

PLANKTONOLOGI



Penulis :

**Angkasa Putra, Darsiani, Alianto, Annisa Bias Cahyanurani,
Dian Lestari, Irma Yulia Madjid, Muh Azril, Fauzia Nur,
Era Insivitawati, Wa Ode Sry Wulan**

PLANKTONOLOGI

**Angkasa Putra
Darsiani
Alianto
Annisa Bias Cahyanurani
Dian Lestari
Irma Yulia Madjid
Muh Azril
Fauzia Nur
Era Insivitawati
Wa Ode Sry Wulan**



GET PRESS INDONESIA

PLANKTONOLOGI

Penulis :

Angkasa Putra
Darsiani
Alianto
Annisa Bias Cahyanurani
Dian Lestari
Irma Yulia Madjid
Muh Azril
Fauzia Nur
Era Insivitawati
Wa Ode Sry Wulan

ISBN : 978-623-125-230-2

Editor : Tri Putri Wahyuni., S.Pd

Penyunting : Diana Purnama Sari., SE.M.E

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, Juni 2024

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 Planktologi ini.

Buku Ini Membahas Terminologi Plankton, Faktor Lingkungan Dan Faktor Pembatas, Peranan Plankton Bagi Kehidupan Dan Lingkungan, Keanekaragaman Plankton, Kultur Plankton, Produktivitas Primer, Keanekaragaman Hayati Fitoplankton, Keanekaragaman Hayati Zooplankton, Produktifitas Primer Fitoplankton, Indeks Biologis Dan Biota Indicator (indeks Saprobitas, Aktorfaktor Yang Mempengaruhi Kehidupan Plankton Serta Hubungan Plankton Dengan Kondisi Perairan.

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, Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 TERMINOLOGI PLANKTON.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Fitoplankton.....	3
1.3 Zooplankton.....	4
DAFTAR PUSTAKA.....	7
BAB 2 FAKTOR LINGKUNGAN DAN FAKTOR PEMBATAS 9	
2.1 Pendahuluan.....	9
2.2 Faktor Lingkungan dan Faktor Pembatas	10
2.2.1 Cahaya.....	11
2.2.2 Sedimen	12
2.2.3 Nutrient.....	13
2.2.4 Peristiwa Upweeling.....	17
2.3 Peranan Plankton dalam Usaha Budidaya	18
DAFTAR PUSTAKA.....	19
BAB 3 PERANAN PLANKTON BAGI KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN	23
3.1 Pendahuluan.....	23
3.2 Peranan Plankton Bagi Kehidupan.....	24
3.2.1 Peranan Fitoplankton Bagi Kehidupan.....	24
3.2.2 Peranan Zooplankton Bagi Kehidupan.....	27
3.3 Peranan Plankton Bagi Lingkungan.....	31
3.3.1 Peranan Fitoplankton Bagi Lingkungan.....	32
3.3.2 Peranan Zooplankton Bagi Lingkungan.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	38
BAB 4 KEANEKARAGAMAN PLANKTON	41
4.1 Pendahuluan.....	41
4.2 Keanekaragaman Plankton berdasarkan Habitat.....	42
4.2.1 Keanekaragaman Plankton Air Tawar	43
4.2.2 Keanekaragaman Plankton Air Payau (Estuari)	47
4.2.3 Keanekaragaman Plankton Air Laut	51

4.3 Pengaruh Faktor Ekologi terhadap Keanekaragaman Plankton	57
4.4 Peran Keanekaragaman Plankton dalam Jaringan Makanan	58
DAFTAR PUSTAKA	60
BAB 5 KULTUR PLANKTON	63
5.1 Pendahuluan	63
5.2 Kultur Fitoplankton	63
5.2.1 Chlorella sp.	63
5.2.2 Kultur Spirulina sp.	68
5.3 Kultur Zooplankton	71
5.3.1 Kultur Rotifera sp.	71
5.3.2 Kultur Tubifex sp.	72
DAFTAR PUSTAKA	75
BAB 6 PRODUKTIVITAS PRIMER.....	77
6.1 Pendahuluan	77
6.2 Produktivitas dan Kesuburan Perairan.....	79
6.3 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Primer di Perairan.	81
6.3.1 Plankton	81
6.3.2 Penetrasi Cahaya.....	85
6.3.3 Klorofil-a	87
6.3.4 Kualitas Air	89
DAFTAR PUSTAKA	99
BAB 7 KEANEKARAGAMAN HAYATI FITOPLANKTON ...	103
7.1 Pendahuluan	103
7.2 Cyanophyta	106
7.2.1 Karakteristik Chyanophyta	106
7.2.2 Reproduksi Chyanophyta.....	107
7.2.3 Peranan Chyanophyta.....	108
7.3 Bacillariophyta (Diatom)	109
7.3.1 Karakteristik Diatom	109
7.3.2 Reproduksi Diatom.....	111
7.3.3 Distribusi dan Adaptasi Diatom	112
7.3.4 Peran Ekologis Diatom	112
7.4 Pyrrhophyta (Dinoflagellata)	113
7.4.1 Karakteristik Dinoflagellata.....	113

7.4.2 Struktur Morfologi dan Reproduksi Dinoflagellata	113
7.4.3 Peran Ekologis Dinoflagellata	115
7.5 Chlorophyta.....	115
7.5.1 Karakteristik Chlorophyta	115
7.5.2 Sifat Hidup Chlorophyta	116
7.5.3 Reproduksi Chlorophyta.....	117
7.5.4 Peran Chlorophyta.....	117
7.6 Euglenophyta	117
7.6.1 Karakteristik Euglenophyta	117
7.6.2 Reproduksi dan Peran Euglenophyta.....	118
7.7 Chrysophyta.....	118
DAFTAR PUSTAKA.....	120
BAB 8 KEANEKARAGAMAN HAYATI ZOOPLANKTON	123
8.1 Pendahuluan.....	123
8.2 Protozoa	124
8.2.1 Rhizopoda.....	127
8.2.2 Flagellata	128
8.2.3 Ciliata.....	129
8.2.4 Sporozoa.....	130
8.3 Metazoa	131
8.3.1 Cnidaria.....	131
8.3.2 Crustacea.....	132
8.3.3 Moluska.....	133
DAFTAR PUSTAKA.....	135
BAB 9 PRODUKTIFITAS PRIMER FITOPLANKTON, INDEKS BIOLOGIS DAN BIOTA INDICATOR (INDEKS SAPROBITAS).....	141
9.1 Pengertian Produktivitas Primer Fitoplankton	141
9.2 Dampak Perubahan Lingkungan Terhadap Produktivitas Primer Fitoplankton	143
9.4 Bioindikator	145
DAFTAR PUSTAKA.....	148
BAB 10 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEHIDUPAN PLANKTON SERTA HUBUNGAN PLANKTON DENGAN KONDISI PERAIRAN.....	149
10.1 Pendahuluan.....	149

10.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kehidupan	
Plankton.....	151
10.2.1 Fitoplankton.....	155
10.2.2 Zooplankton.....	159
10.3 Hubungan Plankton Dengan Kesuburan Perairan.....	160
DAFTAR PUSTAKA	162
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Korelasi antara Intensitas Cahaya dengan Kelimpahan Fitoplankton	11
Gambar 2.2. Senyawa Kimia dalam Strata Sedimen yang Berbeda	13
Gambar 2.3. Siklus Nitrogen pada Perairan	15
Gambar 2.4. Ilustrasi Fenomena <i>Upweeling</i>	17
Gambar 3.1. Peran secara langsung fitoplankton bagi kehidupan organisme di perairan.....	25
Gambar 3.2. Peran secara tidak langsung fitoplankton bagi kehidupan manusia di daratan	26
Gambar 3.3. Ketersediaan fosfat di kolom air dan sedimen	31
Gambar 3.4. Peran secara tidak langsung fitoplankton pada siklus biogeokimia di perairan	33
Gambar 3.5. Peran secara langsung fitoplankton bagi lingkungan perairan.....	34
Gambar 3.6. Peran secara tidak langsung fitoplankton di lingkungan atmosfer.....	35
Gambar 4.1. Jenis fitoplankton.....	45
Gambar 4.2. Zooplankton yang ditemukan pad Estuary.....	46
Gambar 4.3. Strukturasi komunitas zooplankton pada musim panas di daerah estuari (Gironde) dan implikasinya pada ikan planktivor	50
Gambar 4.4. Centric dan pennate diatom.....	52
Gambar 4.5. Holoplankton dan meroplankton	54
Gambar 5.1. Kultur Chlorella Skala Laboratorium.....	65
Gambar 5.2. Kultur Skala Massal	67
Gambar 7.1. Sel Heterocyst pada <i>Anabaena</i> sp.	106
Gambar 7.2. Reproduksi dengan Pembelahan Sel	107
Gambar 7.3. Reproduksi dengan Fragmentasi.....	108
Gambar 7.4. Reproduksi dengan Pembentukan Spora.....	108
Gambar 7.5. Frustule Diatom.....	110
Gambar 7.6. Diatom Centrales dan Diatom Pennales	110
Gambar 7.7. Morfologi Dinoflagellata	114
Gambar 7.8. Morfologi Chlorophyta	116

Gambar 7.9. Morfologi Euglenophyceae	118
Gambar 8.1. Struktur kompleks pada protozoa	125
Gambar 8.2. Kelompok protozoa	127
Gambar 8.3. Contoh spesies rhizopoda (<i>Diffflugia corona</i>).....	128
Gambar 8.4. <i>Euglena viridis</i> (A), Sketsa sel <i>Euglena viridis</i> (B)	128
Gambar 8.5. <i>Paramecium caudatum</i>	130
Gambar 8.6. <i>Plasmodium vivax</i>	131
Gambar 8.7. <i>Aurelia aurita</i>	132
Gambar 8.8. Krill (Crustacea: <i>Euphausiacea</i>)	133
Gambar 8.9. <i>Sepioteuthis lessoniana</i>	134

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Skala Nilai TRIX.....	16
Tabel 3.1. Hubungan produktivitas primer dan produksi ikan pada tiga lokasi laut yang berbeda.....	27
Tabel 3.2. Laju penyaringan zooplankton (kopepoda) pada fitoplankton	28
Tabel 4.1. List Fitoplankton yang ditemukan di estuary	48
Tabel 5.1. Komposisi Pupuk Walne untuk 1 L Air	65
Tabel 5.2. Komposisi Pupuk Kultur <i>Chlorella</i> Skala Massal	67
Tabel 7.1. Filum utama pada fitoplankton perairan tawar ditinjau dari penampakan mikroskopis	104
Tabel 9.1. Jenis Plankton yang menguntungkan.....	146

BAB 1

TERMINOLOGI PLANKTON

Oleh Angkasa Putra

1.1 Pendahuluan

Plankton adalah organisme yang hidup terapung di air laut, danau, kolam, dan sungai, serta tidak mampu berenang melawan arus air. Ciri terakhir ini membedakan plankton dari nekton, komunitas organisme yang aktif berenang seperti ikan, cephalopoda yang lebih besar, dan mamalia air. Plankton memiliki rentang ukuran mulai dari sekitar 0,2 gram hingga beberapa meter (ubur-ubur besar), namun hanya yang berukuran kecil yang menjadi objek penelitian intensif, dengan kril Antartika menjadi satu-satunya organisme plankton yang lebih besar dari 5 mm yang banyak diteliti.

Plankton membentuk komunitas biotik yang kompleks yang secara fungsional sangat beragam dan menunjukkan kekayaan interaksi yang sama seperti komunitas daratan. Plankton didefinisikan oleh tempat ekologis mereka daripada klasifikasi filogenetik atau taksonomi. Plankton menyediakan sumber makanan penting bagi organisme akuatik yang lebih besar dan lebih dikenal seperti ikan.

Nama plankton berasal dari kata sifat Yunani "planktos", yang berarti "berkelana", dan secara luas diartikan sebagai "pengembara" atau "terombang-ambing." Secara definisi, organisme yang diklasifikasikan sebagai plankton tidak mampu melawan arus laut. Meskipun beberapa bentuk mampu bergerak secara mandiri dan dapat berenang ratusan meter secara vertikal dalam satu hari (suatu perilaku yang disebut migrasi vertikal harian), posisi horizontal mereka secara utama ditentukan oleh arus sekitarnya. Hal ini berbeda dengan organisme nekton yang dapat berenang melawan aliran sekitar dan mengontrol posisi mereka (seperti cumi-cumi, ikan, dan mamalia laut).

Dalam plankton, holoplankton menghabiskan seluruh siklus hidup mereka sebagai plankton (misalnya, sebagian besar alga,

copepoda, salpa, dan beberapa ubur-ubur). Sebaliknya, meroplankton hanya berada sebagai plankton untuk sebagian hidup mereka (biasanya tahap larva), dan kemudian berkembang menjadi nekton atau keberadaan benthik (lantai laut). Contoh meroplankton meliputi larva landak laut, bintang laut, krustasea, cacing laut, dan sebagian besar ikan. Kelimpahan dan distribusi plankton sangat bergantung pada faktor-faktor seperti konsentrasi nutrisi di sekitar, keadaan fisik kolom air, dan kelimpahan plankton lainnya. Studi tentang plankton disebut planktologi dan individu plankton disebut sebagai plankter.

Plankton mendiami perairan laut hingga tawar. Kelimpahan lokal bervariasi secara horizontal, vertikal, dan musiman. Penyebab utama variabilitas ini adalah ketersediaan cahaya. Semua ekosistem plankton didorong oleh masukan energi matahari (meskipun ada juga kemosintesis), membatasi produksi primer pada perairan permukaan, dan pada wilayah geografis serta musim yang memiliki cahaya yang cukup melimpah. Variabel sekunder adalah ketersediaan nutrisi. Meskipun area besar di lautan tropis dan subtropis memiliki cahaya yang melimpah, produksi primer relatif rendah karena ketersediaan nutrisi terbatas seperti nitrat, fosfat, dan silikat. Hal ini disebabkan oleh sirkulasi lautan dan stratifikasi kolom air yang berskala besar. Di wilayah-wilayah tersebut, produksi primer biasanya terjadi pada kedalaman yang lebih besar, meskipun pada tingkat yang lebih rendah (karena cahaya yang berkurang).

Dikarenakan peran sentral plankton dalam fungsi jaring-jaring makanan dan ekosistem perairan terbuka, ekologi plankton selalu menjadi disiplin inti dalam limnologi dan biologi kelautan. Selain pentingnya bagi sistem akuatik, plankton merupakan organisme model yang sangat cocok untuk topik-topik klasik dalam ekologi umum, seperti persaingan, hubungan predator-mangsa, struktur jaring makanan, suksesi, transfer materi, dan energi. Ukuran kecil, pertumbuhan populasi yang cepat (waktu penggandaan < 1 hari untuk bakteri dan fitoplankton kecil hingga beberapa hari atau minggu untuk zooplankton), kelimpahan tinggi (jutaan per ml untuk bakteri, jutaan per liter untuk fitoplankton), dan distribusi yang relatif homogen di lingkungan mereka

memudahkan studi lapangan dan eksperimental. Proses-proses yang memakan waktu bertahun-tahun hingga berabad-abad dalam sistem daratan, seperti eksklusi bersaing dan suksesi, hanya memerlukan waktu beberapa minggu dalam plankton. Dua kelompok utama organisme menjadi bagian dari plankton, yaitu fitoplankton yang mirip tumbuhan dan zooplankton yang mirip hewan.

1.2 Fitoplankton

Fitoplankton adalah organisme fotosintetik yang memiliki sel dengan rentang ukuran mulai dari kurang dari 2 μm (ukuran nanoplankton) hingga lebih dari 50 μm (ukuran mikrop plankton). Fitoplankton memiliki berbagai anatomi dan adaptasi, beberapa di antaranya dijelaskan di sini. Sel dapat muncul secara tunggal atau membentuk filamen atau koloni, dan kumpulan yang padat dari yang terakhir dapat menjadi terlihat oleh mata manusia.

Beberapa fitoplankton, yang dikenal sebagai mixotrof, dapat beralih antara nutrisi ototrof (yaitu, mendapatkan energi dari sinar matahari atau sumber kimia) dan nutrisi heterotrof (yaitu, memakan organisme lain) dalam keseimbangan kompleks yang bergantung pada ketersediaan cahaya, nutrisi, dan partikel organik di dalam air. Alga biru-hijau atau sianobacteria adalah prokariota (kelompok yang sama dengan bakteri), yang berarti bahwa sel mereka tidak memiliki inti yang dibatasi membran. Mereka telah berkembang kapasitas fotosintetik secara independen dari fitoplankton eukariotik yang memiliki membran di sekitar inti mereka.

Banyak fitoplankton telah berevolusi dengan mekanisme untuk melambatkan penurunan mereka melalui kolom air atau bergerak di dalamnya secara aktif atau pasif. Beberapa fitoplankton memiliki flagela (yang disebut flagelat) untuk berenang secara aktif; banyak alga biru-hijau (misalnya, *Microcystis*) memiliki vesikel gas (ruang berisi gas) yang membuat sel mengapung tergantung pada penyimpanan karbohidrat intraseluler; yang lainnya (misalnya, *Botryococcus*) menghasilkan minyak yang lebih ringan dari air dan oleh karena itu membantu dalam keapungan.

Bunga fitoplankton (bloom alga) terjadi akibat adanya agregasi padat sel di lokasi tertentu, baik secara vertikal maupun horizontal. Di air tawar, beberapa bunga fitoplankton terjadi akibat agregasi flagelat (umumnya dinoflagellata seperti *Ceratium*), tetapi sebagian besar berasal dari sianobacteria yang densitasnya dapat diperbesar ratusan atau ribuan kali lipat dari tingkat kolom air sekitar ketika sel-sel yang mengapung terperangkap dalam arus drift permukaan dan mengumpulkan di sepanjang garis pantai yang menghadap angin utama.

Turbulensi alami di sebagian besar sungai cenderung mencegah pembentukan bunga permukaan, tetapi sel masih dapat mengumpul dengan densitas tinggi di seluruh kolom air dalam kondisi yang mendukung seperti cahaya, suhu, dan nutrisi yang baik. Bunga dan lapisan tipis sianobacteria atau dinoflagellata menjadi perhatian khusus karena adanya toksin yang dihasilkan oleh sel-sel tersebut yang jika dikonsumsi, dapat merusak hati atau sistem saraf manusia dan vertebrata lainnya, atau dapat mengiritasi kulit pengguna rekreasi yang berkontak.

Fitoplankton bertanggung jawab atas sekitar 45% produksi primer tahunan global dan berfungsi sebagai makanan bagi zooplankton, yang pada gilirannya merupakan makanan ukuran ideal bagi beberapa ikan komersial penting dan mamalia air besar. Dari perspektif industri, spesies fitoplankton telah digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai aplikasi, seperti pengolahan air limbah, atau produksi senyawa bernilai tinggi; dan produk komersial, seperti suplemen makanan dan pakan, senyawa farmakologis, lipid, enzim, biomassa, polimer, toksin, dan pigmen.

1.3 Zooplankton

Zooplankton adalah hewan mikroskopis kecil (kurang dari 5 mm) yang memakan alga dan bakteri, dan pada gilirannya memberikan makanan bagi ikan kecil dan invertebrata akuatik. Sementara zooplankton di laut sangat beragam, diwakili oleh berbagai kelompok invertebrata, zooplankton air tawar terutama terdiri dari hanya tiga kelompok utama, yaitu rotifera (Filum Rotifera), dan cladocera serta copepoda (keduanya Crustacea). Zooplankton kecil dan peka terhadap kondisi lingkungan, termasuk

suhu, kualitas dan komposisi makanan, turbulensi dan sedimen tergantung, dan perbedaan besar dalam biomassa dan komposisinya.

Zooplankton mencakup keragaman organisme yang luas, mulai dari protista fagotrofik uniseluler hingga metazoa, termasuk invertebrata non-gelatin dan gelatin, serta telur vertebrata dan tahap larva. Organisme-organisme ini menghuni berbagai jenis sistem akuatik yang meliputi sekitar 72% permukaan Bumi. Zooplankton memainkan peran penting dalam fungsi ekosistem, menjadi penghubung antara fitoplankton dan tingkat trofik yang lebih tinggi, termasuk sumber daya akuatik hidup. Zooplankton juga memiliki peran mendasar dalam siklus biogeokimia global dan pompa karbon laut, bertindak sebagai penghubung antara proses permukaan laut dan komunitas, serta ranah lautan benthik dalam yang dalam. Mengingat fokus saat ini pada perubahan lingkungan dan stresor antropogenik terkait, menjadi lebih penting dari sebelumnya untuk memperoleh pengetahuan komprehensif tentang pendorong lingkungan zooplankton, guna dapat memprediksi respons mereka terhadap perubahan lingkungan alami dan antropogenik.

Menurut proyeksi Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC), pada tahun 2100, suhu rata-rata akan meningkat sebesar 0,6-2,0°C dan pH akan mengalami penurunan sekitar 0,1-0,4 unit pada lapisan permukaan atas laut. Zooplankton telah dan akan terus menghadapi perubahan yang signifikan, termasuk pemanasan laut, pengasaman, deoksigenasi, dan plastifikasi. Perubahan global kemungkinan akan terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dunia yang terus berkembang eksponensial. Pembangunan perkotaan, pertanian, dan industri juga akan terus mengubah siklus biogeokimia, dan mungkin meningkatkan frekuensi peristiwa iklim ekstrem. Selain itu, pengenalan spesies non-asli yang dimediasi oleh aktivitas manusia, khususnya fase kehidupan zooplankton (air ballast), yang difasilitasi oleh ketiadaan hambatan alam fisik di laut, dapat lebih lanjut mengganggu jaring-jaring makanan dan memengaruhi perikanan komersial.

Zooplankton umumnya digunakan sebagai pakan hidup untuk tahap larva hingga periode pemeliharaan ikan, udang, moluska, dan karang. Organisme-organisme ini memiliki karakteristik seperti komposisi nutrisi yang berharga, daya cerna, keapungan, kemudahan penyerapan, dan gerakan menarik bagi post-larva, sehingga memiliki kepentingan ekonomi. Keberartiannya juga terletak pada ketergantungan sebagian besar ikan padanya sebagai sumber kehidupan setelah menyerap kantong kuning telur. Selain itu, makhluk akuatik terbesar seperti banyak spesies paus adalah pemakan saring di mana organisme planktonik membentuk sebagian besar makanan utama mereka. Keberlanjutan zooplankton sebagai sumber utama nutrisi bagi larva ikan laut telah lama diakui. Banyak ilmuwan mengaitkan kemampuan suatu populasi ikan untuk melewati periode larva tanpa kematian yang besar sebagai salah satu faktor utama yang menentukan ukuran kelas tahun yang dihasilkan dan menghipotesiskan bahwa persaingan untuk makanan selama waktu larva mungkin menjadi faktor utama yang memengaruhi kelangsungan hidup dan kekuatan kelas tahun berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abo-Taleb, H. 2019. Importance of Plankton to Fish Community. UK: IntechOpen. 83-92.
- Anonim. Ecology of Plankton. 1-10.
- Araujo, G. S., Pacheco, D., Cotas, J., da Silva, J. W. A., Saboya, J., Moreira, R. T., & Pereira, L. 2022. Plankton: Environmental and Economic Importance for a Sustainable Future. UK: IntechOpen. 1-21.
- Hamilton, D. P., & Duggan, I. C. 2010. Plankton. 109-123.
- Lair, N. 2006. A Review of Regulation Mechanisms of Metazoan Plankton in Riverine Ecosystems: Aquatic Habitat Versus Biota. *River Research and Applications*, 22, 567-593.
- Oliver, R. L., & Ganf, G. G. 2000. Freshwater Blooms. In: Whitton, B. A., & Potts, M. (Editors). *The Ecology of Cyanobacteria*. Netherlands: Kluwer Academic Press. 149-194.
- Putra, A. 2023. Jaga Keseimbangan Zooplankton. *Info Akuakultur*, 104(9), 24-26.
- Putra, A. 2023. Korelasi Zooplankton pada Akuakultur. *Info Akuakultur*, 102(9), 26-28.
- Putra, A. 2023. Peran Penting Plankton dalam Akuakultur. *Agrina*, 350, 46-47.
- Putra, A. 2023. Plankton dan Perubahan Iklim. *Harian Ambon Ekspres*, 30 Mei.
- Putra, A. 2023. Prospect of Zooplankton Research. *TROBOS Aqua*, 133(10), 36-37.
- Putra, A. 2023. Zooplankton dan Perubahan Iklim. *Info Akuakultur*, 101(9), 30-32.
- Sahabuddin, Septiningsih, E., Suwoyo, H. S., Sahrijanna, A., Rudi, A., & Putra, A. 2020. Identifikasi Plankton pada Riset Mina Padi Air Payau di Provinsi Sulawesi Selatan. Poster Riset – Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan, Maros.
- Sommer, U. 1996. Plankton Ecology: The Past Two Decades of Progress. *Naturwissenschaften*, 83, 293-301.
- Teodósio, M. A., & Barbosa, A. B. (Editors). 2021. *Zooplankton Ecology*. USA: CRC Press - Taylor & Francis Group.

BAB 2

FAKTOR LINGKUNGAN DAN FAKTOR PEMBATAS

Oleh Darsiani

2.1 Pendahuluan

Plankton adalah makhluk air yang melayang di dalam kolom perairan dengan sedikit gerakan atau bergantung pada pergerakan air (Yuliana, 2015); (Mustofa, 2015); (Nurmalitasari dan Sudarsono, 2023). Terdapat 2 jenis plankton yakni fitoplankton dan *zooplankton*, keduanya dapat dibedakan dari kemampuannya berfotosintesis. Plankton yang dapat berfotosintesis adalah fitoplankton, sedangkan *zooplankton* tidak berfotosintesis karena tidak memiliki klorofil (Barus, 2004). Menurut (Sohani, 2016), jenis plankton ada 3, dimana ada jenis *saprop plankton* sebagai tambahannya. *Saprop plankton* sebenarnya termasuk dalam kategori fitoplankton, namun memiliki perbedaan karena tidak memiliki klorofil, misalnya kelompok bakteri dan jamur (Das *et al.*, 2012); (Onianwah dan Fidelis, 2018).

Kelimpahan plankton pada suatu perairan dapat menjadi indikator subur tidaknya perairan tersebut, karena dapat berdampak langsung pada tingkat tropik yang lebih tinggi (Khasani, 2010); (Rahmah, Zulfikar dan Apriadi, 2022). Keberadaan plankton sangat penting, karena dapat menjadi pakan bagi biota lainnya. Namun kehidupan plankton sangat bergantung pada kualitas lingkungan. Plankton mampu beradaptasi dengan berbagai variabel lingkungan (abiotik) seperti, suhu lingkungan, jumlah sinar matahari, udara, tanah, air dan pH air tanah tempat suatu organisme hidup, sehingga secara tidak langsung dapat mempengaruhi keanekaragaman plankton yang hidup pada suatu perairan (Barus, 2004); (Zainuri *et al.*, 2023).

Selain faktor abiotik, faktor biotik yakni mencakup semua organisme yang hidup di kolom perairan dapat mempengaruhi

kelimpahan plankton, termasuk pemangsaan dan persaingan antar plankton (Hendrajat dan Sahrijanna, 2019). Pada bab 2 ini, diuraikan faktor lingkungan dan faktor pembatas bagi kelimpahan plankton.

