap wilayah pesisir untuk mendukung pangan berkelanjutan dan ekonomi biru.

BIODATA PENULIS



Dr. Muhammad Nur, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Akuakultur/ Budidaya Perairan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Palattae (Bone), Sulawesi Selatan pada tanggal 24 Desember 1990. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Manajemen Sumber daya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanudin pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Perikanan, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan selesai pada tahun 2015 melalui program Beasiswa Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) calon dosen. Pendidikan Program Doktor penulis tempuh pada tahun 2017 hingga tahun 2020 di Program Studi Pengelolaan Sumber daya Perairan, Institut Pertanian Bogor melalui program beasiswa BPPDN.

Penulis saat ini bekerja sebagai dosen di Program Studi Sumber Daya Akuatik, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Terkait dengan organisasi keprofesian, penulis aktif di Masyarakat Ikhtiologi Indonesia dan menjabat Kordinator Wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Barat.