2.2 Faktor Lingkungan dan Faktor Pembatas

Menurut (Nurmalitasari dan Sudarsono, 2023), musim adalah faktor yang paling mempengaruhi keberadaan plankton di perairan., karena perubahan musim mempengaruhi faktor lain seperti suhu, intensitas cahaya, kedalaman air, tingkat kekeruhan, nutrisi, dan lainnya. Pada musim penghujan, curah hujan yang tinggi mengurangi penetrasi cahaya, perubahan salinitas, suhu yang rendah, dan kekeruhan yang tinggi. Akibatnya, konsentrasi nutrisi pada musim hujan lebih rendah daripada pada musim kemarau. Oleh karena itu, densitas plankton juga lebih rendah.

Plankton hanya dapat hidup dan berkembang dengan baik dalam kondisi perairan tertentu yang disebut sebagai "optimal". Jika kondisi lingkungan sesuai dengannya, dan sebaliknya, maka plankton akan tumbuh dan berkembang dengan baik. Aktivitas manusia seperti pemukiman penduduk, kegiatan industri rumah tangga, pertanian, dan peternakan umumnya membuang limbah ke perairan, mengubah faktor fisika, kimia, dan biologi di perairan. Kondisi tersebut dapat memengaruhi kualitas air (Purnamaningtyas, Mujiyanto dan Riswanto, 2019).

Plankton sangat dipengaruhi berbagai faktor lingkungan, meliputi faktor fisika, kimia, dan biologi, dan kisaran optimum dapat menunjang kehidupan plankton secara maksimal (Hendrajat dan Sahrijanna, 2019). Plankton menjadi indikator suburnya suatu perairan (Rahmah, Zulfikar dan Apriadi, 2022). Fitoplankton memiliki kemampuan memanfaatkan bahan anorganik yang terlarut dalam air diubah menjadi bahan organik dengan bantuan fiksasi energi matahari secara biokimia (fotosintesis) kemudian dapat dimanfaatkan oleh hewan pada tropik yang paling tinggi, sehingga seringkali fitoplankton disebut produsen (Sahami *et al.*, 2014).

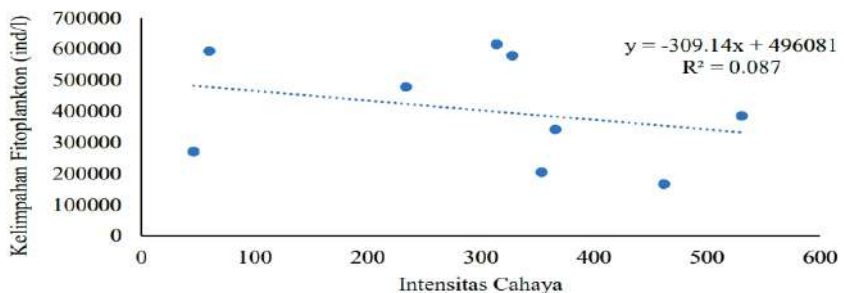
Seperti yang dinyatakan sebelumnya, faktor fisika-kimia perairan, seperti intensitas cahaya, oksigen terlarut, stratifikasi suhu, dan ketersediaan unsur hara nitrogen dan fosfor, sangat kompleks dan berinteraksi satu sama lain. Selain itu, aspek biologi, seperti pemangsaan, kematian alami, dan dekomposisi. Perubahan dalam kondisi lingkungan fisik, kimia, dan biologi dapat mengubah komposisi dan kelimpahan fitoplankton pada tingkat yang berbeda.

Faktor yang mempengaruhi produktifitas fitoplankton, yakni cahaya, temperatur, ketersediaan *nutrient*, cahaya, peristiwa *upweeling* dan topografi. Temperatur memengaruhi penyebaran fitoplankton di dalam kolom perairan dan laju fotosintesis. Di sisi lain, nutrisi diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan berkembangbiak, dan cahaya diperlukan untuk berfotosintesis (Sahami *et al.*, 2014); (Zainuri *et al.*, 2023).

Ditambahkan oleh (Sahami *et al.*, 2014) bahwa peristiwa *upweeling* juga menjadi salah satu penyumbang terbesar meningkatnya produktifitas suatu perairan. Lebih lanjut disampaikan oleh Hastuti (2011) bahwa kondisi permukaan dasar suatu perairan (sedimen) dapat menentukan kelimpahan plankton pada perairan tersebut.

2.2.1 Cahaya

Hasil penelitian (Zainuri *et al.*, 2023), menunjukkan bahwa intensitas cahaya berkorelasi dengan kelimpahan fitoplankton dalam suatu kolom perairan (lihat Gambar 2.1).



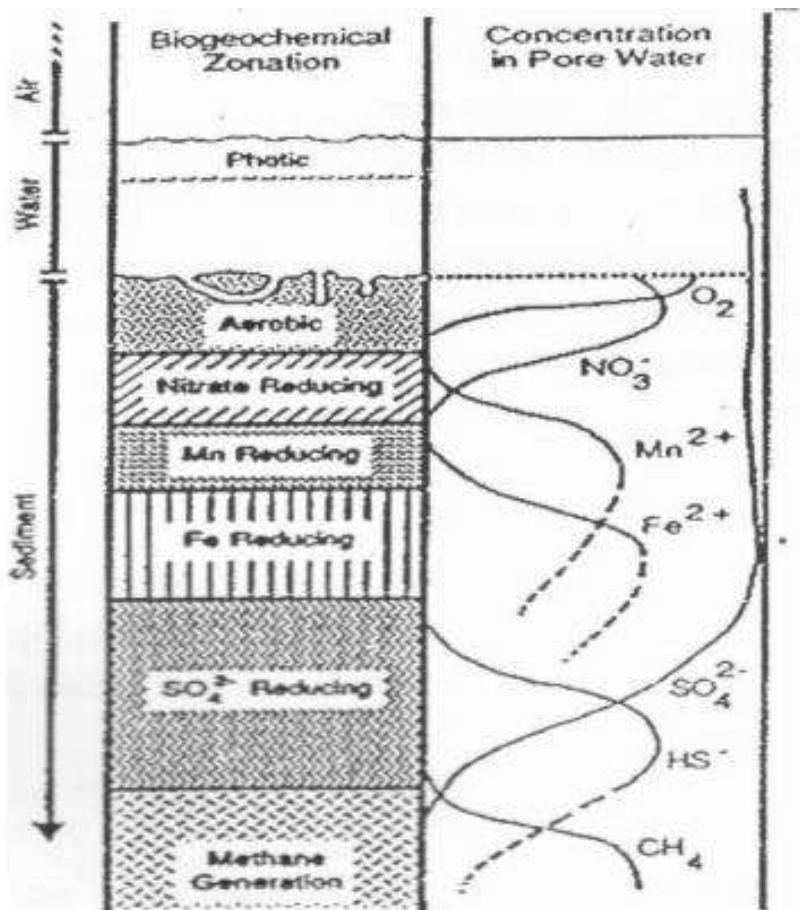
Gambar 2.1. Korelasi antara Intensitas Cahaya dengan Kelimpahan Fitoplankton
(Sumber : Zainuri *et al.*, 2023)

Pertumbuhan fitoplankton dipengaruhi juga oleh suhu perairan. Menurut (Zainuri *et al.*, 2023), suhu ideal untuk fitoplankton adalah antara 25-30°C. Fotosintesis optimum terjadi pada pagi hari, karena suhu perairan mulai naik menjelang siang sehingga proses fotosintesis fitoplankton terganggu. Menurut (Purnamaningtyas, Mujiyanto dan Riswanto, 2019), suhu air memengaruhi laju metabolisme organisme fitoplankton secara langsung, dan kecerahan memengaruhi fotosintesa secara langsung.

Lebih lanjut dinyatakan oleh (Zainuri *et al.*, 2023), bahwa suhu dapat mempengaruhi distribusi fitoplankton di dalam kolom perairan. Selain *nutrient*, suhu, dan intensitas cahaya, faktor lain yang dapat mempengaruhi kelimpahan plankton yakni faktor interaksi dengan biota lain misalkan faktor pemangsaan oleh *zooplankton*.

2.2.2 Sedimen

Selain itu, sedimen dapat pula mempengaruhi kelimpahan plankton. Menurut (Hastuti, 2011), sedimen memiliki kemampuan mengikat senyawa kimia yang terkandung dalam kolom perairan. Konsentrasi senyawa kimia yang tersimpan dalam air pori sedimen berubah sesuai dengan kedalaman strata sedimen. Pada lapisan atas sedimen tetap mengandung oksigen, sementara kandungan nitrat di sekitarnya dapat direduksi menjadi senyawa nitrit atau teroksidasi menjadi amonium. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat kandungan senyawa kimia pada strata sedimen yang berbeda.



Gambar 2.2. Senyawa Kimia dalam Strata Sedimen yang Berbeda
(Sumber : Rheinheimer, 1977 *dalam* Hastuti 2011)

2.2.3 Nutrient

Jumlah zat hara (*nutrient*) yang ada di perairan menentukan berapa banyak fitoplankton yang ada. Untuk pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton, *nutrient* adalah sumber makanannya. Dua kelompok besar nutrisi yang diperlukan untuk fitoplankton yakni makro nutrisi dan mikro nutrisi. Makro nutrisi adalah nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah besar, seperti C, H, O, N, S, P, K, Mg, Ca, Na, dan Cl. Di sisi lain, mikro nutrisi adalah nutrisi yang dibutuhkan dalam

jumlah sedikit, seperti Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Si, V, dan Co (Mustofa, 2015).

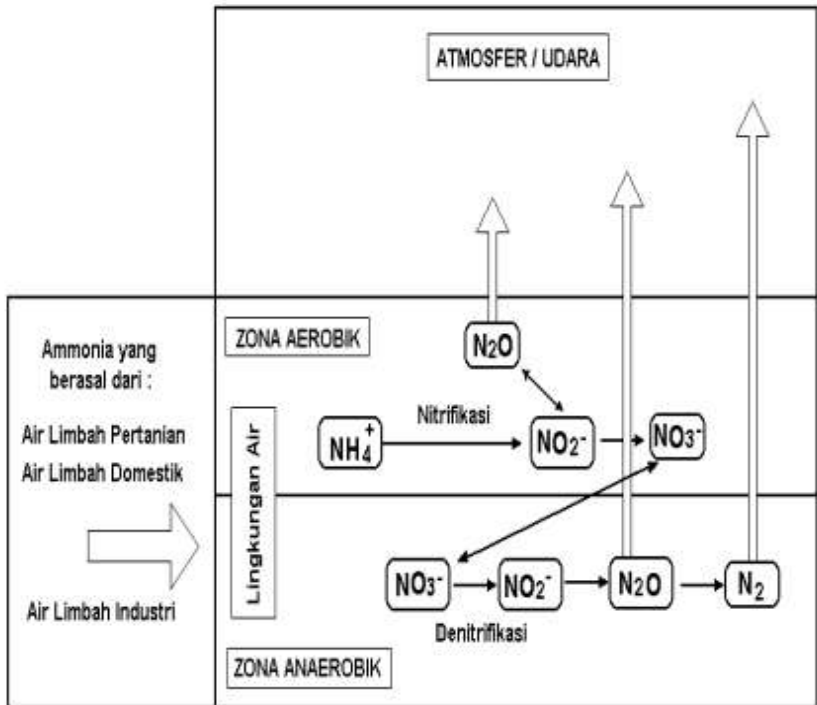
Kedua unsur ini sangat dibutuhkan oleh fitoplankton, yakni unsur N (nitrogen) dan P (fosfor), sehingga sering digunakan sebagai faktor pembatas dalam perairan. Namun, jika ketersediaan kedua unsur tersebut tidak mencukupi, pertumbuhan fitoplankton dapat terganggu atau populasinya dapat berkurang (Mustofa, 2015). Unsur N dan P berfungsi untuk pembentukan sel jaringan jasad hidup organisme laut dan juga dibutuhkan pada proses fotosintesis oleh fitoplankton. N dan P sangat penting untuk pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton, sehingga sering digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kualitas perairan dan tingkat kesuburannya (Mustofa, 2015); (Paiki dan Kalor, 2017); (Rizqina, Sulardiono dan Djunaedi, 2017).

Pemanfaatan unsur N dan P secara langsung dapat dilakukan dalam bentuk senyawa sederhana yakni nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan orthopospat (PO_4). Rasio N dan P yang optimal dalam tubuh plankton di lingkungan perairan laut adalah 16 N : 1 P. Ammonium yang masuk ke dalam badan perairan, terutama dari limbah domestik, menghasilkan nitrat, merupakan bentuk nitrogen utama di perairan alami. Konsentrasi nitrat berkurang semakin jauh dari titik pembuangan, yang mengurangi aktivitas mikroorganisme seperti bakteri nitrosumonas (Mustofa, 2015).

Senyawa nitrat dan fosfat ditemukan secara alami dalam perairan melalui proses seperti penguraian, pelapukan, dan pemisahan tumbuh-tumbuhan, sisa organisme mati, dan limbah, termasuk limbah domestik, industri, pertanian, dan peternakan, serta sisa pakan yang diurai oleh bakteri pengurai menjadi hara (Fatma, Nedi dan Nurrachmi, 2022).

Mikroorganisme mengoksidasi ammonium (NH_4^+ dan NH_3) dan selanjutnya menjadi senyawa nitrit (NO_2^-) kemudian teroksidasi menjadi nitrat (NO_3^-). Proses ini lebih dikenal dengan nitrifikasi. Bakteri yang *familiar* dalam proses nitrifikasi adalah bakteri dari famili Nitrobacteriaceae. Proses oksidasi ini dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut. Jika konsentrasi oksigen terlarut sangat rendah, ada dua reaksi yang

bertentangan dengan stratifikasi yang dapat terjadi: proses denitrifikasi, di mana nitrat menghasilkan nitrogen bebas yang kemudian dilepas ke udara, atau proses amonifikasi, di mana nitrat dapat kembali membentuk amonium dan amoniak (Khasani, 2010). Siklus nitrogen yang terjadi di Lingkungan perairan secara sederhana dapat diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Siklus Nitrogen pada Perairan
(Sumber : Marsidi dan Herlambang, 2002)

Perairan dapat diklasifikasikan berdasarkan kadar nitratnya. Perairan oligotrofik memiliki kadar nitrat 0-1 mg/L, perairan mesotrofik memiliki kadar 1-5 mg/L, dan perairan eutrofik memiliki kadar nitrat 5-50 mg/L. Dengan cara yang sama tetapi dengan memperhatikan kadar orthofosfat, 0,003-0,010 mg/L adalah oligotrofik, 0,01-0,03 mg/L adalah mesotrofik, dan 0,03-0,1 mg/L adalah eutrof (Makmur *et al.*, 2012).

Kandungan N dan P menjadi indikator akan kelimpahan plankton, dan selanjutnya plankton menjadi bioindikator akan kelimpahan biota akuatik yang lebih besar. Rumus TRIX (indeks trofik) dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kesuburan perairan. Dengan menggunakan metode ini, empat variabel dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat kesuburan suatu perairan: klorofil-a, oksigen terlarut jenuh (DO saturasi), mineral nitrogen (nitrat), dan fosfor (Ismail, Melani dan Apriadi, 2018).

$$TRIX = \frac{k}{n} \sum_i^n \frac{(\text{Log } M - \text{Log } L)}{(\text{Log } U - \text{Log } L)}$$

- Keterangan:
- k = scaling factor (10)
 - n = jumlah parameter (4)
 - U = batas atas
 - L = batas bawah
 - M = nilai rata-rata parameter

Kemudian nilai yang diperoleh ditabulasi, dengan tingkat penilaian nilai indeks tertinggi menunjukkan tingkat kesuburan perairan yang tinggi. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan nilai kesuburan suatu perairan berdasarkan nilai TRIX yang diperoleh.

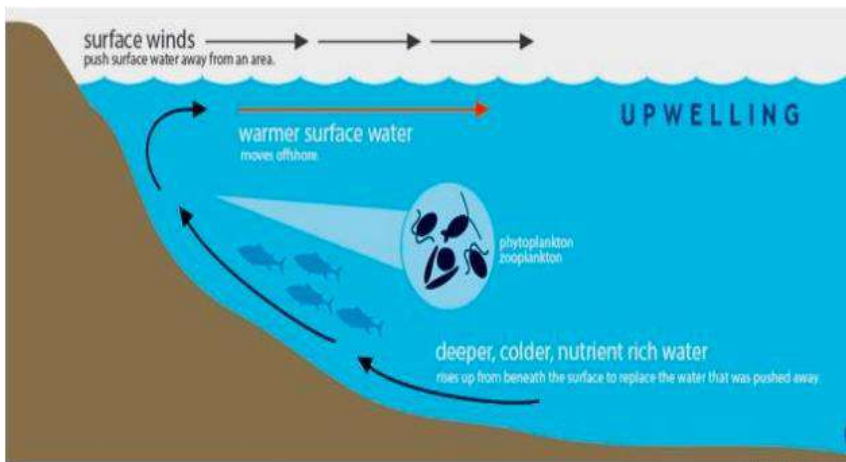
Tabel 2.1. Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Skala Nilai TRIX

Skala TRIX	Status Kualitas Air	Tingkat Kesuburan
0,0-4,0	Oligotrofik	Rendah
4,1-5,0	Mesotrofik	Sedang
5,1-6,0	Eutrofik	Tinggi
6,1-10,0	Hipertrofik	Sangat Tinggi

Sumber: Alves et al. (2013) *dalam* Ismail et al. (2018)

2.2.4 Peristiwa *Upwelling*

Dalam perairan yang mengalami *upwelling*, ada "batas" suhu yang sering disebut sebagai "*front termal*". Lokasi tersebut merupakan pertemuan dua massa air yang berbeda. *Front termal* merupakan batas yang menandakan lokasi *upwelling*. Konsentrasi tinggi klorofil-a di perairan yang mengalami *upwelling* juga merupakan indikator lainnya (Sholva, Hengky Anra dan Tjahjanto, 2018). Ilustrasi peristiwa *upwelling* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Ilustrasi Fenomena *Upwelling*
(Sumber : Sholva, Hengky Anra dan Tjahjanto, 2018)

Peristiwa *upwelling* adalah peristiwa alam yang menyebabkan massa air laut berpindah dari lapisan dalam perairan menuju permukaan (Nybakken, 1988 dalam Rahman dan Kunarso, 2022). Lebih lanjut dilaporkan oleh dilaporkan oleh (Rahman dan Kunarso, 2022), perpindahan massa air tersebut membawa *nutrient* yang ada dalam kolom perairan ke permukaan perairan yang menjadikan wilayah tersebut kaya dengan *nutrient*. Peristiwa ini memicu pertumbuhan plankton yang dapat menarik ikan-ikan kecil (nekton) untuk mendatangi lokasi tersebut. Bagi usaha penangkapan, kejadian ini menjadi peristiwa yang menjanjikan akan hasil tangkapan yang lebih banyak. Lebih lanjut disampaikan oleh (Sahami *et al.*, 2014) bahwa perbedaan durasi

peristiwa *upweeling* dapat pula mempengaruhi variabilitas produktifitas suatu perairan.

2.3 Peranan Plankton dalam Usaha Budidaya

Fitoplankton dan bakteri bekerja sama untuk mengurai bahan organik di tambak, dengan menggunakan bahan anorganik sederhana, fitoplankton dapat membuat ikatan organik kompleks. Bakteri menghancurkan bahan organik melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Kemudian fitoplankton berfotosintesis untuk menghasilkan glukosa dan oksigen yang dapat digunakan oleh bakteri sebagai sumber nutrisi. Udang/ ikan (kultivan) juga dapat menggunakan oksigen yang dihasilkan oleh fitoplankton untuk melakukan respirasi serta mendukung kelangsungan hidupnya (Krisiyanto, Sunaryo dan Redjeki, 2021).

Selain sebagai penghasil bahan organik dan oksigen dalam tambak, plankton dapat pula bertindak sebagai pakan. Keberadaan plankton dalam tambak dapat meminimalkan penggunaan pakan buatan. Namun jumlahnya harus dalam batas yang optimum, sebab dalam jumlah yang berlebih justru dapat menyebabkan dampak negatif bagi kultivan (Aisyah *et al.*, 2023). Hal serupa dilaporkan oleh (Amin dan Suwoyo, 2011), bahwa peranan plankton sangat penting dalam sebuah perairan karena plankton dapat bertindak sebagai pakan alami bagi hewan akuatik. Lebih lanjut dijelaskan oleh (Makmur, Rachmansyah dan Fahrur, 2011) bahwa plankton dapat menjadi indikator kualitas suatu perairan, karena plankton dapat tumbuh dengan baik pada kisaran parameter kualitas air tertentu.

Partikel tersuspensi seperti tanah liat, bahan organik, dan mikroorganisme, termasuk plankton, menentukan kecerahan air. Kedalaman air yang dapat ditembus oleh cahaya matahari dan dilihat oleh mata pada umumnya disebut kecerahan. Kecerahan perairan yang optimal untuk udang berada pada antara 30 dan 40 cm (Sudinno, Jubaedah dan Pigoselpi Anas, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, D. *et al.* (2023) 'Pengaruh Kelimpahan Plankton dan Kualitas Air Terhadap Performa Pertumbuhan Udang Vanname pada Sistem Budidaya Intensif', *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 5(2), pp. 173–182.
- Amin, M. dan Suwoyo, H.S. (2011) 'Jenis dan komposisi plankton pada budidaya polikultur udang windu, udang vaname, ikan bandeng, dan rumput laut di tambak', in *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2011*, pp. 773–778. Available at: <https://bppbapmaros.kkp.go.id/wp-content/uploads/2016/07/FITA-004-3.pdf>.
- Barus, T.A. (2004) 'Faktor-Faktor Lingkungan Abiotik dan Keanekaragaman Plankton Sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba', *Manusia dan Lingkungan*, 11(2), pp. 64–72.
- Das, P. *et al.* (2012) 'Important Live Food Organisms and Their Role in Aquaculture', *Frontiers in Aquaculture*, pp. 69–86. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/232700515>.
- Fatma, N.T., Nedi, S. dan Nurrachmi, I. (2022) 'Relationship of Nitrate and Phosphate Content with Phytoplankton Abundance at the West Kambang River Estuary, Lengayang District, Pesisir Selatan, West Sumatra', *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 3(1), pp. 37–43. Available at: <https://doi.org/10.31258/jocos.3.1.37-43>.
- Hastuti, Y.P. (2011) 'Nitrifikasi dan Denitrifikasi di Tambak', *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 10(1), pp. 89–98.
- Hendrajat, E.A. dan Sahrijanna, A. (2019) 'Kondisi Plankton pada Tambak Udang Windu (*Penaeus monodon* FABRICIUS) dengan Substrat Berbeda', *Berita Biologi*, pp. 47–57. Available at: <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v18i1.3496>.
- Ismail, Melani, W.R. dan Apriadi, T. (2018) 'Tingkat Kesuburan Perairan di Perairan Kampung Madong, Kelurahan Kampung Bugis, Kota Tanjungpinang', *Jurnal Akuatiklestari*, 2(1), pp. 9–13. Available at: <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v2i1.931>.

- Khasani, I. (2010) 'Pemanfaatan Bioteknologi Berbasis Mikroorganisme Guna Mendukung Peningkatan Produktivitas Perikanan Nasional', *Media Akuakultur*, 5(1), pp. 22–31.
- Krisiyanto, K., Sunaryo, S. dan Redjeki, S. (2021) 'Komunitas Fitoplankton Dan Kualitas Air Budidaya Udang Vannamei di Marine Science Techno Park Jepara', *Journal of Marine Research*, 10(4), pp. 501–507. Available at: <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i4.31664>.
- Makmur, M. *et al.* (2012) 'Pengaruh Limbah Organik dan Rasio N/P Terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Kawasan Budidaya Kerang Hijau Cilincing', *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, 15(2), pp. 51–64.
- Makmur, Rachmansyah dan Fahrur, M. (2011) 'Hubungan antara Kualitas Air dan Plankton di Tambak Kabupaten Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi', in *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2011*, pp. 961–986.
- Mustofa, A. (2015) 'Kandungan Nitrat dan Pospat Sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai', *Jurnal DISPROTEK*, 6(1), pp. 13–19.
- Nurmalitasari, M. dan Sudarsono (2023) 'Keanekaragaman Plankton dan Tingkat Produktivitas Primer Antara Dua Musim di Perairan Kabupaten Bantul', *Jurnal Kingdom The Journal of Biological Studies*, 9(1), pp. 16–34.
- Onianwah dan Fidelis, I. (2018) 'Microorganisms in Sustainable Aquaculture Development', *International Journal of Medical Science in Clinical Research and Review*, 1(1), pp. 1–7. Available at: <http://www.ijmscrr.in>.
- Paiki, K. dan Kalor, J.D. (2017) 'Distribusi Nitrat dan Fosfat Terhadap Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Pesisir Yapen Timur', *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 1(2), pp. 65–71. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2017.001.02.3>.
- Purnamaningtyas, S.E., Mujiyanto dan Riswanto (2019) 'Distribusi dan Kelimpahan Fitoplankton di Teluk Gerupuk, Nusa Tenggara Barat', *Jurnal Akuatika Indonesia*, 4(1), pp. 24–30.
- Rahmah, N., Zulfikar, A. dan Apriadi, T. (2022) 'Kelimpahan

- Fitoplankton dan Kaitannya dengan Beberapa Parameter Lingkungan Perairan di Estuari Sei Carang Kota Tanjungpinang', *Journal of Marine Research*, 11(2), pp. 189–200. Available at: <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.32945>.
- Rahman, I. dan Kunarso (2022) 'Keterkaitan Antara Fenomena *Upwelling* dan Jumlah Tangkapan (Hook Rate) Tuna di Perairan Selatan Pulau Jawa-Bali', *Jurnal Ilmu Kelautan Lesser Sunda*, 2(1), pp. 20–28. Available at: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.
- Rizqina, C., Sulardiono, B. dan Djunaedi, A. (2017) 'Relationship Between Content of Nitrate and Phosphate with Phytoplankton Abundance in Pari Island, Thousand Islands', *Journal of Maquares*, 6(1), pp. 43–50.
- Sahami, F.M. *et al.* (2014) *Lingkungan Perairan dan Produktivitasnya*. 1st edn. Yogyakarta: Deepublish.
- Sholva, Y., Hengky Anra dan Tjahjanto (2018) 'Metode Penentuan Pikel Klorofil-a sebagai Indikator *Upwelling* Menggunakan Citra Satelit Aqua Modis', in *Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi 2018*, pp. 201–209.
- Sohani, S. (2016) 'A Review of Phytoplankton Ecology in Freshwater Rivers and Lakes of India', *IJSTE-International Journal of Science Technology & Engineering* /, 3(6), pp. 19–21. Available at: www.ijste.org.
- Sudinno, D., Jubaedah, I. dan Pigoselipi Anas (2015) 'Kualitas Air dan Komunitas Plankton Pada Tambak Pesisir Kabupaten Subang Jawa Barat', *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 9(1), pp. 13–28.
- Yuliana (2015) 'Distribusi dan Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Jailolo, Halmahera Barat', *Jurnal Akuatika*, 6(1), pp. 41–48.
- Zainuri, M. *et al.* (2023) 'Korelasi Intensitas Cahaya dan Suhu Terhadap Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Estuari Ujung Piring Bangkalan', *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), pp. 20–26. Available at: <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.44763>.

BAB 3

PERANAN PLANKTON BAGI KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN

Oleh Alianto

3.1 Pendahuluan

Plankton merupakan organisme mikroskopis yang memiliki sebaran luas baik di perairan laut maupun perairan tawar. Plankton di perairan terdiri atas fitoplankton yang lebih dikenal sebagai plankton tumbuhan dan zooplankton yang lebih dikenal sebagai plankton hewan. Berdasarkan kemampuannya, fitoplankton dan zooplankton memiliki persamaan dan perbedaan. Persamaan fitoplankton dan zooplankton adalah sebagai penghasil bahan organik di perairan. Perbedaannya adalah fitoplankton menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik dan zooplankton menghasilkan bahan organik dari makanan yang mereka makan. Berdasarkan kemampuannya dalam menghasilkan bahan organik tersebut menyebabkan fitoplankton disebut sebagai organisme autotrof dan zooplankton disebut sebagai organisme heterotrof. Kondisi ini keberadaan fitoplankton dan zooplankton sangat penting bagi organisme di perairan.

Fitoplankton dan zooplankton menjadi sumber karbon dan energi terpenting bagi organisme di berbagai lingkungan perairan. Walaupun demikian, tidak semua jenis fitoplankton dan zooplankton terlibat dalam siklus karbon di perairan. Fitoplankton yang memiliki sekitar 20.000 jenis hanya sebagian kecil yang berperan penting dalam siklus karbon (Falkowski dan Raven, 1997). Hal yang sama dengan zooplankton dari 4685 jenis hanya jenis-jenis dari satu kelompok tertentu saja yang berperan dalam siklus karbon di perairan (Omori dan Ikeda, 1976). Keberadaan fitoplankton dan zooplankton sangat menentukan kemampuan potensial suatu perairan untuk menghasilkan sumberdaya hayati. Pada beberapa abad terakhir fitoplankton dan zooplankton menjadi

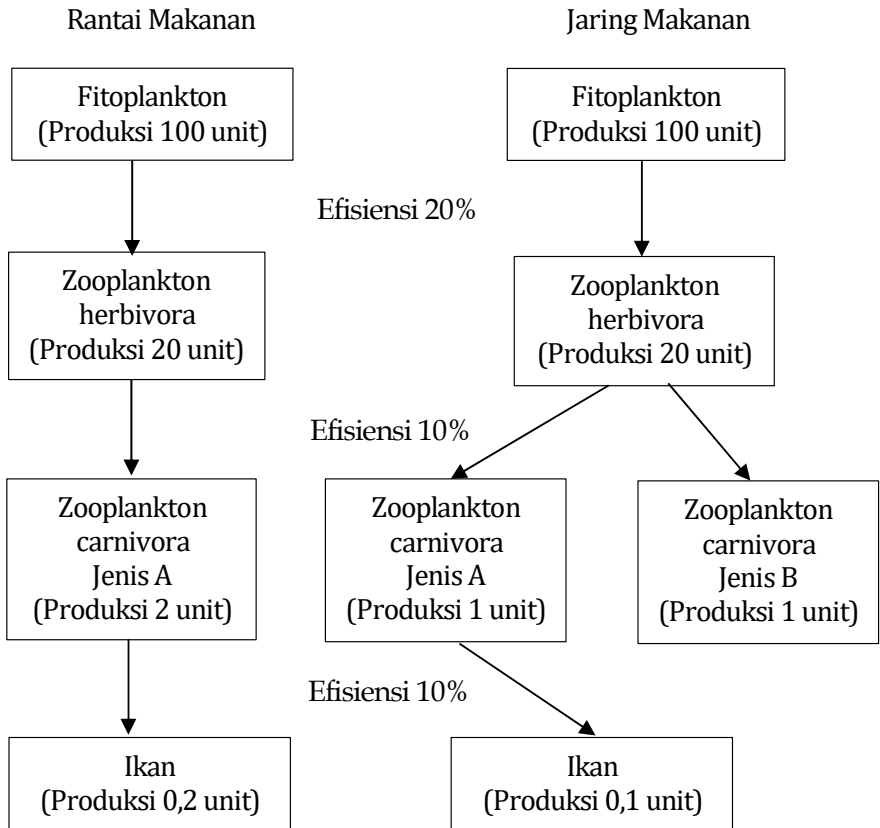
pusat perhatian. Hal ini tidak terlepas dari peran penting baik secara langsung maupun tidak langsung fitoplankton dan zooplankton bagi kehidupan dan lingkungan.

3.2 Peranan Plankton Bagi Kehidupan

Fitoplankton dan zooplankton memainkan peran penting bagi keberlangsungan hidup semua organisme di perairan. Fitoplankton dan zooplankton memainkan peran yang berbeda bagi keberlangsungan hidup semua organisme di perairan. Fitoplankton memainkan peran sebagai produsen primer atau penghasil utama makanan atau pertama di perairan. Zooplankton memainkan peran sebagai konsumen primer atau pemanfaat pertama di perairan.

3.2.1 Peranan Fitoplankton Bagi Kehidupan

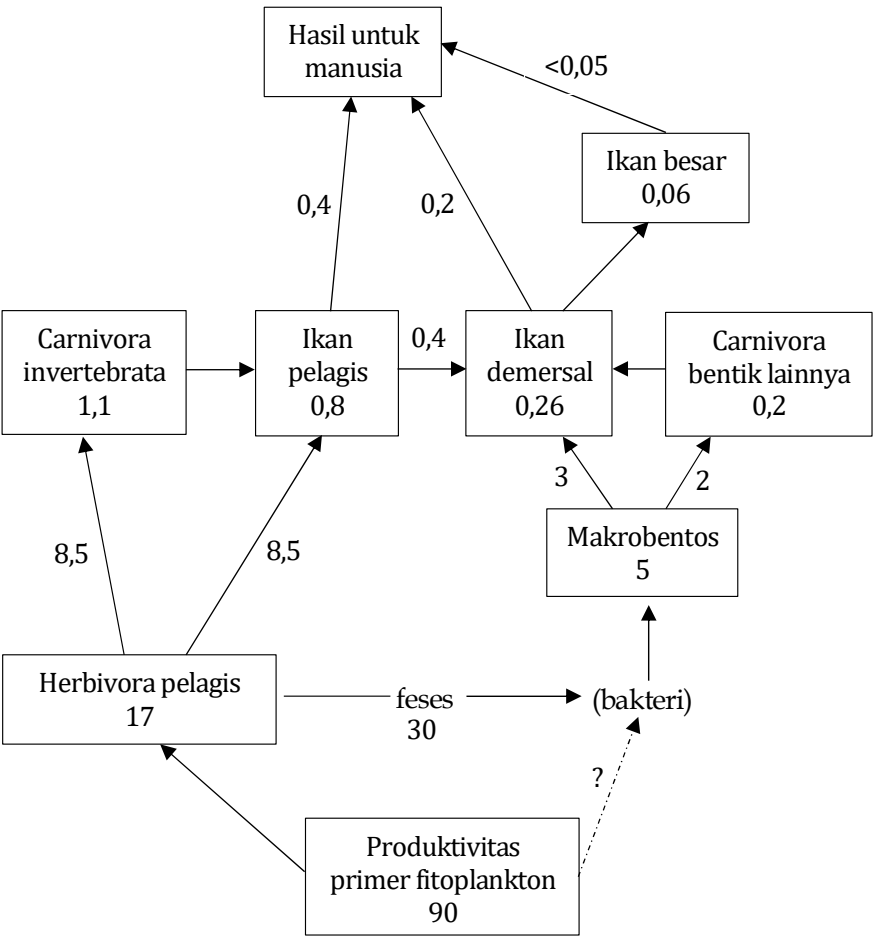
Fitoplankton merupakan salah satu organisme pelaku produktivitas primer penting yang dapat menghasilkan bahan organik di perairan. Bahan organik yang dihasilkan berupa bahan organik hidup atau fitoplankton baru. Bahan organik atau karbon yang dihasilkan fitoplankton diperkirakan sebesar 10^{10} ton setiap tahun atau kira-kira 50% dari seluruh karbon yang dihasilkan oleh seluruh tumbuh-tumbuhan di perairan. Berdasarkan ini, secara langsung fitoplankton berperan besar bagi kehidupan atau kelangsungan hidup semua organisme di perairan. Hal ini terlihat dari kontribusinya yang sangat besar sebagai penghasil utama makanan bagi organisme lainnya yang berada pada tingkat trofik atau urutan berikutnya dalam rantai makanan maupun jaring makanan di perairan. Efisiensi energi yang dipindahkan dari fitoplankton ke urutan setelahnya sebesar 20% dan 15-10% secara berturut-turut ke urutan berikutnya atau lebih tinggi. Perbedaan efisiensi energi pada setiap tingkat menunjukkan predator atau pemangsa (zooplankton herbivora, zooplankton karnivora dan ikan) aktif memangsa. Peran secara langsung fitoplankton bagi kehidupan organisme di perairan disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Peran secara langsung fitoplankton bagi kehidupan organisme di perairan (Sumber: Lalli dan Parsons, 1996).

Rantai makanan merupakan urutan secara linear organisme dimana masing-masing atau setiap organisme merupakan makanan untuk anggota organisme berikutnya sesuai urutan. Jaring makanan merupakan gambaran tentang skema interaksi makan memakan di perairan. Berdasarkan posisi atau urutannya dalam rantai makanan maupun jaring makanan, fitoplankton berada di urutan pertama dimana 100% akan di makan atau menjadi makanan organisme urutan berikutnya. Berdasarkan ini, secara tidak langsung fitoplankton berperan bagi kehidupan manusia di daratan. Hal ini dilihat dari kontribusinya sebagai penyokong kegiatan perikanan terutama perikanan pelagis di perairan. Peranan secara tidak

langsung fitoplankton bagi kehidupan manusia disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Peran secara tidak langsung fitoplankton bagi kehidupan manusia di daratan (Sumber: Lalli dan Parsons, 1996).

Peran fitoplankton bagi kehidupan manusia dengan mengetahui atau mengukur produktivitas primernya atau produktivitas primer fitoplankton dapat memprediksi jumlah ikan yang boleh ditangkap oleh manusia. Contoh seperti disajikan pada Gambar 2 diperoleh produktivitas primer di perairan sebesar 90 g C/m²/tahun dengan asumsi semua zooplankton memangsa fitoplankton dan 30% membuang dari makanan tersebut sebagai

feses. Prediksi ikan yang dapat ditangkap oleh manusia setelah melewati beberapa urutan dalam jaring makanan diperkirakan kurang dari 0,7 g C/m²/tahun, dimana sekitar 0,8% merupakan produksi tumbuhan. Selain itu, peran scara tidak langsung fitoplankton adalah dengan mengukur produksi primer fitoplankton dapat mengetahui potensi dan produksi ikan di perairan seperti di teluk Banten (Alianto *et al.*, 2009). Hubungan produktivitas primer dengan produksi ikan di beberapa lokasi laut disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Hubungan produktivitas primer dan produksi ikan pada tiga lokasi laut yang berbeda

No.	Parameter	Lokasi		
		Laut	Pantai	Upwelling
1.	Luas laut (%)	90	9,9	0,1
2.	Rataan produktivitas primer (g C/m ² /tahun)	50	100	300
3.	Total produksi tumbuhan (10 ⁹ ton/tahun)	16,3	3,6	0,1
4.	Rataan produksi ikan (mg C/m ² /tahun	0,5	340	36.000
5.	Total produksi ikan (10 ⁴ ton C/tahun)	0,2	12	12

Sumber: Lalli dan Parsons (1996)

3.2.2 Peranan Zooplankton Bagi Kehidupan

Zooplankton merupakan salah satu organisme pelaku produktivitas sekunder yang dapat menghasilkan bahan organik dari makanan yang mereka makanan dan sisanya dikeluarkan dalam bentuk fecal pellet atau feses di perairan. Berdasarkan ini, secara langsung zooplankton memiliki dua peran penting bagi keberlangsungan hidup organisme di perairan. Peran secara langsung yang pertama zooplankton adalah sebagai konsumen primer atau pemanfaat pertama fitoplankton dalam rantai makanan maupun jaring makanan di perairan. Peran secara langsung yang pertama zooplankton disajikan pada Gambar 1 dan 2. Zooplankton memakan atau mengambil fitoplankton sebagai makanannya

dengan cara menyaring dan digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan, reproduksi atau metabolisme. Laju filter zooplankton pada fitoplankton di perairan diperkirakan sekitar 75%. Laju penyaringan zooplankton pada fitoplankton disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Laju penyaringan zooplankton (kopepoda) pada fitoplankton

No.	Jenis	Tahap	Makanan	Laju penyaringan Maksimum (ml/ind/hari)
1.	<i>Calanus finmarchicus</i>	Dewasa	Diatom < 10 µm	7
2.	<i>Calanus helgolandicus</i>	Dewasa	Diatom > 10 µm	240
		C _v	Flagellata > 10 µm	101
		♀	Flagellata < 10 µm	4
		♀	Flagellata > 10 µm	84,3
		♀	Diatom > 10 µm	43
		C _v	Diatom > 10 µm	4
3.	<i>Metridia lucens</i>	♀	Diatom > 10 µm	0,4
		C _v ♀	Flagellata > 10 µm	1,3
4.	<i>Centropages hamatus</i>	?	Flagellata > 10 µm	15
		♀	Flagellata < 10 µm	0,3
		♀	Flagellata > 10 µm	15
		♀	Flagellata > 10 µm	2,7

No.	Jenis	Tahap	Makanan	Laju penyaringan Maksimum (ml/ind/hari)
			Diatom > 10 μm	
5.	<i>Temora longicornis</i>	?	Flagellata > 10 μm	11,6
		♀	Flagellata < 10 μm	1,1
		♀	Flagellata > 10 μm	14,5
		♀	Diatom > 10 μm	18,3
		C _v ♀	Diatom > 10 μm	6,6
		?	Diatom > 10 μm	150
		♀	Diatom > 10 μm	20,7
6.	<i>Pseudocalanus minutus</i>	?	Flagellata > 10 μm	8,6
		♀	Flagellata < 10 μm	3,7
		♀	Flagellata > 10 μm	9,1
		♀	Diatom > 10 μm	2,3
		C _v	Flagellata > 10 μm	1,7
		C _v	Diatom > 10 μm	0,9
7.	<i>Acartia clausi</i>	?	Diatom > 10 μm	10,4
		♀	Flagellata < 10 μm	0,1
		♀	Flagellata	8,6

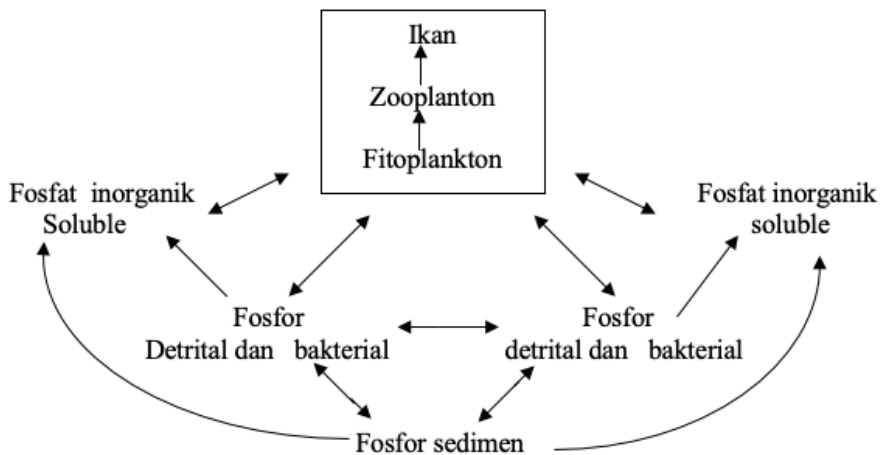
No.	Jenis	Tahap	Makanan	Laju penyaringan Maksimum (ml/ind/hari)
		♀	> 10 µm Diatom > 10 µm	2,7
8.	<i>Acartia tonsa</i>	?	Diatom > 10 µm	25,1
9.	<i>Paracalanus parvus</i>	C _v	Diatom > 10 µm	0,6
10.	<i>Oithona similis</i>	♀	Flagellata < 10 µm	0
		♀	Flagellata > 10 µm	0,02
		♀	Diatom > 10 µm	0

Sumber: Marshall dan Orr (1962)

Peran secara langsung yang kedua zooplankton bagi keberlangsungan hidup organisme di perairan adalah sebagai perantara antara produser primer ke konsumen sekunder atau pemanfaat kedua seperti ikan kecil dan konsumen berikutnya yang urutannya lebih tinggi atau trofiknya lebih tinggi. Pada tahap ini terjadi peristiwa makan memakan dimana zooplankton di makan oleh ikan kecil atau ikan berukuran kecil dan ikan kecil di makan oleh ikan berukuran sedang, ikan berukuran sedang di makan oleh ikan berukuran besar. Peristiwa atau proses saling makan memakan dalam rantai makanan maupun jaring makanan seperti disajikan pada Gambar 3.1 dan 3.2.

Sebaliknya, secara tidak langsung zooplankton memiliki dua peran bagi keberlangsungan hidup organisme di perairan. Peran secara tidak langsung yang pertama adalah fecal pellet atau feses yang dikeluarkan zooplankton di dekomposisi oleh bakteri di kolom air maupun sedimen atau dasar perairan. Bakteri tersebut selanjutnya akan mati dan mengendap ke dasar perairan. Bakteri mati yang mengendap di dasar perairan akan menjadi makanan bagi

organisme yang hidup di dasar perairan. Organisme dasar perairan yang memanfaatkan bakteri yang telah mati tersebut terdiri dari mikroorganisme seperti protozoa dan makroorganisme seperti bentos. Peran secara tidak langsung yang kedua adalah feses yang di dekomposisi bakteri baik di kolom air maupun sedimen akan memberikan kontribusi salah satunya bagi ketersediaan fosfat di perairan. Fosfat menjadi sumber nutrisi bagi fitoplankton yang digunakan untuk proses pertumbuhannya. Peran secara tidak langsung yang kedua dari zooplankton disajikan pada Gambar 3.2. dan 3.3.



Gambar 3.3. Ketersediaan fosfat di kolom air dan sedimen
(Sumber: Parsons et al., 1984).

3.3 Peranan Plankton Bagi Lingkungan

Fitoplankton dan zooplankton memiliki peran penting pada lingkungan, baik lingkungan perairan maupun lingkungan atmosfer. Peran fitoplankton dan zooplankton pada lingkungan perairan sebagai konsekuensi kedua organisme ini sebagai produsen primer dan sekunder di perairan. Selain itu, fitoplankton dan zooplankton sangat sensitif dan cepat merespon terhadap perubahan lingkungannya. Peran fitoplankton dan zooplankton pada lingkungan atmosfer sebagai konsekuensi kedua organisme ini merupakan organisme autotrof bagi fitoplankton dan heterotrof bagi zooplankton.

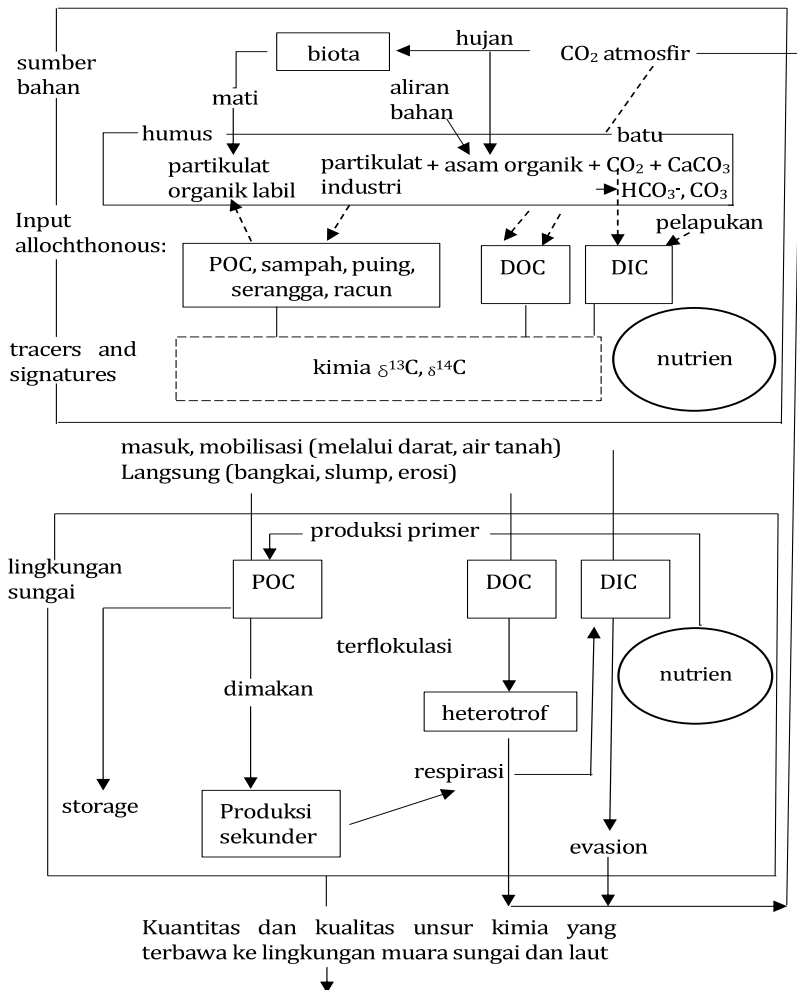
3.3.1 Peranan Fitoplankton Bagi Lingkungan

Secara tidak langsung kehadiran atau keberadaan fitoplankton sering digunakan sebagai indikator kesehatan lingkungan perairan. Alasan pertama adalah fitoplankton merupakan sumber makanan utama terutama ikan pelagis di perairan. Konsekuensinya bila di perairan tidak ada fitoplankton maka dipastikan tidak ada kehidupan organisme lainnya terutama ikan pelagis di perairan. Alasan kedua adalah fitoplankton merupakan organisme yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan perairan. Konsekuensinya bila terdapat unsur-unsur yang merugikan bagi pertumbuhannya seperti unsur beracun (logam berat) maka fitoplankton akan hilang atau tidak ada di perairan. Sebaliknya bila terdapat unsur-unsur yang menguntungkan pertumbuhannya seperti nutrisi (nitrogen dan fosfat) maka fitoplankton ada atau melimpah di perairan seperti di bagian luar teluk Wondama (Alianto *et al.*, 2018). Berdasarkan alasan kedua ini maka fitoplankton di perairan secara tidak langsung berperan pula dalam siklus biogeokimia sebagai pengontrol nutrisi. Peran secara tidak langsung fitoplankton dalam siklus biogeokimia di perairan disajikan pada Gambar 3.4.

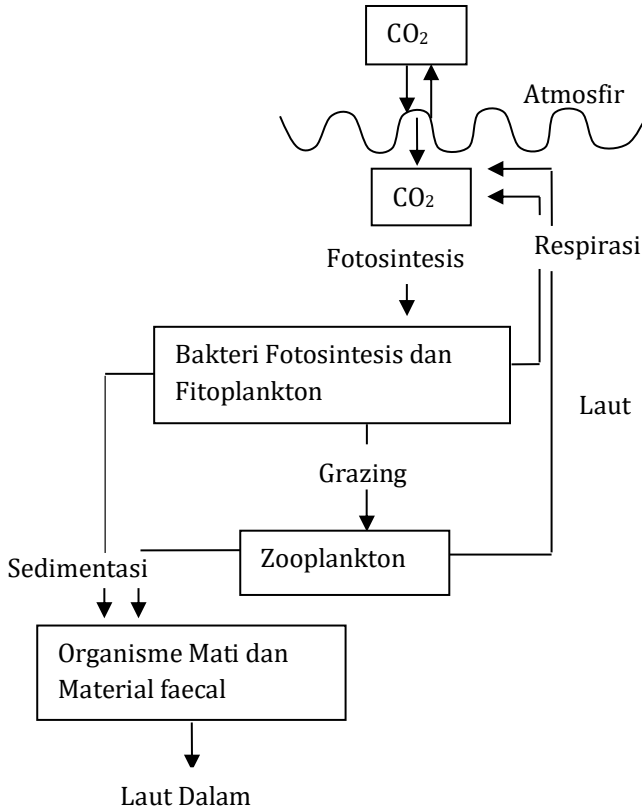
Fitoplankton memiliki dua peran secara langsung pada lingkungan atmosfer terutama berkaitan dengan pengaturan iklim global. Peran secara langsung fitoplankton pada lingkungan atmosfer berkaitan dengan siklus karbon global dan paru-paru bumi. Peran secara langsung yang pertama adalah fitoplankton sebagai pengatur iklim global karena fitoplankton itu sendiri merupakan komponen utama dalam siklus karbon global dan sebagai paru-paru bumi. Fitoplankton sebagai siklus karbon global dapat mengurangi kandungan karbon dioksida atmosfer yang saat ini meningkat 25% dibanding saat preindustri dan setiap tahunnya mengalami peningkatan 2% melalui pompa biologis karbon dari atmosfer dan menyimpannya di laut dalam. Peran secara langsung fitoplankton sebagai pompa biologis disajikan pada Gambar 3.5. Fitoplankton dapat mentransformasi sekitar 100 Gt karbon dalam bentuk karbon dioksida setiap tahunnya yang difiksasi dalam bentuk karbon organik melalui proses fotosintesis. Nilai ini jauh lebih besar bila dibandingkan dengan karbon yang diserap oleh sistem pertanian

yang hanya berkisar dari 9-12 Gt karbon setiap tahunnya (Kumar dan Hader, 1999).

Konsenkuensi dari peran secara langsung yang pertama tersebut menyebabkan fitoplankton dapat memelihara stabilitas suhu dari peningkatan akibat pengaruh meningkatnya gas-gas rumah kaca serta dapat mengurangi kandungan karbon dioksida (CO_2) atmosfir itu sendiri. Peran secara langsung yang kedua adalah fitoplankton



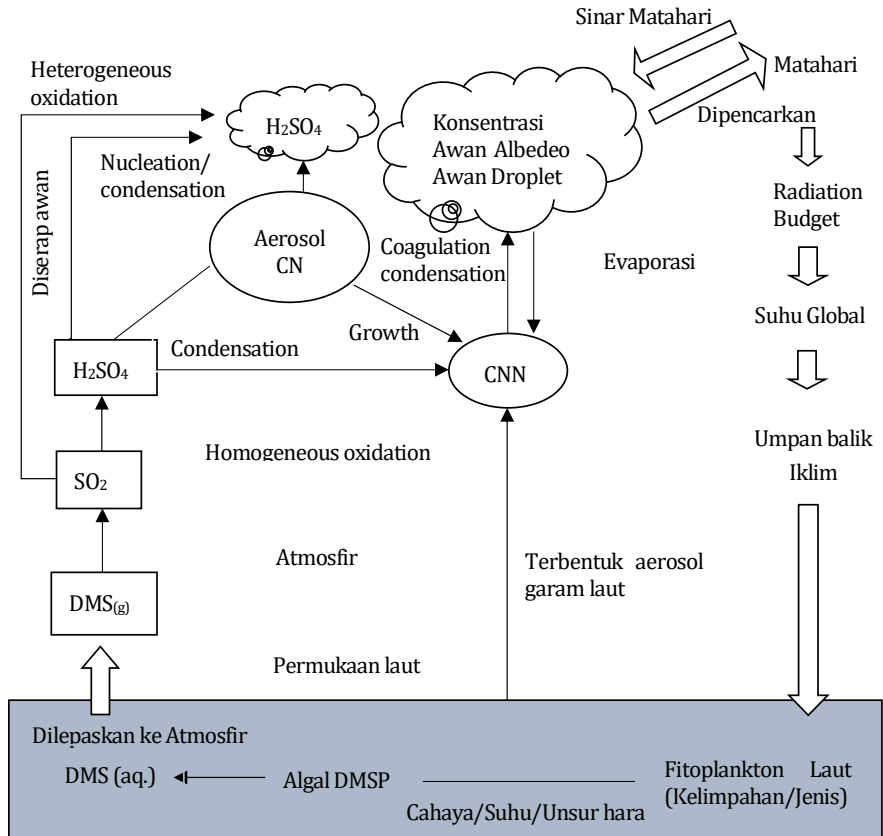
Gambar 3.4. Peran secara tidak langsung fitoplankton pada siklus biogeokimia di perairan (Sumber: Kumar dan Hader, 1999).



Gambar 3.5. Peran secara langsung fitoplankton bagi lingkungan perairan (Sumber: Kumar dan Hader, 1999).

Memainkan peran penting sebagai paru-paru bumi. Fitoplankton dengan jumlahnya yang lebih kecil hanya 1% dari total biomassa organisme fotosintetis, namun dapat menyumbangkan lebih dari 45% total produksi oksigen di biosfir (Field *et al.* 1998). Sebaliknya, peran secara tidak langsung fitoplankton pada lingkungan atmosfer kaitannya dengan pengaturan iklim global terutama dalam mengurangi kandungan sulfur dan pembentukan awan di atmosfer. Peran secara tidak langsung fitoplankton dalam pengurangan sulfur dan pembentukan awan di atmosfer dilakukan oleh *dimetisulfid* (DMS). DMS merupakan senyawa sulfur yang mudah menguap atau sisa gas biogenik yang dihasilkan dari degradasi metabolik fitoplankton *dimetilsulfoniopropionat* (DMSP)

di permukaan laut (Valle *et al.* 2009). DMS yang berpindah ke atmosfer hanya 10% atau sekitar 0.5-1.0 Tmol dari keseluruhan DMS yang dihasilkan di permukaan laut. Peran secara tidak langsung fitoplankton pada pengaturan iklim global disajikan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Peran secara tidak langsung fitoplankton di lingkungan atmosfer (Sumber: Kumar dan Hader, 1999).

Walaupun demikian, DMS yang berpindah ke atmosfer tersebut dapat memberikan kontribusi dalam mengurangi kandungan sulfur sekitar 48-100%. Selain itu, DMS yang berpindah ke atmosfer tersebut dapat memberikan pengaruh dingin. Pengaruh dingin yang disebabkan oleh DMS sangat besar terhadap atmosfer terutama biosfer. Peningkatan DMS yang berpindah atmosfer

sebesar 30% dapat memberikan pengaruh dingin sekitar 1 K (-272.15 °C). Selain itu, di atmosfer DMS teroksidasi menjadi bentuk partikel aerosol asidik yang berpengaruh pada keseimbangan radiasi bumi dengan memantulkan kembali radiasi matahari. Pembentukan partikel awan kondensasi nuklei (CNN) yang berfungsi dapat meningkatkan pembentukan awan *droplet* untuk menyerap radiasi matahari dan awan *albedo* untuk memantulkan kembali radiasi matahari (Kumar dan Hader, 1999).

3.3.2 Peranan Zooplankton Bagi Lingkungan

Peran penting zooplankton di perairan adalah secara tidak langsung sering digunakan pula sebagai indikator kesehatan perairan. Penerapan zooplankton sebagai indikator kesehatan perairan seperti di perairan teluk Doreri (Marani *et al.*, 2023). Salah satu alasan zooplankton sebagai indikator kesehatan perairan adalah zooplankton sebagai perantara antara produsen primer (fitoplankton) dengan organisme (ikan) pada trofik yang lebih tinggi urutannya dalam rantai dan jaringan makan. Peran secara tidak langsung penting lainnya dari zooplankton adalah berkaitan dengan perubahan iklim dimana zooplankton secara tidak langsung turut mengurangi konsentrasi karbon dioksida di atmosfer. Faktor penyebab zooplankton memakan fitoplankton yang mengambil CO₂ (karbon dioksida) melalui proses fotosintesis.

Berkurangnya konsentrasi karbon dioksida dilakukan oleh zooplankton dengan menenggelamkannya dalam bentuk bahan organik (fitoplankton yang dimakannya) ke lapisan perairan dalam. Proses penenggelaman bahan organik ini berlangsung cepat dari migrasi vertikal zooplankton yang mencari makan di zona produktif lapisan permukaan yang selanjutnya di bawah atau dipindahkan ke lapisan dalam perairan. Peran secara tidak langsung zooplankton bagi lingkungan disajikan pada Gambar 3 dan 5. Peran penting tersebut sangat tergantung pada tahap perkembangan atau siklus hidup zooplankton yang berbeda pada setiap tahap seperti disajikan pada Tabel 2. Tahap perkembangan atau siklus hidup zooplankton yang berbeda pada setiap tahap tergantung

pada lokasi atau tempat. Hal ini terbukti dari penelitian di perairan selatan laut Adriatik menunjukkan larva zooplankton lebih melimpah ditemukan dari pada zooplankton berukuran besar atau dewasa (Zovko *et al.*, 2018). Sebaliknya di perairan teluk zooplankton berukuran besar lebih melimpah dari pada larva zooplankton (Berraho *et al.*, 2019). Fenomena yang sama dijumpai pula di perairan teluk Doreri (Marani *et al.*, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Alianto, A., Henri, H., & Suhaemi, S. (2018). Kelimpahan dan kelompok fitoplankton di perairan luar Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 683-697.
- Alianto, E. M., & Adiwilaga, A. D. E. Harris. 2009. Estimasi potensi ikan pelagis kecil berbasis produktivitas primer fitoplankton di perairan laut. In *Prosiding Seminar Nasional Tahunan VI Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*(pp. 1-10).
- Berraho, A., Abdelouahab, H., Baibai, T. ., Charib, S., Larissi, J., Agouzouk, A., & Makaoui, A. (2019). Short-term variation of zooplankton community in Cintra Bay (Northwest Africa). *Oceanologia*, 61(3), 368-383.
- Falkowski, P.G., and J.A. Raven. 1997. *Aquatic Photosynthesis*. Blackwell Science, Malden Massachusetts.
- Field, C. B., M. J. Behrenfeld, J. T. Randerson, and P. Falkowski. 1998. Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237-240.
- Harvey, M., Galbraith, P. S., & Descroix, A. (2009). Vertical distribution and diel migration of macrozooplankton in the St. Lawrence marine system (Canada) in relation with the cold intermediate layer thermal properties. *Progress in Oceanography*, 80(1-2), 1-21.
- Jakhar, P. (2013). Role of phytoplankton and zooplankton as health indicators of aquatic ecosystem: A review. *International Journal of Innovation Research Study*, 2(12), 489-500.
- Kumar, H.D., and D.P. Hader. 1999. *Global Aquatic and Atmospheric Environmet*. Springer-Verlag, New York.
- Lalli, C.M., and T.R. Parsons. 1995. *Biological Oceanography: An Introduction*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Marani, A. R., Sabariah, V., Tururaja, T. S., Manaf, M., & Dody, S. (2023). Zooplankton Sebagai Bioindikator Lingkungan Perairan: Studi Kasus Perairan Teluk Doreri Manokwari, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(1), 83-90.

- Marani, A. R., Alianto, A., Sabariah, V., Manaf, M., Tururaja, T. S., & Dody, S. (2022). Zooplankton di Perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(2).
- Marshall, S.M., and Orr, A.P. 1962. Food and feeding in copepoda. *Rap. P.-v. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 153, 92-98.
- Omori, M., and T. Ikeda. 1984. Methods in Marine Zooplankton Ecology. John Wiley and Sons, Inc. Canada.
- Parsons, T.R., M. Takahashi, and B. Hargrave. 1984. *Biological Oceanographic Processes*. Third Edition. Pergamon Press, Oxford.
- Sterner, R. W. (2009). Role of zooplankton in aquatic ecosystems. In *Encyclopedia of inland waters* (pp. 678-688). Elsevier Inc..
- Turner, J. T., & Ferrante, J. G. (1979). Zooplankton fecal pellets in aquatic ecosystems. *BioScience*, 29(11), 670-677.
- Zovko, B. G., Lučić, D., Hure, M., Onofri, I., & Pestorić, B. (2018). Composition and diel vertical distribution of euphausiid larvae (calyptopis stage) in the deep southern Adriatic. *Oceanologia*, 60(2), 128-138.
- Valle, D.A., D.J. Kieber, D.A. Toole, J. Brinkley, and R.P. Kiene. 2009. Biological consumption of dimethylsulfide (DMS) and its importance in DMS dynamics in the Ross Sea, Antarctica. *Limnol. Oceanogr.* 54(3): 785-798.

BAB 4

KEANEKARAGAMAN PLANKTON

Oleh Annisa Bias Cahyanurani

4.1 Pendahuluan

Plankton berasal dari bahasa Yunani yang memiliki arti hanyut. Plankton merupakan organisme di dalam lingkungan perairan yang hidupnya mengambang atau mengapung serta mudah terbawa arus. Plankton dapat ditemukan pada hampir di semua perairan baik perairan tawar, payau maupun laut. Secara umum, plankton diklasifikasikan ke dalam dua kelompok utama, yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton merupakan komunitas tumbuhan mikroskopis yang melakukan fotosintesis, mensintesis karbon organik dari bahan anorganik dan bertindak sebagai produsen utama di lingkungan perairan (plankton nabati). Sementara zooplankton merupakan plankton hewani berupa hewan yang hidupnya melayang di perairan dan terbawa arus karena kemampuan renangnya yang terbatas.

Keanekaragaman plankton merujuk pada variasi jumlah spesies plankton yang berbeda dalam suatu ekosistem tertentu dimana semakin banyak jumlah spesies plankton menunjukkan semakin tinggi keanekaragamannya. Keanekaragaman jenis plankton berfungsi sebagai indikator kualitas air dan kestabilan ekosistem, sedangkan keanekaragaman yang rendah menunjukkan perairan mengalami degradasi. Keanekaragaman plankton memainkan peran penting dalam ekosistem perairan karena pentingnya produktivitas primer dan fungsi ekosistem. Fitoplankton, sebagai produsen primer, sangat penting dalam rantai makanan, siklus karbon, dan produksi oksigen. Zooplankton, sebagai konsumen, berkontribusi terhadap siklus nutrisi dan transfer energi dalam ekosistem. Pola spesies plankton yang bervariasi berkaitan erat dengan faktor lingkungan seperti suhu, radiasi, dan ketersediaan nutrisi, yang mempengaruhi keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem.

Keanekaragaman plankton juga memainkan peran penting dalam membentuk jaring makanan di lautan dengan mempengaruhi dinamika siklus energi dan materi dalam ekosistem laut. Beragamnya spesies fitoplankton dan zooplankton membentuk dasar jaring makanan di lautan, yang berdampak pada pola kesesuaian habitat, kekayaan spesies, dan pergeseran distribusi yang didorong oleh perubahan iklim.

4.2 Keanekaragaman Plankton berdasarkan Habitat

Keanekaragaman plankton sangat bervariasi di berbagai habitat seperti lingkungan laut, air awar dan payau (estuari) serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tertentu. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pada perairan tawar, seperti sungai dan laguna, menunjukkan keanekaragaman taksonomi yang lebih tinggi dan kelimpahan zooplankton dengan tingkat diversifikasi yang lebih cepat yang diamati pada garis keturunan planktonik dan bentuk dalam sistem air tawar. Sebaliknya, habitat air payau seperti laguna pasang surut menunjukkan kondisi yang berbeda terkait dengan toleransi garam dan siklus nutrisi, dengan transisi dari pembatasan fosfat di zona air tawar ke kondisi kaya nutrisi di daerah payau, yang berdampak pada proses siklus karbon, nitrogen, dan sulfur. Pada perairan estuari, dinamika plankton baik fitoplankton dan zooplankton dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti suhu, turbiditas dan nutrient dimana interaksi trofik bervariasi berdasarkan kondisi hidrodinamik (Adrianne *et al.*, 2023). Selain itu, perairan payau berfungsi sebagai daerah transisi bagi spesies non-asli, yang menunjukkan relung ekologi yang unik bagi organisme planktonik tertentu. Lebih jauh lagi, dalam sebuah penelitian yang berfokus pada cyanobacteria, ditemukan bahwa genotipe spesifik *Microcystis* yang mendominasi di wilayah air tawar tidak berkembang di lingkungan air payau, sehingga menyoroti pola distribusi yang bergantung pada salinitas dalam komunitas plankton (Karpowicz *et al.*, 2023; Kurobe *et al.*, 2018).

4.2.1 Keanekaragaman Plankton Air Tawar

Fitoplankton yang umumnya ditemukan pada badan air tawar mencakup semu mikroalga yang terdiri dari kelas chlorophyceae (green algae), bacillariophyceae (diatoms) dan cyanophyceae /Myxophyceae (blue-green algae) dan sebagainya. Menurut Jena *et al.* (2017), jenis fitoplankton pada perairan tawar meliputi:

1. Chlorophyceae: *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Volvox*, *Eudorina*, *Pandorina*, *filamentous algae like Ulothrix*, *Spirogyra*, *Microspora*, *Cladophora*, *Clostridium*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, dan sebagainya.
2. Blue green algae (Cyanophyceae): *Spirulina*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Anacystis*, *Microcystis*.
3. Diatoms: *Navicula*, *Synedra*, *Diatoma*, *Synedra*, *Meridian*, *Fragilaria*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*, *Cyclotella* dan sebagainya.
4. Dinoflagellates: *Ceratium*, *Cryptomonas*.
5. Euglenophytes: *Euglena*, *Phacus*.

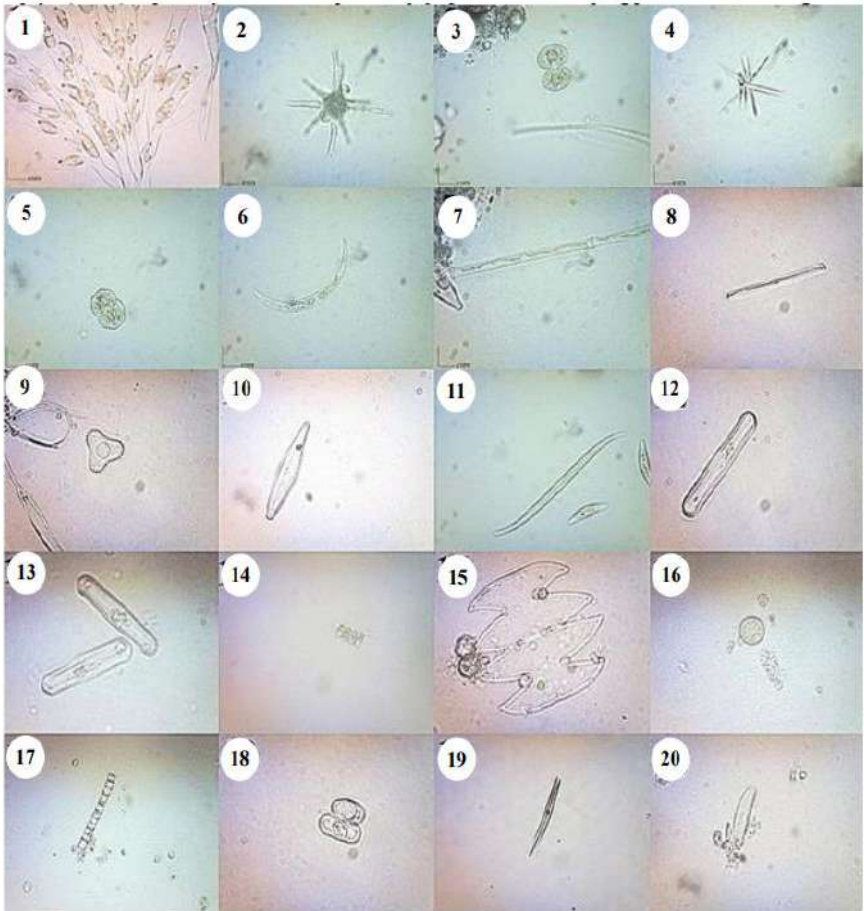
Zooplankton, tidak seperti fitoplankton, tersebar secara khusus secara horizontal dan vertikal dalam suatu ekosistem. Zooplankton bersifat heterotrofik karena bergantung pada yang sudah terbentuk bahan organik sebagai sumber makanannya. zooplankton yang paling umum yang ditemukan di perairan tawar adalah protozoa (flagellata, ciliate dan sarcodina), krustasea (Copepoda, Cladocera, dan Ostracoda) dan rotifera.

1. Rotifera: *Brachionus*, *Koratella*, *Filinia*, *Rotaria*, *Manostyla*, *Lecana* dan lain-lain
2. Cladocera: *Daphnia*, *Moina*, *Bosmina*,
3. Copepoda: *Cyclops*, *Diaptomus*
4. Ciliata: *Paramecium*, *Vorticella*, *Coleps*, *Euplotes* dan lain-lain

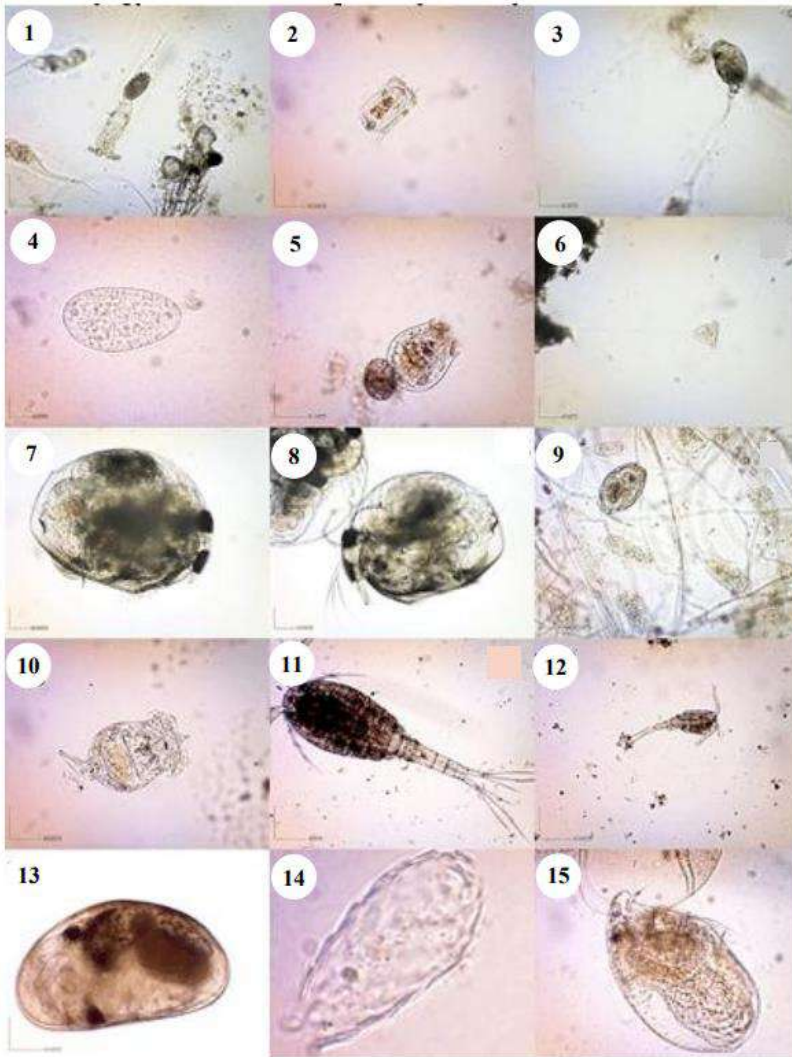
Penelitian terkait keragaman plankton di waduk oleh Ramlee *et al.* (2022), tepatnya di sebuah waduk buatan terbesar di Malaysia. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel daerah berbatu dengan arus yang tinggi, pada daerah berlumpur dangkal dengan arus yang lemah serta pada area dengan arus yang lemah. Berdasarkan penelitian dilaporkan bahwa jumlah

fitoplankton dan zooplankton yang diamati di waduk memiliki variasi yang signifikan pada masing-masing titik sampling yang diambil. Pada daerah lotik dengan arus yang kuat menunjukkan kelimpahan individu dari spesies diatom (fitoplankton). Sebagian besar spesies diatom dapat ditemukan di daerah berbatu yang sering terkena air mengalir. Diatom yang ditemukan seringkali berada pada substrat seperti bebatuan dan lain-lain (Taxboeck *et al.*, 2020; Wibawa, 2017). Sementara itu kelimpahan zooplankton tertinggi dari rotifera ditemukan pada daerah berlumpur dangkal dengan arus yang minimum. Hal ini menunjukkan bahwa preferensi habitat tergantung pada zonasi dan tingkat Kesehatan waduk. Perubahan pada kondisi ekosistem waduk memungkinkan terjadinya peningkatan populasi fitoplankton dan zooplankton.

Beberapa fitoplankton dan zooplankton yang ditemukan di waduk tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1. Jenis fitoplankton yang ditemukan: 1. *Dinobryon sertularia*; 2. *Staurastrum anatinum*; 3. *Cosmarium* sp.; 4. *Actinastrum hantzschii*; 5. *Cosmarium depressum*; 6. *Closterium parvulum*; 7. *Mougeotia* sp.; 8. *Fragilaria* sp.; 9. *Staurastrum punctulatum*; 10. *Frustulia rhomboides*; 11. *Nitzschia* sp.; 12. *Pinnularia splendida*; 13. *Pinnularia biceps*; 14. *Scenedesmus* sp.; 15. *Microsterias laticeps*; 16. *Cyclotella* sp.; 17. *Melosira* sp.; 18. *Achnanthes* sp.; 19. *Hantzschia* sp.; 20. *Cymbella* sp. (Ramlee et al., 2022).



Gambar 4.2. Zooplankton yang ditemukan pada estuari: 1. *Rotaria neptunia*; 2. *Polyarthra vulgaris*; 3. *Trichocerca* sp.; 4. *Paramecium* sp.; 5. *Brachionus urceolaris*; 6. *Vorticella* sp.; 7. *Leberis diaphanous*; 8. *Chyndorus* sp.; 9. *Lecane* sp.; 10. *Brachionus plicatilis*; 11. *Mesocyclops leuckarti*; 12. *Thermocyclops crassus*; 13. *Hemicypris* sp.; 14. *Euglypha tuberculata*; 15. *Kurzia* sp. (Ramlee et al., 2022).

4.2.2 Keanekaragaman Plankton Air Payau (Estuari)

Pada beberapa perairan, daerah estuari merupakan perairan yang mempunyai ciri khas karena adanya pencampuran air tawar dan air laut. Kawasan ini mempunyai peran dalam transisi dari ekosistem perairan. Kondisi lingkungan perairan muara mempunyai variasi yang sangat besar dalam berbagai parameter. Hal ini terlihat dari salinitas yang berfluktuasi, variasi suhu, pengaruh pasang surut, dan aliran air tawar. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang signifikan bagi organisme di daerah muara. Sebagian besar wilayah tersebut didominasi oleh substrat sedimen halus yang dibawa oleh air laut dan air tawar, yang terkadang membawa zat nutrisi yang bermanfaat bagi pertumbuhan dan perkembangan organisme fitoplankton (Widyarini *et al.*, 2022).

Menurut Soetignya *et al.* (2021), keragaman plankton di daerah estuari dapat digunakan sebagai indikator kualitas air. Pada penelitian tersebut ditemukan 34 spesies plankton dari 18 kelas (10 kelas fitoplankton dan 8 kelas zooplankton). Kelas fitoplankton yang mendominasi meliputi Chlorophyceae, Bacillariophyceae dan Cyanophyceae dengan spesies fitoplankton yang mendominasi adalah *Oscillatoria* sp., *Hydrodictyon* sp., dan *Navicula* sp. Chlorophyceae memiliki kelimpahan relatif tertinggi di antara fitoplankton, diikuti oleh Bacillariophyceae dan Cyanophyceae. Sementara itu dari 8 kelas zooplankton, Hexanauplia dan Euglenophyceae memiliki kelimpahan tertinggi.

Gameiro *et al.* (2004) meneliti komposisi fitoplankton pada sistem estuari dimana sebagian besar spesies fitoplankton yang ditemukan merupakan fitoplankton pelagis. Fitoplankton yang ditemukan bervariasi mencakup spesies perairan tawar, payau dan laut (Tabel 4.1) meliputi *Bacillariophyceae*, *Dinophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cryptophyceae* dan *Euglenophyceae*.

Tabel 4.1. List Fitoplankton yang ditemukan di estuari

Spesies Fitoplankton	Preferensi salinitas	Kisaran salinitas	Habitat
Bacillariophyceae			
<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg	B (F)	16-32	p
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	M	14-35	p
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	F	19-26	p
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	M (B)	24	p
<i>Chaetoceros</i> spp.	-	19-35	-
<i>Chaetoceros subsecundus</i> (Grunow) Hustedt	B (M)	19-35	p
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostensfeld	B	19	p
<i>Coscinodiscus</i> spp.	-	14-32	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Ku' tzing	B (F)	14-27	p
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & Lewin	B (M)	14-35	p, epl
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	B (M)	19-30	p
<i>Detonula pumila</i> (Castracane) Schu' tt	M	16-35	p
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex P. T. Cleve	M	14-32	epl
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow ex Van Heurck	M (B)	20-30	p
<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehrenberg	M (B)	19-35	p
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle	M	14-32	p
<i>Helicotheca tamesis</i> (Shrubsole) Ricard	M	19-32	p
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	M	25	p, epl
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	M (B)	19-35	p
<i>Navicula</i> spp.	-	14-35	-
<i>Navicula cryptocephala</i> Ku' tzing	B	16-29	epl
<i>Nitzschia</i> spp.	-	14-34	-
<i>Nitzschia longissima</i> (Bré' bisson in Ku' tzing) Ralfs in Pritchard	M	22-24	p
<i>Nitzschia sigma</i> (Ku' tzing) Smith	B	16-29	epl
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh	M (B)	25-30	eph
<i>Odontella mobiliensis</i> (Baily) Grunow	M (B)	25-30	p
<i>Odontella regia</i> (Schultze) Simonsen	M	27-31	p
<i>Parasira glacialis</i> (Grunow) Jørgensen	M	16-30	p
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstro' m	M	26-35	p
<i>Pseudonitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle	M (B)	16-29	p
<i>Pseudonitzschia cf. seriata</i> (Cleve) Peragallo	M	16-32	p
<i>Rhizosolenia</i> sp.	-	16-32	-
<i>Rhizosolenia styliformis</i> var. <i>longispina</i> Hustedt	M	19-30	p
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	B	14-35	p
<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow	M	27	p
<i>Surirella striatula</i> Turpin	M (B)	14-34	p
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	B (M)	19-35	p
<i>Thalassiostra</i> sp.	-	14-34	-
<i>Thalassiostra gravida</i> Cleve	M (B)	16-29	p
<i>Thalassiosira minima</i> Gaarder	M (B)	16-35	p
<i>Triceratium alternans</i> Bailey	M	23	eph
Dinophyceae			
<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	M	32	p
<i>Prorocentrum</i> sp.	-	23-35	-
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	M (B)	21	p

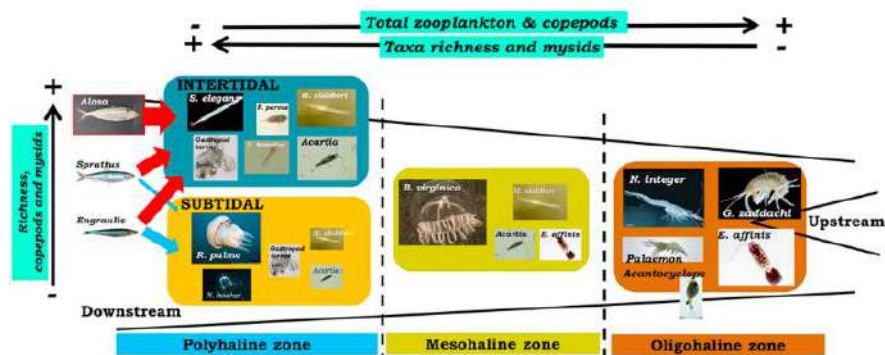
Spesies Fitoplankton	Preferensi salinitas	Kisaran salinitas	Habitat
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich III Chlorophyceae	M	25-35	p
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	-	16-27	-
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	F	16	p
<i>Pediastrum boryanum</i> (Turpin) Meneghini	F	14-27	p
<i>Pediastrum clathratum</i> (Schroeter) Lemm.	F	14-27	p
<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>typicum</i> Meyen	F	14-27	p
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Bre'blisson	F	16-32	p
Cryptophyceae			
<i>Cryptomonas</i> sp.	-	14-34	-
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehrenberg	F	16-32	p
<i>Rhodomonas maculata</i> Butcher ex Hill & Wetherbee	M (B)	16-30	p
<i>Rhodomonas marina</i> (Dangeard) Lemmermann	M	20-32	p
<i>Teleaulax acuta</i> (Butcher) Hill	M	16-34	p
<i>Teleaulax amphioxiea</i> (Conrad) Hill	M	16-34	p
Euglenophyceae			
<i>Eutreptiella</i> sp.	-	21-27	-
<i>Eutreptiella marina</i> Cunha	M	19-32	p
<i>Euglena</i> sp.	-	16-34	-

*Keterangan: Spesies yang ditemukan di Tagus Estuari. *Kode salinitas*: F, Perairan tawar; M, Perairan laut; B, Perairan Tawar; *Kode habitat*: p, pelagis; eph, epifit; epl, epipelik (Gameiro *et al.*, 2004).

Salinitas bertindak sebagai faktor pembatas dalam distribusi organisme hidup dan variasinya yang disebabkan oleh adanya pengenceran dan penguapan yang dapat mempengaruhi organisme air. Secara umum, perubahan salinitas di habitat air payau seperti muara, daerah aliran sungai dan hutan bakau disebabkan oleh masuknya air tawar dari limpasan daratan, yang disebabkan oleh monsun atau variasi pasang surut. Salinitas menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan suhu. Berdasarkan penelitian Jeyaraj *et al.* (2014), ditemukan 53 spesies zooplankton yang diidentifikasi pada perairan estuari. Dari jumlah tersebut, calanoidia (13), ciliate (8), cyclopodia (6), bentuk larva Crustacea (3), Harpacticoida (3), foraminifera (3), mollusca (2), chaetognatha (2), siphonophores (1). Kelompok yang tersisa yaitu, Copepodite, Ctenophore, Doliolid, Isopoda, Ostracoda, Cladocera, Ctenophore, Decapoda dan larva ikan jumlahnya lebih sedikit. Dari semua lokasi yang diteliti, di antara seluruh zooplankton, Calanoidia kopepoda yang memiliki persentase komposisi paling tinggi. Spesies yang mendominasi antara lain *Paracalanus parvus*, *Acartia spinicauda*, *A. danae*, *A.*

centrura, *Nanocalanus minor*, *Acrocalanus gracilis*, *A. gibber* dan *Oithona rigida* yang terdapat sepanjang tahun dengan jumlah yang cukup banyak pada saat air surut dan air pasang di semua stasiun.

David *et al.* (2016) melaporkan nauplii copepoda menyumbang proporsi tertinggi terhadap total biomassa zooplankton (47,5%). Ciliata dan rotifera masing-masing mewakili 33,5% dan 4,5%. Mesozooplankton (terutama calanoid Copepoda dan nauplii teritip) mencakup 14,5% dari total biomassa zooplankton. Penelitian terkait struktur komunitas zooplankton berdasarkan gradien estuari dan posisi intertidal dan subtidal telah dilakukan oleh Park & Marshall (2000) dimana kedua faktor tersebut secara signifikan memberikan perbedaan pada kumpulan zooplankton di musim panas. Daerah pasang surut (intertidal) menunjukkan kekayaan pada taksa yang lebih tinggi serta kelimpahan pada taksa plankton utama, selain itu sebagian ikan pemakan plankton (planktivora) lebih menyukai zooplankton yang berada di zona intertidal (pasang surut). Hal ini menunjukkan pentingnya zona intertidal atau habitat pasang surut bagi zooplankton di kawasan estuari dan jarring makan pelagis di estuari.



Gambar 4.3. Strukturasi komunitas zooplankton pada musim panas di daerah estuari (Gironde) dan implikasinya pada ikan planktivor (Park & Marshall, 2000)

4.2.3 Keanekaragaman Plankton Air Laut

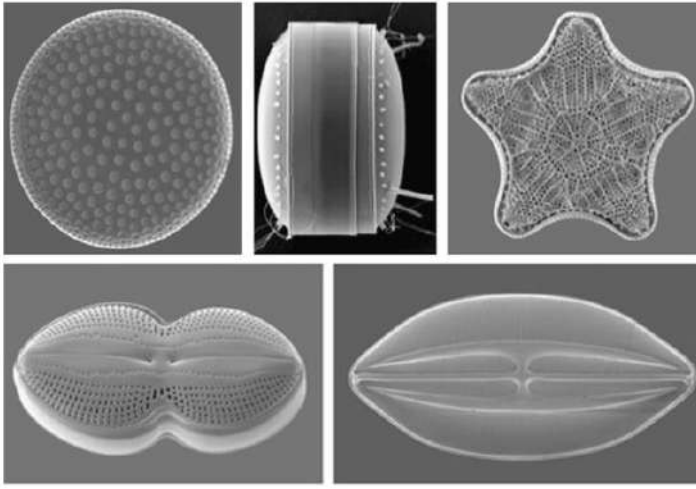
Plankton laut terdiri dari fitoplankton dan zooplankton. Keanekaragaman plankton di laut sangat tinggi dimana hampir semua filum hewan, sebagian dari daur hidupnya sebagai zooplankton.

1. *Fitoplankton laut*

Fitoplankton laut terdiri dari tumbuhan kecil, sebagian besar berukuran mikroskopis dan uniseluler. Dua ordo alga yang umumnya mendominasi yaitu, Diatom (*Bacillariophyceae*) dan Dinoflagellata (*Dinophyceae*). Selain itu yang termasuk fitoplankton laut yaitu kokolitofirid dan cyanobakteria.

a. Diatom

Diatom merupakan alga uniseluler yang sebagian besar merupakan sel Tunggal hanya beberapa spesies saja yang berkoloni. Seluruh spesiesnya memiliki rangka eksternal yang dinamakan frustul, yang terbuat dari silika dengan dua valva setangkup seperti cawan petri. Ukuran frustule dapat berkisar dari 1 μm hingga beberapa milimeter. Cangkang anorganik ini memiliki variasi bentuk yang luar biasa canggih. Dimensi dan ornamennya merupakan ciri taksonomi pertama yang digunakan untuk membedakan genus dan spesies. Terdapat dua ordo pada kelas Bacillariophyceae (diatom), yaitu ordo centrales dan pennales. Ordo centrales memiliki ciri khas bentuk sel simetri radial sementara ordo pennales mempunyai simetri bilateral (Gambar 4.4).



Gambar 4.4. Centric dan pennate diatom (Brayner *et al.*, 2011)

b. Dinoflagellata

Dinoflagellata merupakan kelompok fitoplankton kedua terbanyak setelah diatom di laut. Memiliki dua flagela, atau pelengkap seperti cambuk dan dapat bergerak. Dinoflagellata bisa bersifat Autotrofik, Heterotrofik, dan keduanya (Mixotrophic). Dinoflagellata memiliki dinding sel (selulosa yang tebal). Dinoflagellata memiliki pelat-pelat atau disebut tipe yang berperisai (*armoured type*) dan ada pula tipe yang tidak memiliki pelat perisai (*naked type*). Beberapa spesies naked type dinoflagellate, yaitu *Gymnodinium*, *Cystidium*, dan *Glenodinium*. Beberapa contoh armoured type yaitu *Peridinium*, *Ceratium*, *Dinofysis*, dan *Gonyaulax*.

c. Kokolitoforid

Kokolitoforid merupakan alga uniseluler yang umumnya ditemukan di perairan tropis hangat. Kelompok ini memiliki ukuran sel yang sangat kecil sekitar 2-20 μm (nanoplankton). Cangkang luar terdiri dari sejumlah besar lempeng berkapur yang disebut coccolith. Kokolitoforid memiliki dua flagela. meskipun mereka mungkin memiliki

siklus hidup yang meliputi pergantian dengan tahap non-motil yang tidak memiliki flagela. Terdapat endapan yang terbentuk dari coccoliths tersebut yang tenggelam ke dasar laut yang hangat dan dangkal selama periode geologi kapur dan menjadi reservoir karbon terbesar di Bumi.

d. Silicoflagellata

Silicoflagellata merupakan bentuk Chrysophyceae yang paling terkenal, atau ganggang coklat keemasan dengan kerangka bagian dalam yang terbuat dari silika

Kelompok ini merupakan organisme uniflagellata berukuran kecil (10-250 μm) dan mengandung sangat banyak kloroplas berwarna kuning kecoklatan serta memiliki kelimpahan tertinggi di perairan dingin.

e. Cyanobacteria

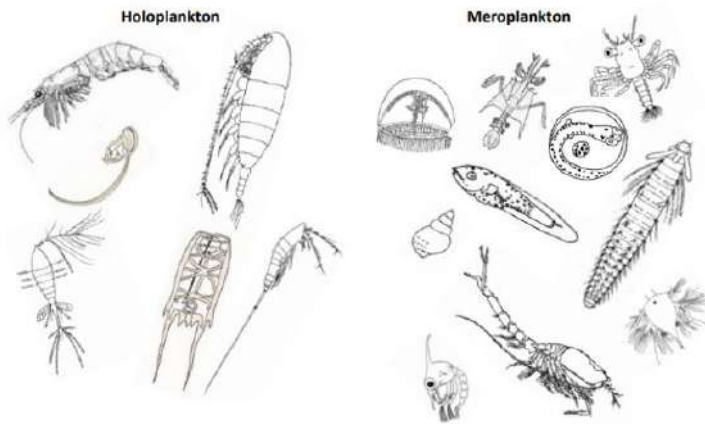
Kelompok sianobakteri merupakan kelompok alga hijau biru dengan filamen panjang tunggal yang dibentuk oleh rantai sel. Ia mampu memanfaatkan dan memfiksasi gas terlarut nitrogen (N_2). Kelompok ini banyak terdapat di zona eufotik baik di perairan pesisir dan juga samudera beriklim sedang dan lautan tropis.

2. Zooplankton laut

Zooplankton berdasarkan tahap perkembangannya dibedakan menjadi dua yaitu meroplankton dan holoplankton. Meroplankton sebenarnya adalah larva yang akhirnya berubah menjadi cacing, moluska, krustasea, karang, echinodermata, ikan, atau serangga. Holoplankton tetap menjadi plankton sepanjang siklus hidupnya dan termasuk pteropoda, chaetognath, larvacea, siphonophores, dan copepoda (Gambar 4.5).

Meroplankton dan holoplankton merupakan komponen dari hampir setiap kelompok taksonomi. Plankton yang paling umum adalah protista, flagellata nanoplanktonik, cnidaria, ctenophores, rotifera, chaetognatha, larva veliger, kopepoda, cladocera, euphausiids, krill dan tunicates. Protista menghasilkan energi melalui fotosintesis dan membentuk dasar jaring makanan laut sebagai produsen utama. Protozoa

juga merupakan protista dan mirip dengan binatang. Protozoa merupakan bagian besar dari mikro dan nanozooplankton, seperti amuba, ciliate, dan flagellata. Hewan-hewan ini tidak memfotosintesis energi. Beberapa amuba seperti yang diklasifikasikan sebagai Foraminifera dan Actinopoda memiliki kerangka keras, biasanya berdiameter lebih dari 2 milimeter, yang membantu membentuk sedimen laut dalam.



Gambar 4.5. Holoplankton dan meroplankton (Slotwinski *et al.*, 2014)

a. Copepoda

Sebagian besar makrozooplankton adalah kopepoda yang ditemukan di ekosistem laut dan air tawar. Copepoda berenang menggunakan antena dan struktur depan pada tubuhnya. Mereka memakan fitoplankton dan detritus, dan kadang-kadang zooplankton lain yang berukuran lebih kecil. Spesies yang umumnya ditemukan antara lain *Caianus*, *Acartia*, *Centro pages*, *Temora*, *Oithona*, *Pseudocalanus* dan *Paracalanus*.

b. Cladocera

Cladocera adalah krustasea planktonik yang ditemukan di perairan pantai. Mereka berenang menggunakan antena, seperti kopepoda, namun alih-alih menggunakan

antena pertama, mereka menggunakan antena kedua. Mereka tampaknya memiliki dua bagian pada tubuh mereka tetapi itu hanya ilusi yang disebabkan oleh kulit terluar yang terlipat. Cladoceran memakan fitoplankton dan zooplankton lainnya. Seperti banyak spesies zooplankton, cladoceran bermigrasi ke permukaan pada malam hari. Ini disebut sebagai “migrasi diurnal”.

c. Flagellata Nanoplanktonik

Zooplankton juga termasuk *flagellata* nanoplanktonik yang membantu mengendalikan populasi bakteri. Mereka dicirikan oleh ekor panjang yang digunakan untuk berenang (*flagellata*) atau struktur mirip rambut yang disebut silia (*ciliata*). Beberapa dinoflagellata memiliki struktur seperti jaring yang disebut jaring protoplasma—digunakan untuk menangkap dan memakan mangsa yang biasanya berukuran lebih besar daripada bakteri. Beberapa spesies dinoflagellata juga bertanggung jawab atas kematian ikan yang berbahaya dan gelombang merah (*red tide*) yang terkenal. Ciliata mampu menangkap bakteri, protista lain, dan fitoplankton.

d. Cnidaria

Cnidaria adalah filum yang berisi siphonophores kolonial dan scyphozoa juga dikenal sebagai ubur-ubur sejati. Kedua hewan ini merupakan predator dan memiliki tentakel yang menyengat. Mereka tidak sering ditemukan di air tawar dan di lautan mereka menghuni lapisan yang lebih dekat ke permukaan. Ubur-ubur sisir atau ctenophores sebelumnya diklasifikasikan dalam Cnidaria tetapi baru-baru ini dibedakan dari ubur-ubur lain karena mereka tidak memiliki sel penyengat khas ubur-ubur lain yang dikenal sebagai *nematocysts*. Ubur-ubur sisir secara efektif menjaga tingkat zooplankton kopepoda tetap terkendali melalui pemangsaan.

e. Filum Rotifera

Terdapat sekitar 2.375 spesies rotifera di air tawar dan hanya 125 di lautan. Sebagian besar rotifera bersifat non-motil (tidak mampu bergerak) namun sekitar 100 spesies bersifat holoplanktonik. Rotifer memakan bakteri, detritus, rotifera lain, alga atau protozoa. Rotifer adalah reproduksi yang sangat efisien. Mereka mampu bereproduksi secara asexual (tanpa pasangan) bila kondisi lingkungan baik, dan secara seksual bila kondisi lingkungan sedang stres. Kemampuan ini memungkinkan rotifera menghemat energi dalam kondisi baik dan beradaptasi dengan lingkungannya dalam kondisi stres. Adaptasi dimungkinkan melalui reproduksi seksual karena berbagai keturunan dihasilkan, memungkinkan individu yang paling cocok dengan lingkungannya untuk bertahan hidup.

f. Chaetognatha

Cacing chaetognatha atau panah sebagian besar bersifat holoplanktonik dan melimpah di seluruh dunia. Cacing transparan ini memiliki panjang kurang lebih 3 cm dan memiliki sirip di sisi tubuhnya. Chaetognath mempunyai perhatian khusus sebagai 'spesies indikator' dan merupakan kelompok predator planktonik yang penting.

g. Gastropoda Laut

Jenis zooplankton lainnya termasuk larva moluska benthik yang biasa ditemukan di perairan pantai, seperti gastropoda laut termasuk heteropoda atau pteropoda.

h. Polichaeta

Polychaeta atau polychaetes adalah golongan cacing annelida, umumnya laut. Setiap ruas tubuh mempunyai sepasang tonjolan berdaging yang disebut parapodia yang mempunyai banyak bulu, disebut chaetae, yang terbuat dari kitin. Polychaeta berarti "berbulu banyak" (berlawanan dengan Oligochaeta yang "berbulu sedikit"), dan memang polychaetes kadang-kadang disebut sebagai cacing berbulu. Lebih dari 10.000 spesies dideskripsikan dalam kelas ini. Contoh spesiesnya yaitu lugworm

(*Arenicola marina*) dan cacing pasir atau cacing kerang Nereis.

i. Krill

Krill, yang diklasifikasikan dalam Euphausiids, ditemukan di seluruh dunia. Ukurannya bisa mencapai 3 cm dan merupakan sumber makanan penting bagi banyak jenis paus. Di perairan dingin, krill sering memakan diatom, sejenis fitoplankton. Di air hangat mereka lebih suka memakan hewan lain.

j. Tunicate

Beberapa tunikata bersifat planktonik, seperti kelas holoplanktonik Appendicularia dan Thaliacea. Keduanya adalah organisme *filter feeder*; Appendicularia mengkonsumsi partikel makanan kecil menggunakan filter lendir. Jenis tunikata lainnya bersifat bentik dan hanya bersifat planktonik selama tahap larva.

4.3 Pengaruh Faktor Ekologi terhadap Keanekaragaman Plankton

Keanekaragaman plankton di ekosistem perairan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor ekologi. Faktor-faktor ekologi seperti suhu, salinitas, nutrien, dan predasi memiliki pengaruh signifikan terhadap keanekaragaman plankton. Memahami interaksi kompleks antara faktor-faktor ini penting untuk mengelola dan melestarikan ekosistem perairan dengan baik. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi keanekaragaman plankton di perairan antara lain sebagai berikut:

1. Suhu

Suhu air mempengaruhi metabolisme dan aktivitas plankton. Plankton tertentu lebih cocok pada suhu tertentu, sehingga perubahan suhu dapat mengubah komposisi komunitas plankton. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menurunkan keanekaragaman plankton dengan menghambat pertumbuhan spesies tertentu

2. Salinitas:

Salinitas atau tingkat keasinan air adalah faktor penting lainnya. Setiap jenis plankton memiliki toleransi yang

berbeda terhadap salinitas. Perubahan salinitas dapat menyebabkan pergeseran dalam komunitas plankton, dengan spesies yang lebih toleran terhadap kondisi baru menjadi lebih dominan.

3. Cahaya:

Cahaya merupakan faktor penting yang menentukan jumlah plankton, karena cahaya diperlukan untuk fotosintesis.

4. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut penting untuk fungsi normal berbagai bentuk kehidupan dalam ekosistem akuatik. Ketersediaan oksigen terlarut dapat memengaruhi kelimpahan plankton

5. pH

pH air juga merupakan faktor penting yang menentukan keragaman plankton. Beberapa spesies ditemukan memiliki toleransi pH tinggi, tetapi sebagian besar ilmuwan berpendapat bahwa perkembangan optimum terjadi hanya dalam rentang pH yang sempit

6. Nutrien:

Ketersediaan nutrien, seperti nitrogen dan fosfor, sangat mempengaruhi produktivitas dan keanekaragaman plankton. Nutrien yang cukup mendukung pertumbuhan fitoplankton, yang pada gilirannya mendukung zooplankton. Kekurangan atau kelebihan nutrien dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan mengubah struktur komunitas plankton.

7. Predasi:

Predasi oleh organisme lain, seperti ikan dan zooplankton besar, juga mempengaruhi keanekaragaman plankton. Predasi yang intens dapat mengurangi populasi spesies plankton tertentu, sementara predasi yang berkurang dapat menyebabkan ledakan populasi plankton tertentu yang mungkin mendominasi ekosistem.

4.4 Peran Keanekaragaman Plankton dalam Jaringan Makanan

Keanekaragaman plankton memiliki pengaruh signifikan terhadap dinamika jaringan makanan di ekosistem perairan melalui perannya dalam produktivitas primer, siklus nutrien, stabilitas

ekosistem, dan interaksi trofik. Pengaruh keanekaragaman plankton terhadap jaringan makan di ekosistem perairan antara lain sebagai berikut

1. Produktivitas Primer:

Keanekaragaman plankton, khususnya fitoplankton, memainkan peran penting dalam produktivitas primer di ekosistem perairan. Fitoplankton menghasilkan sebagian besar oksigen dan bahan organik melalui fotosintesis, yang menjadi dasar bagi rantai makanan akuatik.

2. Siklus Nutrien:

Plankton berperan dalam siklus nutrien, membantu dalam penguraian bahan organik dan pelepasan nutrien kembali ke ekosistem. Keanekaragaman plankton memengaruhi kecepatan dan efisiensi siklus ini, yang berdampak pada ketersediaan nutrien untuk organisme lain.

3. Stabilitas dan Fungsi Ekosistem:

Keanekaragaman plankton meningkatkan stabilitas ekosistem dengan menyediakan berbagai sumber makanan dan habitat bagi zooplankton dan organisme yang lebih besar. Ini membantu mempertahankan keseimbangan ekosistem dan mengurangi risiko gangguan besar akibat perubahan lingkungan.

4. Interaksi Jaringan Makanan:

Plankton yang beragam menciptakan interaksi yang kompleks dalam jaringan makanan. Dominasi satu kelompok plankton tertentu dapat mempengaruhi efisiensi dan struktur jaringan makanan, serta distribusi energi di antara trofik tingkat yang berbeda.

5. Pengaruh Eutrofikasi:

Eutrofikasi dapat mengubah keanekaragaman plankton, sering kali menyebabkan ledakan populasi fitoplankton tertentu seperti alga. Hal ini dapat mempengaruhi jaringan makanan dengan mengurangi keanekaragaman dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianne, P., Smits, Luke, C., Loken., Erwin, E., Van, Nieuwenhuyse., Matthew, J., Young, Paul, R., Stumpner., Leah, E., K., Lench., Jon, R., Bureau., Randy, A., Dahlgren., Tiffany, Brown., Steven, Sadro. (2023). Hydrodynamics structure plankton communities and interactions in a freshwater tidal estuary. *Ecological Monographs*, 93(2) doi: 10.1002/ecm.1567
- Brayner, R., Couté, A., Livage, J., Perrette, C., & Sicard, C. (2011). Micro-algal biosensors. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 401, 581–597. <https://doi.org/10.1007/s00216-011-5107-z>
- David, V., Selleslagh, J., Nowaczyk, A., Dubois, S., Bachelet, G., Blanchet, H., Gouillieux, B., Lavesque, N., Leconte, M., Savoye, N., Sautour, B., & Lobry, J. (2016). Estuarine habitats structure zooplankton communities: Implications for the pelagic trophic pathways. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 179, 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.01.022>
- Gameiro, C., Cartaxana, P., Cabrita, M. T., & Brotas, V. (2004). Variability in Chlorophyll and Phytoplankton Composition in an Estuarine System. *Hydrobiologia*, 525, 113–124. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000038858.29164.31>
- Jena, A. K., Biswas, P., Pattanaik, S., & Panda, A. (2017). Introduction to Freshwater Planktons and their role in Aquaculture. *AQUACULTURE TIMES*, 3, 010.
- Jeyaraj, N., Joseph, S., Arun, Suhaila, A., Divya, L., & Ravikumar, S. (2014). Distribution and Abundance of Zooplankton in Estuarine Regions along the Northern Kerala, Southwest Coast of India. *Ecologia*, 4(2), 26–43. <https://doi.org/10.3923/ecologia.2014.26.43>
- Karpowicz, M., Ryszard, Kornijów., Jolanta, Ejsmont-Karabin. (2023). Not a Good Place to Live for Most, but Excellent for a Few—Diversity of Zooplankton in a Shallow Coastal Ecosystem. *Sustainability*, 15(3):2345-2345. doi: 10.3390/su15032345
- Kurobe, T., Peggy, W., Lehman., Bruce, G., Hammock, Melissa, B., Bolotaolo., Sarah, Lesmeister., Swee, J., Teh. (2018).

- Biodiversity of cyanobacteria and other aquatic microorganisms across a freshwater to brackish water gradient determined by shotgun metagenomic sequencing analysis in the San Francisco Estuary, USA. *PLOS ONE*, 13(9) doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0203953
- Park, G. S., & Marshall, H. G. (2000). Estuarine relationships between zooplankton community structure and trophic gradients. *Journal of Plankton Research*, 22(1), 121–136. <https://doi.org/10.1093/plankt/22.1.121>
- Ramlee, A., Suhaimi, H., & Rasdi, N. W. (2022). Diversity and abundance of plankton in different habitat zonation of Papan River, Lake Kenyir, Malaysia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(1). <https://smujo.id/biodiv/article/view/9790>
- Slotwinski, A., Coman, F., & Richardson, A. J. (2014). Introductory Guide to Zooplankton Identification. *Integrated Marine Observing System*, Brisbane. https://www.eoas.ubc.ca/~swaterma/473-573/Handouts/IntroductoryZooplanktonFieldGuide_2014.pdf
- Soetignya, W. P., Marniati, P., Adijaya, M., & Anzani, Y. M. (2021). The diversity of plankton as bioindicators in Kakap River Estuary, West Kalimantan. *Depik*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.13170/depik.10.2.21303>
- Taxboeck, L., Karger, D. N., Kessler, M., Spitale, D., & Cantonati, M. (2020). Diatom species richness in Swiss springs increases with habitat complexity and elevation. *Water*, 12(2), 449.
- Wibawa, I. (2017). *Identifikasi plankton jenis diatom pada habitat kerang abalone di pantai tanah Lot Tabanan* [PhD Thesis, Universitas Warmadewa]. <http://repository.warmadewa.ac.id/260/>
- Widyarini, H., Sulistiono, S., Pratiwi, N. T. M., & Damar, A. (2022). Biodiversity and relationship between phytoplankton and aquatic environment in the Majakerta coastal waters, Indramayu, West Java, Indonesia. *Habitus Aquatica*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.29244/HAJ.3.1.1>

BAB 5

KULTUR PLANKTON

Oleh Dian Lestari

5.1 Pendahuluan

Kultur plankton di artikan sebagai lingkungan buatan sebagai tempat plankton itu tumbuh. Kultur plankton merupakan kegiatan memperbanyak plankton yang dapat dimulai dengan skala laboratorium, skala semi massal, hingga ke tahap kultur massal di luar ruangan. Kultur plankton memegang peranan penting sebagai penyedia pakan pada awal siklus kegiatan budidaya (Hertika *et al.*, 2021).

Sebelum melakukan kultur, dibutuhkan kegiatan sterilisasi media, sterilisasi alat serta persiapan media kultur. Sterilisasi merupakan proses membunuh atau memutus mata rantai patogen. Semua peralatan kultur (tabung reaksi, pipet tetes, mikropipet dan lain-lain) dan media pemeliharaan disterilkan dengan menggunakan *autoclave* selama 60 menit dengan tekanan 2 atm pada suhu 125 °C (Hertika *et al.*, 2021).

5.2 Kultur Fitoplankton

5.2.1 *Chlorella* sp.

Chlorella merupakan salah satu fitoplankton (plankton nabati) genus alga mikroskopis atau alga hijau dengan sel tunggal yang mampu hidup di perairan tawar ataupun perairan laut serta di daerah yang basah. Mikroalga ini memiliki karakteristik bentuk tubuh yang bulat dengan diameter 2-10 µm, yang di dalam tubuhnya terdapat kloroplas, berwarna hijau, bergerak dengan tidak motil serta struktur tubuh yang tidak memiliki flagel (Kawaroe *et al.*, 2010).

Chlorella berkembang biak secara vegetatif yakni melalui proses pembelahan diri. Setiap unit sel tubuhnya mampu melakukan proses pembelahan diri sehingga mampu menghasilkan empat unit sel baru tanpa alat gerak dan memiliki struktur tubuh

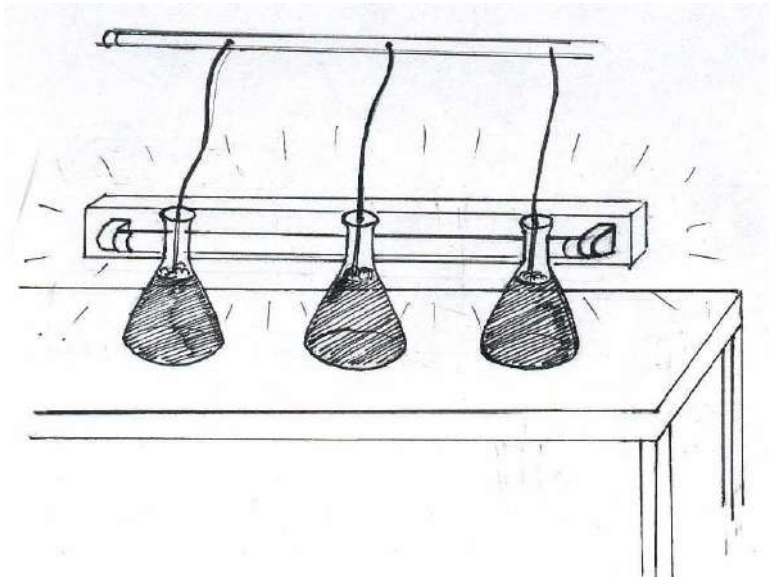
yang mirip dengan tumbuhan yakni memiliki dinding sel yang tersusun oleh pati. Selain pati, beberapa spesies *Chlorella* juga memiliki dinding sel yang tersusun oleh *sporopollenin* (Rahat dan Reich, 1985).

Chlorella dijadikan sebagai salah satu pakan alami dalam kegiatan budidaya ikan. Hal ini dikarenakan, *Chlorella* memiliki kandungan nutrisi yakni mengandung serat pangan, memiliki pigmen beta karoten, mengandung lemak tak jenuh ganda yang tersusun atas asam lemak omega-3 eicosapentaenoic (EPA), omega-3 docosahexaenoic (DHA), asam linoleat gamma (GLA) serta asam arakidonat (ARA). Selain itu, *Chlorella* juga mengandung protein, vitamin A, C, K, E, dan B, zat anti oksidan yaitu *apigenin*, *floroglucinol*, asam ferulat, dan asam p-kumarat, sterol seperti ergosterol maupun fitosterol. *Chlorella* juga mengandung zat anti bakteri, anti kanker, maupun anti jamur dan anti virus (Budiman *et al.*, 2023).

Tata cara kultur *Chlorella* yaitu:

1. Kultur Skala Laboratorium

Kultur *Chlorella* skala laboratorium menggunakan wadah berupa erlenmeyer. Sebelum digunakan, wadah tersebut terlebih dahulu dibersihkan dengan melakukan pencucian yang menggunakan detergen lalu dibilas dan dikeringkan. Setelah wadah tersebut kering, dilakukan proses sterilisasi dengan merebus erlenmeyer tersebut pada suhu 110 °C. Setelah itu, wadah diisi dengan air sebanyak 1 L kemudian di tempatkan pada rak yang telah dilengkapi dengan lampu neon dengan intensitas cahaya 2500-500 lux agar *Chlorella* tersebut tidak mengendap dan juga dilengkapi dengan peralatan aerasi sebagai suplay oksigen untuk bibit *Chlorella* selama proses pengkulturan. Kegiatan kultur *Chlorella* skala laboratorium menggunakan suhu ruangan antara 21-25 °C (Jusadi, 2003). Tahap selanjutnya yaitu tahap pemupukan agar unsur hara yang dibutuhkan sebagai sumber nutrisi bagi *chlorella* dapat terpenuhi. Ilustrasi kegiatan kultur *Chlorella* skala laboratorium terlihat pada gambar berikut.



Gambar 5.1. Kultur Chlorella Skala Laboratorium (Jusadi, 2003)

Pupuk yang digunakan yaitu pupuk walne dengan komposisi seperti pada tabel berikut.

Tabel 5.1. Komposisi Pupuk Walne untuk 1 L Air

Komposisi	Volume
Larutan A:	
FeCl_3	0,8 g
$\text{MnCl}_2, 4\text{H}_2\text{O}$	0,4 g
H_3BO_3	33,6 g
EDTA	45 g
$\text{NaH}_2\text{PO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$	20 g
Buat menjadi 1 L larutan dengan menggunakan aquades	Dipanskan hingga larut dan homogen

Komposisi B:	
ZnCl ₂	2,1 g
CoCl ₂ . 6H ₂ O	2 g
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,9 g
CuSO ₄ .5H ₂ O	2 g
HCl	10 mL
Buat menjadi 1 L larutan dengan menggunakan aquades	Dipaskan hingga larut dan homogen
Komposisi C:	
Vitamin B1	0,2 g
Vitamin B12	0,01 g
Dibuat menjadi 200 mL dengan penambahan aquades	

Sumber : (Jusadi, 2003)

2. Kultur Skala Massal

Wadah yang digunakan untuk kultur skala massal yaitu bak fiber ataupun bak beton bervolume 500 L hingga 20 ton yang berada diluar ruangan agar terpapar oleh cahaya matahari langsung. Sebelum digunakan, wadah tersebut terlebih dahulu dicuci bersih, disikat lalu dibilas dengan air mengalir kemudian dikeringkan. Seperti halnya kultur skala laboratorium, air yang digunakan harus disaring secara fisik dengan menggunakan pasir kemudian di saring lagi menggunakan kantong penyaring atau filter *bag*. Setelah proses penyaringan, air disanitasi untuk menghilangkan kontaminan ataupun bibit penyakit dengan menggunakan *chlorine* dosis 30 ppm selama 6 jam dan diaerasi agar *chlorin* tercampur secara homogen. Setelah itu, air kembali dinetralisir menggunakan natrium *thiosulfate* sebanyak 10 ppm dan di aerasi kuat (Jusadi, 2003).

Tahap selanjutnya yaitu pengisian air pada bak 20 ton dengan volume air 18 ton. Setiap jarak 1 m, sebaiknya dilengkapi dengan peralatan aerasi. Setelah itu, dilakukan pemupukan agar kebutuhan nutrien bibit *Chlorella* dapat terpenuhi. Setelah 24 jam, bibit *Chlorella* ditebar sebanyak

20% (Jusadi, 2003). Pupuk yang digunakan terlihat pada tabel berikut.

Tabel 5.2. Komposisi Pupuk Kultur *Chlorella* Skala Massal

Pupuk	Konsentrasi (mg/L air)		
	A	B	C
ZA	40	80	-
Urea	80	40	12-15
TSP	15	15	-
FeCl ₂	2	1,5	-
EDTA	5	1	-
N:P:K (14:14:14)	-	-	301

Sumber: (Jusadi, 2003)

Proses kultur skala massal terlihat pada gambar berikut.



Gambar 5.2. Kultur Skala Massal (Prayogo dan Arifin, 2015)

Setelah 7-8 hari proses kultur, *Chlorella* tersebut siap untuk dipanen. Pemanenan dilakukan dengan dua cara yaitu mengendapkan dan menyalurkan secara langsung ke bak-bak pemeliharaan. Pemanenan dengan cara mengendapkan membutuhkan soda api atau NaOH sebanyak 100 g/ton air kemudian diaerasi selama 2 hingga 3 jam agar soda api larut dalam

air dan tercampur rata pada media pemeliharaan *Chlorella*, lalu didiamkan. Ketika *Chlorella* telah mengendap, air pada permukaan wadah dibuang hingga tersisa endapan *Chlorella*. Endapan tersebut lalu dipindahkan ke dalam tong yang telah dilengkapi dengan peralatan aerasi. Pemanenan cara kedua yaitu menyalurkan langsung hasil kultur massal ke bak pemeliharaan larva dan atau ke bak kultur *Rotifera* sp. menggunakan selang ataupun pompa yang telah diberi saringan pada ujung selang agar kotoran tidak masuk ke dalam bak pemeliharaan larva atau *Rotifera* tersebut (Prayogo dan Arifin, 2015).

Selain itu, menurut Subyakto dan Cahyaningsih (2003), kultur skala massal dapat menggunakan wadah bak beton dengan volume minimal 10 m³. Wadah dan peralatan aerasi terlebih dahulu disterilkan menggunakan kaporit untuk menghilangkan bibit penyakit. Air yang digunakan dengan salinitas 30 hingga 35 ppt. Air tersebut sebelum digunakan terlebih dahulu diberi kaporit dengan dosis 10 ppm lalu di aerasi kuat selama 12 jam. Selanjutnya, air tersebut di netralkan dengan menggunakan natrium *thiosulfat* sebesar 5 ppm. Bibit *Chlorella* yang digunakan yaitu sebanyak 20 persen dengan kepadatan awal 1-2 juta sel/mL air. *Chlorella* tersebut di kultur selama 6 hingga 8 hari atau saat kepadatannya mencapai 10 hingga 16 juta sel/mL.

Terakhir yaitu melakukan pemanenan dengan menggunakan pompa lalu dialirkan ke bak pemeliharaan larva. Selain itu, *Chlorella* tersebut tersebut juga dapat diendapkan menggunakan larutan NaOH sebanyak 300 ppm dan didiamkan selama 4 hingga 6 jam. Endapan *chlorella* tersebut ditampung dalam ember lalu dimasukkan ke bak larva sebagai pakan untuk *Rotifera* ataupun sebagai bibit untuk kultur massal (Subyakto dan Cahyaningsih, 2003).

5.2.2 Kultur *Spirulina* sp.

Spirulina adalah alga hijau biru berukuran mikroskopis dengan filamen terpilin, yang dimanfaatkan sebagai bahan pakan, obat-obatan maupun kosmetik (Susanna *et al.*, 2007). *Spirulina* memiliki kelebihan yaitu sebagai sumber protein nabati yang 100% bersifat basa dengan dinding sel yang sangat lunak sehingga mudah

di cerana dan diserap oleh tubuh (Riyono, 2008). *Spirulina* mengandung 90% protein yang dapat dicerna karena adanya kandungan enzim yang dapat membantu proses pencernaannya. Selain itu, *Spirulina* juga mengandung beta karoten 0,23%, klorofil 0,08% dan xanthofil 0,12 hingga 0,15 % (Buwono dan Nurhasanah, 2018).

Teknik kultur *Spirulina* skala laboratorium yaitu (Buwono dan Nurhasanah, 2018):

1. Persiapan dan Sterilisasi Wadah

Wadah kultur yang digunakan yaitu toples bervolume 10 L yang diisi air laut sebanyak 8 L yang di sterilisasi menggunakan larutan *clorin* dengan dosis 1 mL/L air kemudian di aerasi selama 24 jam. Setelah proses sterilisasi, selanjutnya klorin tersebut dinetralsisir menggunakan larutan natrium *thiosulfate* dengan dosis 1 mL/L air. Setelah 24 jam, dilakukan tes kandungan klorin pada air laut yang kana digunakan tersebut.

2. Persiapan Pupuk

Pupuk yang digunakan yaitu pupuk walne yang ditambahkan dengan Vitamin B12 dengan dosis masing-masing 1 mL/L air.

3. Persiapan Inokulan

Wadah kultur yang digunakan yaitu toples bervolume 3 L yang diisi air dengan volume 2 L, kemudian ditambahkan pupuk walne dan vitamin B12 masing-masing 2 mL. Bibit inokulan yang digunakan yaitu 200-400 mL atau 10-20 % dari total volume air wadah kemudian di aerasi. Setelah 5 hari, *Spirulina* tersebut dapat digunakan sebagai stok inokulan untuk kultur skala laboratorium. Stok tersebut dikemas dalam botol bervolume 500 mL yang telah disterilkan, kemudian ditutup menggunakan aluminium foil dan disimpan di dalam lemari pendingin.

4. Kultur *Spirulina*

Kultur skala laboratorium menggunakan wadah berupa toples yang berisi air laut sebanyak 8 L yang ditambahkan dengan pupuk walne dan vitamin B12 masing-masing 8 mL. Setelah itu, ditambahkan inokulan sebanyak 500 mL. Suhu ruangan yang digunakan yaitu 24 0C dan daya lampu yang

digunakan yaitu 32 watt. Jarak antara toples dan lampu yaitu 30 cm. Lampu yang digunakan sebanyak dua buah. Selama proses pengulturan, aerasi dilakukan secara terus menerus. Proses pengulturan *Spirulina* dilakukan selama 15 hari.

Teknik kultur *Spirulina* semi massal yaitu (Buwono dan Nurhasanah, 2018):

1. Persiapan Wadah dan Sterilisasi

Wadah yang digunakan yaitu bak fiber bervolume 100 L. Sebelum digunakan, bak tersebut terlebih dahulu dibersihkan menggunakan detergen, disikat lalu dibilas dengan air mengalir. Air yang digunakan sebagai media pengulturan disaring menggunakan *filter bag*. Wadah kultur dilengkapi dengan peralatan aerasi. Setelah itu, dilakukan penambahan garam krosok dengan dosisi 30 g/L air sehingga diperoleh salinitas air media kultur 20 hingga 30 ppt. Proses sterilisasi wadah ataupun media kultur yaitu menggunakan larutan *clorin* sebanyak 1 mL/L air selama 24 jam. Setelah itu, media tersebut dinetralsir menggunakan natrium *thiosulfate* 0,01 N dengan dosisi 1 mL/L air dan ditunggu hingga 24 jam.

2. Persiapan Pupuk

Pupuk yang digunakan dalam kultur semi massal yaitu KCL 0,2 g/L, NPK 0,1 g/L, Urea 0,1 g/L, ZA 0,8 g/L dan kapur dolomit 0,01 g/L.

3. Persiapan Inokulan

Persiapan inokulan menggunakan toples 10 L atau hasil dari kultur skala laboratorium yang berumur 7 hari. Bibit inokulan yang digunakan sebanyak 800 hingga 1.600 mL atau 10% hingga 20% dari volume wadah.

4. Kultur *Spirulina*

Wadah yang digunakan yaitu bak fiber dengan volume ± 100 liter yang kemudian ditambahkan garam krosok sebanyak 30 gram dalam 1 L air untuk mendapatkan air bersalinitas antara 20 hingga 30 ppt. Proses sterilisasi wadah ataupun media kultur dengan menggunakan larutan *clorin* dengan dosis 100 mL yang kemudian dinetralsir

menggunakan natrium *thiosulfate* 0,01 N dosis 100 mL. Setelah itu, dilakukan pemberian pupuk pada media kultur. Pupuk yang digunakan yaitu 20 g KCL, 10 g NPK, 80 g ZA, 1 g kapur dan 10 g urea. Tahap terakhir yaitu pengisian inokulan *Spirulina* sebanyak ± 10 liter yang diaerasi secara terus menerus dan di kultur selama 15 hari.

5.3 Kultur Zooplankton

5.3.1 Kultur *Rotifera* sp.

Rotifera merupakan *zooplankton* dengan ukuran mikroskopis yaitu 0,1-0,5 mm, juga ada yang berukuran 50 μm hingga 20 mm yang umum ditemukan di perairan tawar (Harmer *et al.*, 1896). *Rotifera* merupakan bagian terpenting dari *zooplankton* karena berperan sebagai sumber makanan di perairan tawar, juga berperan sebagai dekomposer bahan organik tanah yang sebagai besar bersifat kosmopolitan tetapi juga beberapa bersifat endemik (Segers, 2007).

Teknik kultur *Rotifera* meliputi:

1. Persiapan Wadah Kultur

Wadah yang digunakan untuk kultur *Rotifera* skala massal yaitu bak beton dengan volume 7 ton yang berisi air maksimal 5 ton. Sebelum digunakan, bak tersebut dibersihkan dengan menyikat seluruh permukaan bak lalu dibilas menggunakan air tawar. Setelah bersih, bak tersebut dikeringkan. Proses pengeringan bak bertujuan untuk menghambat atau memutus rantai pertumbuhan mikroorganisme patogen bersifat endemik (Prayogo dan Arifin, 2015).

Setelah proses pengeringan bak, selanjutnya dilakukan pengisian air laut sebanyak 3 ton dengan memasang *filter bag* pada ujung pipa pemasukan air yang diikat dengan karet. Air laut dialirkan secara lambat agar *filter bag* mampu menyaring partikel kotoran secara maksimal. Setelah itu, memasukkan bibit *Chlorella* sebanyak 1 ton yang bertujuan untuk memenuhi gizi dari *Rotifera* yang akan di kultur (Prayogo dan Arifin, 2015).

2. Inokulasi dan Pemeliharaan

Inokulasi merupakan proses pemindahan bibit *Rotifera* dari bak kultur sebelumnya ke wadah kultur yang baru. Bibit *Rotifera* yang digunakan yaitu kepadatan 20 hingga 30 individu/mL. Penebaran bibit menggunakan gayung agar bibit tersebut merata pada media pengulturan. Kegiatan pemeliharaan *Rotifera* berlangsung selama 4-5 hari dan diberi pakan *Chlorella* sebanyak 1,5-2 ton (Prayogo dan Arifin, 2015).

3. Pemanenan

Kegiatan pemanenan dilakukan ketika *Rotifera* berumur 4 atau 5 hari. Pemanenan sebaiknya dilakukan pada pagi hari dengan cara memasang plankton net yang berukuran 300 mikron pada ujung pipa pengeluaran air yang telah diikat dengan karet. Setelah itu, air dalam bak pemeliharaan dialirkan dengan cara membuka kran pada pintu pengeluaran air sehingga *Rotifera* tersebut mengalir menuju plankton net yang telah terpasang pada *outlet*. Setelah plankton net terlihat padat oleh *Rotifera*, selanjutnya *Rotifera* tersebut dimasukkan ke dalam baskom ataupun ember untuk selanjutnya dipindahkan ke dalam bak yang bervolume 120 L yang dilengkapi dengan peralatan aerasi dan disaring kembali menggunakan saringan yang berukuran 200 mikron agar organisme selain *Rotifera* tidak masuk ke dalam bak penampungan tersebut (Prayogo and Arifin, 2015).

5.3.2 Kultur *Tubifex* sp.

Tubifex sp. atau cacing sutra adalah *zooplankton* dengan kandungan 57% protein, 13,3% lemak, 2,05% serat kasar, 3,6% abu, 87,7% air, dan 13 jenis asam amino (Mandila dan Hidajati, 2013). Selain nilai nutrisi tersebut, keunggulan lain dari *Tubifex* yaitu gerakan tubuh yang lambat, mudah dicerna dan memiliki ukuran yang relatif kecil. Cacing sutra hidup didasar perairan dengan tekstur tanah berlumpur yang memiliki aliran air tenang, mengandung sumber bahan organik yang tinggi dan konduktivitas

yang tinggi serta memiliki sedimen yang liat (Supriyono *et al.*, 2015). Teknik kultur *Tubifex* meliputi:

1. Persiapan Wadah

Wadah yang digunakan yaitu kolam paralel dengan ukuran 2x6 m² dengan tinggi air 5 cm dan kedalaman lumour 15-25 cm. Sebelum digunakan, wadah tersebut dibersihkan dan dikeringkan (Nuraisyah *et al.*, 2023).

2. Pembuatan Media Kultur

Media kultur dibuat pada wadah pemeliharaan dengan cara melakukan pencampuran tanah petakan dengan kotoran ayam sebanyak 5 kg/m², lalu dilakukan pemasukan air hingga ketinggian 0,15 m, kemudian didiamkan selama 21 hari. Kegiatan tersebut bertujuan agar tanah dan kotoran ayam tercampur secara merata. Pada hari ke-13 pembuatan media pemeliharaan, dilakukan pembuatan fermentasi bahan-bahan organik menggunakan drum dengan volume 150 L. Adapun bahan fermentasi yang digunakan yaitu molase 80 mL, probiotik EM4 50 mL, 15 kg dedak halus, 25 kg limbah sayuran, 25 kg ampas tahu, 25 kg kotoran ayam dan air bersih 10 L (Nuraisyah *et al.*, 2023). Kelebihan dari limbah organik kotoran ayam dan ampas tahu yaitu berperan sebagai media tumbuh *Tubifex* dan dapat memicu pertumbuhan serta mampu meningkatkan kandungan nutrisi *Tubifex* yang dikultur (Hamron *et al.*, 2018).

Pembuatan pakan fermentasi *Tubifex* dilakukan dengan memotong limbah sayur selanjutnya dicampur dengan ampas tahu, kotoran ayam dan dedak halus dengan perbandingan masing-masing 5 kg : 5 kg : 5 kg : 2 kg lalu dihomogenkan dan ditambahkan air sebanyak 3 L yang telah dicampur dengan EM4 5 L dan molase 1 L. Proses pencampuran dilakukan hingga adonan tersebut membentuk pasta yang kasar. Tahap selanjutnya yaitu pasta tersebut dimasukkan ke dalam drum lalu ditutup dan didiamkan selama 7 hari. Pada hari ke-20, pakan fermentasi tersebut ditebar secara merata ke dalam kolam pemeliharaan dengan dosisi 1 kg/m² (Nuraisyah *et al.*, 2023).

3. Penebaran Induk dan Pemeliharaan *Tubifex*

Penebaran induk *Tubifex* dilakukan pada hari ke -21 dengan cara ditebar didasar kolam dengan kepadatan 100 ekor perlubang petakan dengan kedalaman lubang 10 hingga 15 cm dengan jarak masing-masing lubang 1 m. Induk yang berkualitas memiliki panjang 4 hingga 5 cm dengan bobot rata-rata minimal 2,78 mg yang berumur 60 hari. Pemeliharaan dilakukan dengan pemberian pakan fermentasi setiap hari pada pukul 07.00 dan 16.00 waktu setempat. Dosis pakan yang diberikan yaitu 50 g/m². Selain pakan fermentasi, selama pemeliharaan juga diberikan pakan tambahan setiap 3 hari berupa bahan organik sayuran yang telah dicacah (Nuraisyah *et al.*, 2023).

Selama proses pemeliharaan, perlunya menjaga aliran air pada ketinggian 5 cm dengan kedalaman media lumpur 20-25 cm. Selain itu, juga dilakukan pergantian air maupun pergantian media lumpur untuk tetap menjaga kesuburan perairan (Nuraisyah *et al.*, 2023).

4. Pemanenan

Pemanenan dilakukan apabila *Tubifex* telah dipelihara selama 2 minggu. Pemanenan dilakukan secara manual yaitu mematikan aliran air kemudian mengambil *Tubifex* yang menggumpal dan dikumpulkan pada baskom ataupun ember. Setelah itu, *Tubifex* dibilas dan disaring hingga bersih. Wadah tersebut ditutup dengan menggunakan kain hitam selama 20 menit bertujuan agar *Tubifex* yang masih tercampur dengan lumpur, akan naik ke permukaan wadah sehingga memudahkan untuk mengambil *Tubifex* yang murni tanpa lumpur (Batubara *et al.*, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, J. P. *et al.* 2023. Penyuluhan Budidaya Tubifex Di UPR SD Mina Jaya. *Jurnal Anadara Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), pp. 7–14.
- Budiman, A., Suyono, Eko Agus Dewayanto, N. and Dewati, Putri Restu Pradana, Yano Surya Widawati, T.F. 2023. *Biorefinery Mikroalga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Buwono, N.R. and Nurhasanah, R.Q. 2018). Studi Pertumbuhan Populasi Spirulina sp. pada Skala Kultur yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1), p. 26.
- Hamron, N., Johan, Y. and Brata, B. 2018. Analisis Pertumbuhan Populasi Cacing Sutera (*Tubifex* sp.) Sebagai Sumber Pakan Alami Ikan. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 7(2).
- Harmer *et al.* 1896. The Cambridge Natural History. *The Macmillan company*, p. 197.
- Hertika, A.M.S., Sulastri, A. and Putra, R.B.D. 2021. *Ilmu Tentang Plankton dan Peranannya Di Lingkungan Perairan*. Surabaya: UB Press.
- Jusadi, D. 2003. Budidaya Pakan Alami Air Tawar: Budidaya Chlorella sp. 6, pp. 1–35.
- Kawaroe, M. *et al.* 2010. *Mikroalga: Potensi dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.
- Mandila and Hidajati, N. 2013. Identifikasi asam Amino Pada Cacing Sutera (*Tubifex* sp.) yang Diekstrak dengan Pelarut Asam Asetat dan Asam Laktat. *Journal of Chemistry*, 2(1), pp. 103–108.
- Nuraisyah, A. *et al.* 2023. Teknologi Budidaya Cacing Sutra (*Tubifex* sp.) di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Tawar (BBPBAT) Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 7(2), pp. 153–160.
- Prayogo, I. and Arifin, M. 2015. Teknik Kultur Pakan Alami *Chlorella* sp. dan *Rotifera* sp. Skala Massal dan Manajemen Pemberian Pakan Alami Pada Larva Kerapu Cantang. *Jurnal Ilmu Perikanan*, 6(2), pp. 125–134.

- Rahat, M. and Reich, V. 1985. Correlation Between Characteristic of Some Free-Living *Chlorella* sp. and Their Ability to form Stable Symbioses with *Hydra Viridis*. *J. Cell Sci*, (71), pp. 257–266.
- Segers, H. 2007. Annotated Checklist of the Rotifers (Phylum Rotifera), with Totes on Nomenclature, Taxonomy.
- Subyakto and Cahyaningsih. 2003. *Pembenihan Kerapu Skala Rumah Tangga*. Jakarta: AgroMedia.
- Supriyono, E. *et al.* 2015. Perbandingan Jumlah Bak Budidaya Cacing Sutra (*Tubificidae*) dengan Memanfaatkan Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) Sistem Intensif Terhadap Kualitas Air Ikan Lele dan Produksi Cacing Sutra. *Jurnal Depik*. 1(4).
- Susanna, D. *et al.* 2007. Pemanfaatan *Spirulina platensis* sebagai Suplemen Protein Sel Tunggal (PST) Mencit (*Musmusculus*). *Makara, Kesehatan*, 11(1), pp. 44–49.

BAB 6

PRODUKTIVITAS PRIMER

Oleh Irma Yulia Madjid

6.1 Pendahuluan

Produktivitas primer pada perairan mengacu pada proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan mikroskopis, terutama fitoplankton di dalam ekosistem akuatik. Fitoplankton menggunakan energi matahari, karbondioksida, dan nutrisi lainnya untuk menghasilkan bahan organik melalui fotosintesis. Proses ini menciptakan sumber daya primer yang penting bagi kehidupan di ekosistem perairan.

Produktivitas primer merujuk pada tingkat di mana energi matahari disimpan oleh komunitas autotrof di dalam ekosistem perairan. Istilah ini mencakup produktivitas primer, yang melibatkan produsen, dan produktivitas sekunder, yang terdiri dari konsumen seperti zooplankton, ikan benthos, dan lainnya (Asriana dan Yuliana, 2012).

Menurut Nybakken (1992), Odum (1996), dan Wetzel (2001), produktivitas primer adalah jumlah bahan organik yang dihasilkan oleh organisme autotrof. Organisme autotrof merupakan jenis organisme yang memiliki kemampuan untuk mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik, yang dapat digunakan oleh organisme itu sendiri atau oleh organisme lain, dengan bantuan energi matahari atau melalui proses kemosintesis.

Menurut Kirk (2011) dan Lee et al. (2014), produktivitas primer adalah tingkat di mana karbon organik (karbohidrat) diproduksi oleh organisme tumbuhan hijau melalui proses fotosintesis dalam suatu interval waktu dan volume tertentu. Dalam konteks produktivitas, terdapat dua konsep utama: produktivitas primer kotor (gross primary productivity) dan produktivitas primer bersih (net primary productivity). Produktivitas primer kotor meliputi total laju fotosintesis, termasuk bahan organik yang digunakan untuk respirasi selama periode waktu tertentu, yang juga

dikenal sebagai produksi total atau asimilasi total. Sementara itu, produktivitas primer bersih adalah laju akumulasi bahan organik di dalam jaringan setelah dikurangi dengan konsumsi untuk respirasi selama periode waktu tertentu (Nyabakken, 1992; Odum, 1996; Wetzel, 2001; Asriyana & Yuliana, 2012).

Menurut Mulyadi (1992), Produktivitas primer juga mengacu pada tingkat pembentukan senyawa organik yang kaya energi dari senyawa anorganik. Pengukuran produktivitas primer sering didasarkan pada produksi oksigen selama aktivitas fotosintesis. Metode pengukuran ini melibatkan penggunaan botol gelap dan terang. Dalam botol gelap, terjadi konsumsi oksigen (O_2) karena respirasi, sementara dalam botol terang terjadi produksi oksigen (O_2) karena aktivitas fotosintesis.

Produktivitas primer di perairan memiliki peran yang sangat penting dalam siklus karbon dan rantai makanan (Nyabakken, 1992; Odum, 1996; Wetzel, 2001). Selain itu, produktivitas primer juga berkontribusi sebagai penyedia oksigen terlarut dalam air (Hariyadi et al., 2010). Pengukuran produktivitas primer menjadi langkah awal yang penting dalam memahami struktur dan fungsi ekosistem perairan (Xiao et al., 2015). Bahkan, menurut Behrenfeld et al. (2005), produktivitas primer bersih dianggap sebagai indikator utama dalam menilai kesehatan lingkungan dan pengelolaan sumber daya laut. Lebih lanjut, Hariyadi et al. (2010) menjelaskan bahwa tingkat produktivitas primer suatu perairan memberikan gambaran tentang seberapa efisien perairan tersebut dalam menghasilkan biomassa tumbuhan serta pasokan oksigen dari proses fotosintesis..

Produktivitas primer merupakan dasar bagi ekosistem atau komunitas, termasuk bagian-bagian terkecilnya. Dalam terminologi ekologi, produktivitas primer didefinisikan sebagai tingkat di mana energi potensial disimpan oleh organisme produsen melalui proses fotosintesis dan kemosintesis. Hasil dari proses ini berupa bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan (Resosoedarmo et al., 1992).

6.2 Produktivitas dan Kesuburan Perairan

Dalam ekosistem akuatik, sebagian besar produktivitas primer perairan dihasilkan oleh fitoplankton atau mikroalga (Vallina et al., 2017), sementara sebagian kecilnya berasal dari tumbuhan air atau makroalga (Littler & Murray, 1974; Kirk, 2011). Namun, menurut Tamire & Mengistu (2014), produktivitas perairan danau seringkali didominasi oleh makrofit, terutama di danau-danau dangkal dengan litoral yang luas. Faktor-faktor lingkungan dan sebaran biomassa organisme autotrof, baik makro maupun mikroalga, turut berperan dalam menentukan produktivitas primer perairan (Vallina et al., 2017). Ekosistem estuari dan daerah tropis, termasuk ekosistem mangrove, cenderung memiliki tingkat produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekosistem perairan lainnya karena tingginya ketersediaan nutrisi dan cahaya sepanjang tahun (Rangkuti et al., 2017). Kondisi ini memfasilitasi pertumbuhan dan perkembangan organisme autotrof. Distribusi biomassa organisme autotrof dapat bervariasi secara temporal dan spasial, dipengaruhi oleh siklus matahari tahunan dan harian, serta siklus reproduksi, seperti migrasi vertikal harian yang dilakukan oleh alga motil dan peningkatan jumlah beberapa jenis fitoplankton pada bulan-bulan tertentu (Vallina et al., 2017).

Menurut Odum (1993), produktivitas primer dapat dibagi menjadi dua konsep utama:

1. Produktivitas Primer Kotor:

Ini mengacu pada laju total fotosintesis yang mencakup bahan organik yang digunakan dalam respirasi selama periode pengukuran. Hal ini juga sering disebut sebagai fotosintesis total.

2. Produktivitas Primer Bersih:

Ini merujuk pada laju penyimpanan bahan organik dalam jaringan tumbuhan setelah dikurangi oleh respirasi selama periode pengukuran. Produktivitas primer bersih adalah sumber daya yang tersedia dan digunakan oleh tingkat tropik di atasnya. Konsep ini juga dikenal sebagai fotosintesis bersih.

Baik produktivitas primer kotor maupun bersih umumnya diukur dalam jumlah gram karbon (C) yang dihasilkan per unit luas

atau volume air dalam interval waktu tertentu. Sebagai contoh, produktivitas primer dapat diukur dalam jumlah gram karbon per meter kubik per tahun ($\text{g C/m}^3/\text{tahun}$) (Michael, 1984).

Dalam konteks produktivitas dan kesuburan perairan, bahan organik baru dihasilkan melalui fotosintesis, yang dilakukan oleh fitoplankton atau tumbuhan hijau sebagai pelaku utama proses ini. Produktivitas primer, yang mengukur laju di mana energi potensial disimpan oleh organisme produsen melalui proses fotosintesis, sering digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi tingkat kesuburan suatu ekosistem perairan.

Semakin tinggi nilai produktivitas primer, semakin banyak energi yang dihasilkan oleh produsen di ekosistem tersebut, yang kemudian tersedia untuk konsumen di rantai makanan. Tingkat kesuburan ekosistem perairan sering kali berhubungan dengan ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan organisme autotrof seperti fitoplankton. Oleh karena itu, nilai produktivitas primer dapat memberikan gambaran tentang tingkat kesuburan ekosistem perairan dan potensinya untuk mendukung kehidupan laut.

Menurut Boyd (1990), produktivitas primer adalah ukuran dari jumlah pembentukan bahan organik baru dalam satuan waktu, yang terjadi melalui proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan tanaman air lainnya. Berikut rumus reaksi fotosintesis :



Dalam proses tersebut, energi dari sinar matahari diserap oleh pigmen fotosintetik, terutama klorofil, dan dengan adanya karbon dioksida (CO_2), air, dan nutrisi lainnya, senyawa organik terbentuk. Senyawa-senyawa ini memiliki potensi energi kimia yang tinggi. Potensi energi ini nantinya dapat digunakan oleh tumbuhan untuk respirasi, pertumbuhan, dan berbagai proses fisiologis lainnya (Nontji, 1993).

Reaksi fotosintesis mungkin terjadi di semua tumbuhan yang memiliki pigmen klorofil. Keberadaan fitoplankton dan tingkat kandungan klorofilnya memiliki peran sentral dalam produktivitas primer perairan. Fitoplankton, yang mengandung klorofil,

memainkan peranan kunci dalam proses fotosintesis, yang menghasilkan gula dan oksigen. Minsas et al. (2013) menjelaskan bahwa klorofil memiliki tiga variasi, yaitu klorofil-a, klorofil-b, dan klorofil-c. Ketiganya memiliki peran signifikan dalam proses fotosintesis tumbuhan.

Klorofil-a adalah kandungan yang paling dominan dimiliki oleh fitoplankton. Oleh karena itu, klorofil-a sering dijadikan sebagai salah satu indikator kesuburan perairan. Keberadaan dan konsentrasi klorofil-a dapat memberikan gambaran tentang potensi produktivitas primer dan kesehatan ekosistem perairan. Sebagai hasil fotosintesis, kandungan klorofil-a juga dapat menunjukkan ketersediaan nutrisi dan tingkat aktivitas biologis di dalam ekosistem perairan.

Berdasarkan laju produktivitas primer, perairan dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu:

1. Golongan Oligotrofik:
Perairan dengan nilai produktivitas primer sebesar 15-50 g C/m³.
2. Golongan Mesotrofik:
Perairan dengan nilai produktivitas primer sebesar 50-150 g C/m³.
3. Golongan Eutrofik:
Perairan dengan nilai produktivitas primer sebesar 150-500 g C/m³ (Wetzel, 1979).

6.3 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Primer di Perairan.

6.3.1 Plankton

Plankton merujuk pada kumpulan organisme akuatik yang terdiri dari tumbuhan dan hewan kecil yang secara pasif melayang atau mengapung di dalam air. Pergerakan dan penyebaran plankton sering kali dipengaruhi oleh arus, meskipun arus tersebut mungkin sangat lemah. Plankton memiliki peran penting dalam ekosistem perairan sebagai salah satu komponen utama rantai makanan dan sebagai produsen utama oksigen melalui fotosintesis.

Sumich (1999) membedakan plankton menjadi dua golongan besar:

1. Fitoplankton.

Fitoplankton adalah kelompok mikroorganisme tumbuhan air yang hidup melayang di dalam perairan. Meskipun ukurannya sangat kecil, peranannya dalam ekosistem perairan sangat penting, sebagaimana pentingnya peran tumbuhan hijau pada ekosistem daratan. Fitoplankton berperan sebagai produsen utama (Primary producer) dalam rantai makanan akuatik, menghasilkan zat organik melalui proses fotosintesis.

Melalui fotosintesis, fitoplankton mampu mengubah energi matahari menjadi energi kimia yang tersimpan dalam bentuk gula dan zat organik lainnya. Ini membentuk dasar bagi sebagian besar kehidupan di ekosistem perairan, karena fitoplankton menyediakan sumber makanan bagi zooplankton dan organisme akuatik lainnya. Dengan demikian, fitoplankton menciptakan ikatan organik sederhana yang menjadi dasar bagi kelangsungan hidup seluruh ekosistem perairan (Hutabarat dan Evans, 1986).

fitoplankton dapat dikelompokkan ke dalam beberapa divisi atau kelompok utama, termasuk:

Cyanophyta (Biru-Hijau Alga): Fitoplankton ini umumnya berwarna biru-hijau dan dapat ditemukan di air tawar maupun air laut. Cyanophyta memiliki kemampuan untuk melakukan fotosintesis dan juga dapat menghasilkan nitrogen gas.

Chrysochyta: Merupakan kelompok fitoplankton yang umumnya berwarna keemasan atau kecoklatan. Mereka dapat ditemukan di air tawar maupun air laut.

Pyrrophyta (Dinoflagellata): Dinoflagellata adalah fitoplankton uniseluler yang biasanya memiliki flagela untuk pergerakan. Mereka dapat ditemukan di air laut dan merupakan komponen penting dalam ekosistem laut.

Chlorophyta: Ini adalah kelompok fitoplankton yang umumnya berwarna hijau dan banyak ditemukan di air tawar, meskipun beberapa spesies juga dapat ditemukan di air laut.

Euglenophyta: Fitoplankton ini umumnya ditemukan di air tawar dan memiliki karakteristik unik seperti bercak merah dan gerakan spiral yang khas. Mereka biasanya tidak hidup di air laut.

Fitoplankton dengan ukuran $\geq 20 \mu\text{m}$ biasanya dapat ditangkap dengan menggunakan planktonet standar, sementara fitoplankton yang lebih kecil biasanya tertangkap dengan jaring plankton yang lebih halus. Kelompok fitoplankton yang sering tertangkap dengan jaring umumnya termasuk diatom, dinoflagellata, dan alga biru (Nontji, 1993).

Fitoplankton merupakan sumber makanan utama bagi zooplankton dan beragam hewan air lainnya dalam ekosistem perairan. Sebagai produsen primer, fitoplankton mengubah energi matahari menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis, sehingga membentuk dasar bagi rantai makanan di perairan. Dalam rantai makanan, fitoplankton merupakan sumber makanan yang paling pokok dan mudah tersedia secara alami.

Produktivitas primer perairan, yang mencakup laju pembentukan bahan organik baru melalui fotosintesis oleh produsen primer, seperti fitoplankton, sangat menentukan kesuburan dan kesehatan ekosistem perairan secara keseluruhan. Jadi, besarnya produktivitas primer perairan memengaruhi ketersediaan sumber daya makanan dan pertumbuhan populasi organisme di dalamnya. Oleh karena itu, fitoplankton memegang peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan dan menjaga keberlanjutan ekosistem tersebut (Odum, 1993; Sachlan, 1982).

Melimpahnya fitoplankton pada suatu perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk intensitas cahaya, suhu air, kedalaman, pH air, serta ketersediaan nutrisi seperti nitrat dan fosfat. Faktor-faktor ini berperan dalam mengatur kondisi fisik dan kimia perairan yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton.

Selain itu, faktor lingkungan juga memiliki hubungan khusus yang dapat mempengaruhi organisme hidup lainnya di ekosistem perairan. Perubahan dalam kelimpahan dan komposisi

fitoplankton dapat memiliki dampak yang signifikan pada struktur dan fungsi ekosistem perairan secara keseluruhan.

Sebagai produsen primer, fitoplankton memang merupakan dasar terciptanya kehidupan di perairan. Mereka menjadi sumber energi utama dalam rantai makanan perairan, menyediakan makanan bagi zooplankton dan organisme lainnya. Tanpa keberadaan fitoplankton, tidak mungkin organisme lain di ekosistem perairan dapat bertahan hidup.

Dalam sistem aliran energi, fitoplankton menempati trofik level pertama sebagai produsen primer, dan peran mereka dalam mentransformasi energi matahari menjadi energi kimia yang tersedia bagi organisme lainnya sangatlah penting untuk kelangsungan hidup ekosistem perairan secara keseluruhan.

Fitoplankton memiliki peranan sentral dalam ekosistem perairan sebagai produsen primer. Mereka memiliki kemampuan untuk melakukan fotosintesis, mengubah karbon dioksida dan garam-garam terlarut menjadi bahan organik menggunakan energi matahari. Dalam struktur rantai makanan, fitoplankton menduduki posisi tropik level pertama karena menjadi sumber makanan yang paling mendasar dan tersedia secara alami bagi organisme lain di dalam ekosistem perairan.

Kandungan fitoplankton dalam berbagai perairan menunjukkan variasi dalam jumlah dan jenis, bahkan di area yang berdekatan, meskipun berasal dari massa air yang sama. Hal ini disebabkan oleh sejumlah faktor lingkungan yang berbeda di setiap lokasi. Misalnya, angin, upwelling (pembalikan arus laut ke permukaan), ketersediaan nutrien, suhu air, kandungan CO₂, dan bahan organik yang larut dalam air, semuanya memiliki dampak yang signifikan terhadap distribusi dan kelimpahan fitoplankton di suatu perairan.

Kondisi lingkungan yang berbeda di setiap lokasi dapat menciptakan perbedaan dalam ketersediaan sumber daya dan kondisi yang mendukung pertumbuhan fitoplankton. Oleh karena itu, seringkali kita dapat menemukan perbedaan yang signifikan dalam kandungan fitoplankton antara stasiun-stasiun pengamatan di suatu perairan, sesuai dengan perbedaan faktor

lingkungan yang mempengaruhi distribusi dan kelimpahan mereka.

2. Zooplankton

Zooplankton merupakan plankton yang terdiri dari organisme hewan mikroskopis yang hidup di perairan. Meskipun ukurannya kecil, zooplankton memiliki kemampuan bergerak, terutama dalam melakukan migrasi vertikal di dalam kolom air. Migrasi ini sering kali terjadi secara harian, di mana pada siang hari zooplankton cenderung bermigrasi ke lapisan yang lebih dalam dari kolom air, menuju dasar perairan.

Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan migrasi vertikal zooplankton. Salah satunya adalah faktor konsumen atau grazing, di mana zooplankton bergerak ke lapisan yang lebih dalam untuk mendekati fitoplankton yang merupakan mangsa utamanya. Selain itu, migrasi juga dapat dipengaruhi oleh pengaruh gerakan angin yang menyebabkan fenomena upwelling atau downwelling.

Upwelling adalah fenomena di mana angin yang bertiup dari arah laut ke daratan menyebabkan air dalam bawah permukaan laut untuk naik ke atas, membawa nutrisi yang kaya dan menyuburkan yang menjadi sumber makanan bagi fitoplankton. Di sisi lain, downwelling adalah fenomena di mana angin yang bertiup dari daratan ke laut menyebabkan air permukaan laut untuk tenggelam ke dalam, membawa nutrisi dan organisme plankton ke lapisan yang lebih dalam. Fenomena ini juga dapat mempengaruhi migrasi zooplankton karena perubahan ketersediaan makanan di berbagai lapisan air. (Sumich, 1999).

6.3.2 Penetrasi Cahaya

Cahaya merupakan kebutuhan penting bagi seluruh organisme yang melakukan fotosintesis. Organisme-organisme ini membutuhkan cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesis, yang merupakan sumber utama energi untuk kehidupan mereka. Untuk hidup dan berkembang biak, organisme

fotosintesis harus berada di daerah permukaan air yang disebut zona fotik, di mana intensitas cahaya matahari mencukupi untuk mendukung proses fotosintesis.

Kedalaman zona fotik, yaitu kedalaman di mana cahaya matahari masih cukup untuk mendukung fotosintesis, ditentukan oleh kemampuan cahaya matahari untuk menembus air. Faktor-faktor yang memengaruhi kemampuan cahaya matahari untuk menembus air termasuk penyerapan cahaya di atmosfer, sudut datangnya sinar matahari, dan transparansi air. Kondisi ini bervariasi di berbagai lokasi dan dapat mempengaruhi kedalaman zona fotik di suatu perairan. Oleh karena itu, organisme fotosintesis biasanya lebih melimpah di zona fotik daripada di lapisan air yang lebih dalam di mana cahaya matahari tidak mencukupi untuk mendukung fotosintesis.

Peningkatan jumlah energi di permukaan air dipengaruhi oleh berbagai kondisi atmosfer yang mempengaruhi penyerapan, pemantulan, dan transmisi radiasi matahari. Beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan jumlah energi di permukaan air antara lain:

1. Kondisi Atmosfer: Termasuk debu, awan, waktu, dan gas-gas yang mengabsorpsi, memantulkan, dan meneruskan radiasi matahari. Kondisi ini dapat mempengaruhi jumlah cahaya matahari yang mencapai permukaan air.
2. Absorpsi Cahaya oleh Air: Air dapat menyerap sebagian cahaya matahari, terutama cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Hal ini juga berkontribusi pada penentuan jumlah energi yang mencapai permukaan air.
3. Panjang Gelombang: Cahaya matahari terdiri dari spektrum warna dengan panjang gelombang yang berbeda. Panjang gelombang yang pendek memiliki daya tembus yang lebih besar dibandingkan dengan gelombang yang lebih panjang.
4. Lintang Geografi: Letak geografis suatu wilayah juga memengaruhi jumlah cahaya matahari yang diterima di permukaan air, tergantung pada sudut datangnya sinar matahari.
5. Musim: Perubahan musim juga dapat mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang mencapai permukaan air,

dengan musim tertentu memiliki cahaya matahari yang lebih kuat atau lebih lemah.

Spektrum warna cahaya matahari memiliki daya tembus yang bervariasi tergantung pada panjang gelombangnya. Panjang gelombang yang lebih pendek memiliki daya tembus yang lebih besar, sementara gelombang yang lebih panjang dapat diserap atau dipantulkan lebih banyak oleh medium yang dilewatinya.

Menurut Wetzel (2001) dan Kirk (2011), ketika cahaya matahari memasuki suatu medium optik seperti air, intensitasnya akan berkurang atau mengalami peredupan (*extinction attenuation*) seiring dengan bertambahnya kedalaman di perairan. Tingkat peredupan ini bergantung pada materi yang terdapat di dalam perairan. Pada kolom air yang memiliki tingkat kekeruhan tinggi, tingkat peredupannya juga akan tinggi. Penyebab peredupan ini adalah materi tersuspensi, terlarut, dan partikel-partikel yang ada di dalam kolom air, termasuk plankton.

Proses fotosintesis dimulai dengan penyerapan cahaya oleh tanaman atau organisme fotosintesis lainnya. Tidak semua radiasi elektromagnetik yang jatuh pada tanaman dapat diserap; hanya cahaya tampak (*visible light*) dengan panjang gelombang antara 400 hingga 700 nanometer yang dapat diserap. Radiasi total dalam kisaran gelombang ini dikenal sebagai *photosynthetically available radiation* (PAR) atau PhAR, yang merupakan cahaya yang diperlukan oleh organisme fotosintesis untuk melakukan proses fotosintesis.

6.3.3 Klorofil-a

Sebagai katalisator penting dalam proses fotosintesis, klorofil tersebar luas di seluruh alam semesta sebagai pigmen hijau dalam semua jaringan tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Pigmen ini hadir dalam jumlah yang relatif besar di kloroplas. Meskipun sering kali terikat secara longgar dengan protein, membentuk struktur yang dikenal sebagai kloroplas, klorofil dapat mudah diekstraksi ke dalam pelarut lipid seperti aseton dan eter. Proses ekstraksi ini umumnya digunakan dalam analisis klorofil dalam konteks penelitian atau aplikasi laboratorium lainnya.

Klorofil merupakan pigmen yang esensial dalam proses fotosintesis. Di dalam tumbuhan, terdapat setidaknya lima jenis klorofil yang berbeda. Dua jenis yang paling umum ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi, paku-pakuan, dan lumut adalah klorofil-a dan klorofil-b. Kedua jenis klorofil ini berperan dalam menangkap energi cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis.

Selain klorofil-a dan klorofil-b, klorofil-c, klorofil-d, dan klorofil-e hanya ditemukan dalam alga. Masing-masing dari jenis ini memiliki peran spesifik dalam fotosintesis alga. Selain itu, terdapat jenis klorofil lainnya yang terbatas pada bakteri tertentu. Klorofil ini juga memiliki peran dalam proses fotosintesis bakteri tersebut.

Klorofil-a adalah pigmen utama yang bertanggung jawab sebagai penyerap cahaya dalam proses fotosintesis. Klorofil-a memiliki rumus molekul $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, yang mencakup unsur-unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan magnesium. Pigmen ini terutama terdapat dalam kloroplas, struktur sel tumbuhan yang mengandung klorofil.

Untuk mengisolasi klorofil dari daun atau jaringan tumbuhan, metode yang umum digunakan adalah ekstraksi menggunakan pelarut seperti alkohol atau aseton. Selain itu, klorofil juga dapat diisolasi menggunakan metode kromatografi, yang memungkinkan pemisahan dan pemurnian pigmen tersebut dari campuran kompleks zat-zat lainnya dalam sampel daun atau jaringan tumbuhan. Metode ini penting dalam penelitian untuk menganalisis kandungan klorofil dalam berbagai konteks biologis dan lingkungan. Pada tumbuhan tingkat tinggi seperti tumbuhan berbunga, terdapat dua macam klorofil yang dominan, yaitu klorofil-a dan klorofil-b. Klorofil ini memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi cahaya dengan efektif, terutama cahaya merah dan biru, yang memiliki energi yang paling sesuai untuk proses fotosintesis.

Klorofil-a dan klorofil-b mampu menyerap energi cahaya dan menggunakannya untuk menghasilkan glukosa melalui proses fotosintesis. Klorofil-a, khususnya, memiliki kemampuan untuk menyerap cahaya pada panjang gelombang 690 nm, yang merupakan panjang gelombang merah jauh. Cahaya dengan panjang

gelombang yang lebih pendek, seperti biru dan hijau, juga dapat diserap oleh klorofil-a.

Selain itu, terdapat pigmen aksesoris lainnya yang hadir dalam kloroplas, seperti karotenoid dan xantofil, yang dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang yang berbeda. Pigmen-pigmen ini menyerap cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda dan mentransfer energi yang diserapnya ke klorofil-a untuk digunakan dalam proses fotosintesis. Ini memungkinkan tumbuhan untuk menyerap energi cahaya dalam berbagai panjang gelombang dan memaksimalkan efisiensi fotosintesis. (Winatasaswita, 1986).

secara geografis, sebaran klorofil-a di laut bervariasi dan berdasarkan kedalaman perairan. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari dan konsentrasi nutrisi di dalam perairan.

Umumnya, sebaran klorofil-a lebih tinggi di daerah yang lebih dekat dengan pantai atau pesisir daripada di perairan lepas pantai. Hal ini disebabkan oleh adanya sumber nutrisi yang lebih banyak di dekat pantai, seperti aliran sungai yang membawa nutrisi dari daratan ke laut. Di perairan lepas pantai, nutrisi biasanya lebih sedikit, sehingga sebaran klorofil-a cenderung lebih rendah.

Hasil kandungan klorofil-a dalam perairan juga dapat menjadi indikator produktivitas perairan. Menurut Hasibuan (1995), jika kandungan klorofil melebihi 20 µg/L, perairan tersebut dianggap sebagai perairan yang produktif. Sedangkan jika kandungan klorofil berada dalam rentang 1-20 µg/L, perairan tersebut dianggap cukup produktif. Ini menggambarkan tingkat kelimpahan fitoplankton dan aktivitas fotosintesis di dalam perairan, yang merupakan indikator penting bagi ekosistem laut.

6.3.4 Kualitas Air

Kualitas air dapat diartikan sebagai faktor fisik, kimia, dan biologis yang memengaruhi manfaat penggunaannya bagi manusia secara langsung. Faktor-faktor ini berperan dalam menentukan kondisi lingkungan air dan dapat memengaruhi pertumbuhan dan distribusi mikroalga planktonik.

Faktor-faktor fisik seperti substrat, tekanan, suhu, dan cahaya memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan

distribusi mikroalga planktonik. Misalnya, suhu dan cahaya yang sesuai dapat meningkatkan pertumbuhan fitoplankton, sementara tekanan dan substrat juga dapat memengaruhi distribusinya di perairan.

Selain itu, faktor-faktor kimia seperti salinitas dan ketersediaan unsur hara makro dan mikro juga berpengaruh terhadap pertumbuhan fitoplankton. Ketersediaan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan unsur hara lainnya dapat memengaruhi produktivitas fotosintesis fitoplankton.

Proses fisiologis langsung seperti respirasi dan fotosintesis fitoplankton juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, dan salinitas. Perubahan dalam kondisi lingkungan ini dapat memengaruhi aktivitas fisiologis fitoplankton dan oleh karena itu memengaruhi pertumbuhan dan distribusinya di perairan.

1. Suhu

Suhu perairan memegang peran kunci dalam mengatur ekosistem perairan. Secara umum, laju fotosintesis fitoplankton cenderung meningkat sejalan dengan kenaikan suhu perairan. Namun, terdapat suatu titik di mana laju fotosintesis akan menurun drastis setelah mencapai suatu suhu tertentu. Penurunan ini disebabkan oleh adaptasi masing-masing spesies fitoplankton terhadap kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan dan aktivitasnya.

Pada daerah subtropis, misalnya, tingkat produktivitas perairan cenderung lebih tinggi selama musim panas dibandingkan dengan musim dingin. Hal ini karena suhu perairan yang lebih hangat pada musim panas cenderung mendukung pertumbuhan dan aktivitas fitoplankton lebih baik.

Suhu perairan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kehidupan ikan dan komunitas perairan lainnya. Kondisi suhu yang ekstrem atau fluktuasi suhu yang cepat dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem perairan dan kesejahteraan organisme hidup di dalamnya. Oleh karena itu, pemantauan suhu perairan merupakan salah satu cara yang penting untuk memahami dan memantau kesehatan ekosistem perairan.

Suhu air adalah salah satu faktor kunci dalam lingkungan perairan yang dipengaruhi oleh berbagai variabel seperti musim, cuaca, waktu pengukuran, kedalaman perairan, dan kecerahan perairan. Suhu air memegang peran penting sebagai faktor pengendali yang sangat berpengaruh terhadap laju metabolisme organisme di dalam perairan.

Suhu air yang sesuai bagi kehidupan organisme perairan umumnya berkisar antara 28-31 °C. Namun, kisaran suhu yang dapat mendukung kehidupan organisme akuatik di daerah tropis biasanya sedikit lebih luas, yaitu sekitar 25-32 °C. Variasi ini memperhitungkan adaptasi organisme perairan terhadap suhu yang berbeda-beda sesuai dengan habitatnya.

Perubahan suhu air dapat memengaruhi berbagai aspek kehidupan di dalam ekosistem perairan, termasuk distribusi spesies, tingkat reproduksi, pertumbuhan, dan perilaku organisme. Oleh karena itu, pemantauan suhu air sangat penting untuk pemahaman yang lebih baik tentang dinamika lingkungan perairan dan kesejahteraan organisme yang hidup di dalamnya.

2. Kekeruhan

Tingkat kekeruhan yang tinggi dalam perairan dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air, yang pada gilirannya dapat menyebabkan penurunan produktivitas primer perairan. Hal ini akan berakibat pada rendahnya tingkat kesuburan perairan.

3. Arus

Arus merujuk pada gerakan massa air yang mengalir, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti angin, perbedaan densitas air laut, atau gerakan gelombang panjang seperti pasang surut. Salah satu fenomena arus yang penting adalah front, di mana dua massa air dengan karakteristik yang berbeda bertemu, misalnya, massa air yang lebih hangat dari Laut Jawa bertemu dengan massa air yang lebih dingin dari Samudera Hindia. Front ini memainkan peran penting dalam produktivitas perairan laut karena membawa air dingin yang kaya akan nutrisi, berbeda dengan air yang lebih

hangat namun kurang akan zat hara. Hal ini mempengaruhi distribusi nutrisi dan biomassa di ekosistem perairan laut. (Vallina et al., 2017).

Perpaduan antara suhu yang optimal dan meningkatnya kandungan nutrisi yang dihasilkan dari pencampuran massa air pada arus akan meningkatkan produktivitas plankton. Hal ini pada nantinya akan berdampak pada peningkatan produktivitas primer di laut. Peningkatan produktivitas ini dapat terlihat dari meningkatnya stok ikan di daerah tersebut, karena plankton adalah sumber makanan utama bagi ikan dan organisme laut lainnya. Dengan demikian, front memiliki peran penting dalam mengatur dinamika ekosistem perairan laut dan mendukung kehidupan biologis yang beragam di dalamnya.

Selain menjadi sumber produktivitas primer yang signifikan di laut, *front* atau pertemuan dua massa air juga dapat berperan sebagai hambatan bagi migrasi ikan karena adanya arus yang kuat dan gelombang yang besar. Di samping front, *upwelling* juga memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas primer di laut. *Upwelling* merujuk pada proses di mana massa air laut dari lapisan dalam naik ke permukaan. Peningkatan ini membawa bersama air yang lebih dingin, memiliki salinitas yang tinggi, dan kaya akan nutrisi. Dengan demikian, *upwelling* memperkaya lapisan permukaan dengan zat-zat hara yang penting, yang kemudian mendukung pertumbuhan plankton dan produktivitas primer di laut. (Qurban et al., 2017).

Sebaran suhu permukaan laut adalah salah satu parameter yang dapat digunakan untuk memantau dan mengidentifikasi terjadinya proses *upwelling* di suatu perairan. *Upwelling* biasanya terjadi di daerah di mana massa air yang lebih dingin dari lapisan dalam naik ke permukaan laut. Karena massa air yang lebih dingin membawa nutrisi yang kaya dan biasanya memiliki suhu yang lebih rendah daripada massa air di sekitarnya, proses ini dapat terdeteksi melalui pengamatan suhu permukaan laut. Perbedaan suhu yang signifikan antara daerah yang mengalami *upwelling*

dengan daerah sekitarnya dapat menjadi indikasi adanya pergerakan massa air yang naik ke permukaan. Oleh karena itu, pemantauan sebaran suhu permukaan laut dapat membantu dalam pemahaman dan pemantauan proses upwelling di suatu perairan.

Dalam konteks perairan tawar, peristiwa upwelling sering kali disebut sebagai pemulihan massa air, yang terjadi terutama selama musim hujan. Selama periode hujan, air permukaan yang hangat dan ringan dapat tergantikan oleh air yang lebih dingin dan lebih padat dari lapisan dalam perairan, yang membawa nutrisi ke permukaan. Ini bisa menghasilkan peningkatan produktivitas primer di perairan tawar.

Studi yang dilakukan oleh Qurban et al. (2017) di Laut Merah menemukan bahwa karena adanya fenomena *upwelling*, produktivitas perairan di kolom air yang biasanya memiliki produktivitas rendah mengalami peningkatan yang signifikan. Ini menunjukkan bahwa upwelling dapat menjadi mekanisme penting dalam meningkatkan produktivitas primer di perairan, bahkan di perairan yang secara umum dianggap memiliki produktivitas rendah.

Kedalaman

Kedalaman perairan mempengaruhi penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom air, yang akan memengaruhi produktivitas primer di perairan. Pada permukaan perairan, produktivitas primer biasanya rendah karena intensitas cahaya yang sangat tinggi, yang dapat mengakibatkan tekanan fotoinhibisi pada fitoplankton. Namun, produktivitas primer akan meningkat dengan kedalaman yang tepat di kolom air di mana intensitas cahaya cocok dengan keberadaan klorofil fitoplankton, sehingga mendukung proses fotosintesis. Seiring dengan bertambahnya kedalaman, penetrasi cahaya akan semakin berkurang, yang pada akhirnya dapat mengurangi produktivitas primer karena penurunan aktivitas fotosintesis.

Perbedaan dalam kedalaman perairan dapat menyebabkan variasi dalam nilai produktivitas primer, dengan daerah yang

lebih dangkal mungkin memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang lebih dalam karena cahaya matahari yang lebih merata. Ini menunjukkan bahwa faktor kedalaman perairan sangat penting dalam menentukan produktivitas primer di berbagai wilayah perairan.

4. Derajat Keasaman

pH memang sangat penting dalam berbagai konteks yang berhubungan dengan air, termasuk dalam ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Dalam ekosistem perairan, pH dapat memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup organisme, termasuk fitoplankton sebagai produsen primer yang penting. Seperti yang Anda sebutkan, pH yang rendah atau tinggi di luar kisaran yang diinginkan dapat memengaruhi produktivitas fitoplankton.

Kisaran pH yang ideal untuk pertumbuhan fitoplankton, antara 6,0 hingga 9,5, mencerminkan preferensi mereka terhadap kondisi lingkungan tertentu. Ini menyoroti pentingnya menjaga keseimbangan pH dalam ekosistem perairan agar dapat mendukung kelangsungan hidup dan produktivitas fitoplankton serta organisme lainnya. Dengan memantau dan mengatur tingkat pH di perairan, kita dapat membantu menjaga kesehatan ekosistem dan mendukung keberhasilan berbagai bentuk kehidupan yang bergantung padanya.

5. Oksigen Terlarut

Dissolved Oxygen (DO) atau Oksigen Terlarut dalam air sangat penting untuk kehidupan akuatik karena merupakan Sumber utama oksigen bagi organisme perairan. Proses fotosintesis oleh tumbuhan air seperti alga dan tumbuhan lainnya merupakan salah satu sumber utama oksigen terlarut dalam air. Selain itu, peristiwa alami seperti gelombang ombak, air terjun, dan pusaran angin juga dapat membantu mengoksidasi air, meningkatkan oksigen terlarut. Juga, proses difusi oksigen dari udara ke dalam air merupakan kontributor penting terhadap oksigen terlarut di dalam perairan. Semua ini berkontribusi pada kondisi lingkungan

yang memadai bagi organisme akuatik untuk bernapas dan berkembang biak. Monitoring tingkat oksigen terlarut dalam air adalah praktik umum dalam manajemen perairan untuk memastikan kesehatan lingkungan akuatik yang optimal.

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) adalah jumlah oksigen yang terlarut dalam air, diukur dalam satuan milligram per liter (mg/L) atau dapat juga diukur dalam satuan persen dari saturasi. Kadar oksigen terlarut ini penting sebagai indikator kesehatan perairan. Semakin tinggi kadar oksigen terlarut dalam air, semakin baik kualitas airnya. Air dengan kadar oksigen terlarut yang tinggi menunjukkan lingkungan yang bersih dan sehat, sedangkan kadar yang rendah dapat mengindikasikan adanya pencemaran atau degradasi lingkungan, terutama karena aktivitas manusia seperti pelepasan limbah organik atau polutan lainnya ke dalam air. Jadi, perubahan dalam kadar oksigen terlarut dapat menjadi tanda derajat pengotoran atau pencemaran air. (Mulia, 2006).

Kadar oksigen terlarut (DO) dalam air memang menjadi indikator utama kualitas air suatu perairan. Oksigen terlarut diperlukan oleh semua organisme hidup di dalam air untuk proses pernapasan dan metabolisme. Ketersediaan oksigen yang mencukupi sangat penting bagi kehidupan biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu, oksigen terlarut juga diperlukan dalam proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme di dalam air, yang membantu membersihkan pencemaran organik.

Kadar oksigen terlarut yang tinggi menunjukkan bahwa air tersebut memiliki kualitas yang baik dan mampu mendukung kehidupan biota air yang beragam. Sebaliknya, kadar oksigen terlarut yang rendah bisa menjadi tanda adanya pencemaran atau masalah lain dalam lingkungan perairan. Oleh karena itu, pemantauan terhadap kadar oksigen terlarut merupakan salah satu cara penting untuk menilai kualitas air dan menjaga kelestariannya.

6. Karbondioksida Bebas

CO₂ (karbon dioksida) memiliki peran penting sebagai sumber karbon bagi tumbuhan hijau di perairan selama proses fotosintesis. Naiknya kadar CO₂ dalam air biasanya disertai dengan penurunan pH dan penurunan oksigen terlarut yang dapat berdampak buruk pada organisme akuatik.

Penurunan pH dan penurunan oksigen terlarut dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan dan mengancam keberlangsungan hidup biota air. Oleh karena itu, pemantauan kadar CO₂, pH, dan oksigen terlarut sangat penting untuk menjaga keseimbangan lingkungan perairan.

Pedoman yang disarankan oleh Poernomo dan Hanafi (1982) mengenai kadar CO₂ bebas dalam perairan memberikan parameter untuk mengukur keamanan lingkungan bagi kehidupan akuatik. Upaya untuk menjaga kadar CO₂, pH, dan oksigen terlarut dalam batas yang aman adalah langkah yang penting dalam melestarikan ekosistem perairan.

7. Nitrat dan Fosfat

Nitrat merupakan salah satu bentuk utama nitrogen di perairan alami dan berperan sebagai nutrisi utama untuk pertumbuhan tanaman dan alga. Kehadirannya dalam air berasal dari berbagai sumber, termasuk proses oksidasi senyawa nitrogen oleh organisme dalam siklus nitrogen, seperti nitrifikasi yang mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat.

Nitrat sangat penting bagi tanaman dan hewan karena berperan dalam sintesis protein dan pembentukan jaringan tubuh. Proses nitrifikasi yang dijalankan oleh mikroba adalah bagian penting dari siklus nitrogen, yang memungkinkan penggunaan kembali nitrogen organik dan anorganik dalam ekosistem perairan.

Meskipun nitrat adalah nutrisi fundamental bagi pertumbuhan tanaman, kelebihan kandungan nitrat dalam perairan juga dapat menyebabkan masalah lingkungan, seperti eutrofikasi, di mana pertumbuhan alga yang berlebihan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan. Oleh karena itu, pemantauan dan pengelolaan kadar nitrat dalam perairan sangat

penting untuk menjaga kualitas lingkungan perairan. (Makatita et al., 2014).

Nitrogen merupakan salah satu unsur esensial yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan proses fotosintesis. Tanaman, termasuk alga, membutuhkan nitrogen dalam jumlah tertentu untuk sintesis protein dan pertumbuhan jaringan. Kisaran konsentrasi nitrat yang optimal dalam air untuk pertumbuhan alga biasanya berkisar antara 0,9 hingga 3,50 ppm (parts per million).

Namun, kadar nitrat yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menjadi masalah. Jika kadar nitrat terlalu rendah, ini bisa menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman dan alga. Di sisi lain, jika kadar nitrat terlalu tinggi, ini dapat menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan dan memicu masalah eutrofikasi.

Kondisi di mana kadar nitrat sangat rendah (di bawah 0,1 ppm) atau sangat tinggi (di atas 45 mg/l) dapat dianggap sebagai kondisi toksik. Oleh karena itu, pemantauan dan pengelolaan kadar nitrat dalam air menjadi sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem perairan. (Armita, 2011).

Fosfat sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, termasuk fitoplankton dan alga di perairan. Fosfat terdapat dalam bentuk senyawa anorganik terlarut dan senyawa organik dalam perairan. Ketika senyawa fosfat mengalami hidrolisis, mereka menjadi bentuk ortofosfat (PO_4), yang dapat langsung dimanfaatkan oleh fitoplankton dan alga untuk pertumbuhan dan metabolisme.

Fosfat sendiri tidak bersifat toksik bagi organisme perairan. Namun, kelebihan kadar fosfat dalam air, terutama jika disertai dengan kelebihan kadar nitrogen, dapat menyebabkan ledakan populasi alga yang disebut "*bloom alga*". Alga bloom ini bisa menjadi masalah serius karena dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan mengganggu ketersediaan oksigen terlarut. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan dan berdampak negatif pada biota air lainnya. Oleh karena itu, pengelolaan kadar fosfat dan nitrogen

dalam perairan menjadi penting untuk mencegah terjadinya masalah alga bloom dan menjaga kualitas air.

Fosfat menjadi indikator penting dalam menilai tingkat kesuburan suatu perairan. Kadar fosfat yang rendah cenderung menunjukkan bahwa perairan tersebut memiliki tingkat kesuburan yang rendah, sementara kadar fosfat yang tinggi menunjukkan kesuburan yang baik hingga sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Armita, D. 2011. *Analisis Perbandingan Kualitas Air di Daerah Budidaya Rumput Laut Dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut, Di Dusun Malelaya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar*. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Jurusan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar.
- Asmawi, S. 1986. *Pemeliharaan Ikan Dalam Keramba*. Gramedia Jakarta.
- Asriyana dan Yuliana, 2012. *Produktivitas Perairan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Behrenfeld M.J., Boss E, Siegel DA, Shea DM. 2005. *Carbon-based ocean productivity and phytoplankton physiology from space. Global Biogeochemical Cycles*. Vol 19. GB1006, doi:10.1029/2004GB002299
- Boyd, C.E. 1990. *Water quality in pond for aquaculture*, Brimingham Publishing Co., Alabama. 482 hal.
- Chen H., et al. 2017. *Simplified, rapid, and inexpensive estimation of water primary productivity based on chlorophyll fluorescence parameter Fo*. Journal of Plant Physiology, 211 : 128–135.
- Hariyadi S, E. M. Adiwilaga, T. Prartono, S. Hardjoamidjojo & A. Damar. 2010. *Produktivitas Primer Estuari Sungai Cisadane Pada Musim Kemarau*. Limnotek, 17 (1) : 49-57
- Hasibuan, L. 1995. *Kelimpahan Fitoplankton dan Konsentrasi Klorofil-adi Muara Sungai Siak. Provinsi Riau*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau. Pekanbaru. 65 hal (tidak diterbitkan).
- Hutabarat, S dan Evans, M.S. 1986 *Pengantar Oseanografi*. UI Press : Jakarta.
- Kirk JTO, 2011. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. Third Edition. New York: Cambridge University Press.
- Kohlmann, F.J., 2003, *What is pH, and How is it Measured*, U.S.A, Heach Company

- Littler M.M., & S.N. Murray. 1974. *The Primary Productivity of Marine Macrophytes from a Rocky Intertidal Community*. Marine Biology, 27 : 31-135.
- Lee, Z.P., Marra, J., Perry, M.J. and Kahru, M., 2014. *Estimating Oceanic Primary Productivity from Ocean Color Remote Sensing: A Strategic Assesment*. Journal of Marine Systems 149: 50-59.
- Leininger, A. L., 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jilid 2. Teijemahan M . Thenawidjaja. Erlangga. Jakarta.
- Makatita, J. R., Susanto, A. B., dan Mangimbulude, J. C., 2014. *Kajian Zat Hara Fosfat dan Nitrat Pada Air dan Sedimen Padang Lamun Pulau Tujuh Seram Utara Barat Maluku Tengah. Program Studi Magister Biologi Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga Universitas Diponegoro, Semarang. 13 Hal.*
- Michael, P., 1984. *Metode Ekologi Untuk Penyelidikan Lapang dan Laboratorium*. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 70 hal
- Minsas, S., I. J. Zakaria dan J. Nurdin. 2013. *Komposisi dan Kandungan Klorofil-a Fitoplankton pada Musim Timur dan Barat di Estuari Peniti, Kalimantan Barat*. Jurnal Prosiding Semirata. 1(2): 381-386.
- Mulia, D.S. 2006. *Tingkat Infeksi Ektoparasit Protozoa pada Ikan Nila (Oreochromis niloticus) di balai Benih Ikan (BBI) Pandak Dan Sidabowa, Kabupaten Banyumas. [Skripsi]*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto. Ikan yang Diperdagangkan di PPI Purbalingga. Imiah Perikanan. Vol 3
- Mulyadi, A., 1992. *Planktonologi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Pekanbaru. 25 hal (tidak diterbitkan).
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta. 367 hal
- Nontji. 2006. *Tiada kehidupan di bumi ini tanpa keberadaan Plankton* Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI. 248 pp
- Nybakken, J. M. 1992. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis* (diterjemahkan oleh Eidmar, H. M., Koesoebiono, D G., Bengen, M. H. Dan Sukardjo, D). Gramedia. Jakarta

- Odum EP. 1996. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh T. Samingan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Odum, E. P. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga (Diterjemahkan Oleh T. Samingan. Gajah Mada University. Yogyakarta. 697 hlm
- Poernomo MA, Hanafi. 1982. *Analisa kualitas air untuk keperluan perikanan. Di dalam: Training Penyakit Ikan*. Bogor: Balai Penelitian Perikanan Darat. Staf Laboratorium Kimia. 49 hal.
- Qurban M.A., M. Wafar, R. Jyothibabu, K.P.Manikandana. 2017. *Patterns of primary production in the Red Sea*. Journal of Marine Systems, 169 : 87–98.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2016.12.008>
- Rahman M. 2016. *Produktivitas Primer Perairan Pantai Kawasan Hutan Mangrove Desa Pagatan Besar Kecamatan Takisung Kabupaten Tanah Laut Propinsi Kalimantan Selatan*. Fish Scientiae, 6 (11) :11-12
- Rangkuti Ahmad Muhtadi, M. Reza Cordova, Ani Rahmawati, Yulma, Eldin H. Adimu. 2017. *Ekosistem Pesisir dan Laut Indonesia*. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Resosoedarmo et al, 1992. *Pengantar Ekologi*. Fakultas Pasca Sarjana IKIP Jakarta. Jakarta.
- Sachlan, M., 1982. *Planktonologi*. Diktat Perkuliahan Planktonologi. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 166 hal (tidak diterbitkan).
- Tamire G., & S. Mengistou. 2014. *Biomass and net aboveground primary productivity of macrophytes in relation to physico-chemical factors in the littoral zone of Lake Ziway, Ethiopia*. Tropical Ecology, 55(3): 313- 326.
- Tubalaworthy, S. 2001. *Pengaruh Faktor-Faktor Oseanografi Terhadap Produktivitas Primer Perairan Indonesia*. Makalah Falsafah Sains (PPs 720). Program Pasca Saijana/S3. Institut Pertanian Bogor. 49 hal. Vollenweider (dalam Hasibuan, 2003)
- Vallina S.M., P. Cermenoa, S. Dutkiewicz, M. Loreauc, J.M. Montoya 2017. *Phytoplankton functional diversity increases ecosystem productivity and stability*. Ecological Modelling, 361: 184–196.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.06.020>

- Wardoyo, S.T.H. 1982. *Water Analysis Manual Tropical Aquatic Biology Program*. Biotrop, SEAMEO. Bogor. 81 hal.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology Lake and River Ecosystem Third Edition*. Academic Press, London
- Winatasasmita, D., 1986. *Fisiologi Hewan dan Tumbuhan*. Kamnika . Jakarta. 178 hal.
- Xiao X, Y. Wang, H. Zhang, X. Yu. 2015. *Effects of primary productivity and ecosystem size on food-chain length in Raohe River, China*. *Acta Ecologica Sinica*, 35 : 29–34.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chnaes.2015.04.003>

BAB 7

KEANEKARAGAMAN HAYATI

FITOPLANKTON

Oleh Muh. Azril

7.1 Pendahuluan

Plankton adalah mikroorganisme kosmopolitan dengan distribusi luas yang penting bagi ekosistem perairan. Fitoplankton, sebagai organisme autotrof, berfungsi sebagai produsen primer utama, bersama dengan tumbuhan air dan makroalga. Fitoplankton menjadi dasar rantai makanan, dimanfaatkan oleh zooplankton heterotrof, yang kemudian dimakan oleh ikan kecil dan seterusnya hingga terbentuk jejaring makanan. Melalui fotosintesis, fitoplankton juga menyediakan oksigen terlarut, yang esensial bagi produktivitas perairan (Asriyana dan Yuliana, 2012; Apriadi et al., 2021). Berbagai pigmen dalam fitoplankton mendukung keberhasilan fotosintesis dan menciptakan keragaman kimiawi yang tinggi. Kandungan protein, asam amino, vitamin, polisakarida, dan karbohidrat dalam mikroalga menjadikannya sumber potensial untuk berbagai produk kimia. Mikroalga dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan, aditif makanan, pakan ternak, pupuk, bahan bioaktif dalam industri, dan sumber energi terbarukan (Kawaroe et al., 2010; Apriadi et al., 2021). Namun, pertumbuhan mikroalga yang berlebihan dapat menyebabkan ledakan populasi alga (*algae bloom*), yang berdampak negatif pada ekosistem perairan dan kesehatan manusia (Apriadi et al., 2021).

Fitoplankton tumbuh subur di perairan muara sungai karena pasokan unsur hara dari daratan, berbeda dengan perairan lepas pantai yang kurang subur kecuali terjadi upwelling yang membawa unsur hara dari dasar laut. Fitoplankton tersebar luas di semua jenis perairan, baik laut maupun darat. Di laut, mereka ditemukan mulai dari perairan neritik hingga oseanik, sedangkan di darat mereka hadir di sungai, danau, kolam, tambak, dan rawa. Distribusi

fitoplankton di perairan neritik cukup tinggi, tetapi di daerah oseanik distribusinya dibatasi oleh zona fotik, yang merupakan zona dengan intensitas cahaya yang masih mencukupi. Di perairan neritik, zona fotik hanya beberapa meter, sedangkan di perairan oseanik bisa mencapai kedalaman 150–200 meter. Kedalaman zona fotik di perairan neritik dipengaruhi oleh sedimen dari daratan yang mengurangi kecerahan air, terutama saat musim hujan. Sebaliknya, perairan oseanik yang jauh dari pengaruh sedimen memiliki kecerahan yang optimal hingga kedalaman di mana cahaya masih bisa ditemukan (Padang, 2023). Sebanyak kurang lebih 50.000 spesies fitoplankton telah teridentifikasi (Round & Crawford, 1984; Padang 2023), yang terbagi dalam 10 filum dan 14 kelas yang tersaji pada pada Tabel 7.1 dan 7.2 berikut:

Tabel 7.1. Filum utama pada fitoplankton perairan tawar ditinjau dari penampakan mikroskopis

No	Filum	Tipe Warna	Penampakan morfologi sel	Pergerakan sel atau koloni sel
1.	Chrysophyta	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni.	Beberapa jenis pergerakan menggunakan flagela.
2.	Bacillariophyta/ Diatom	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni berbentuk filamen.	Meluncur pada substrat.
3.	Chlorophyta/ Alga hijau	Hijau rumput	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal, koloni atau koloni berbentuk filamen.	Beberapa jenis bersel tunggal atau koloni pergerakan menggunakan flagela.
4.	Cyanophyta/ Alga biru hijau	Biru hijau	Mikroskopis atau mudah dilihat, biasanya berbentuk	Menggunakan gelembung gas atau beberapa dapat meluncur.

No	Filum	Tipe Warna	Penampakan morfologi sel	Pergerakan sel atau koloni sel
			koloni.	
5.	Dinophyta/ Pyrrhophyta/ Dinoflagelata	Merah kecokelatan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal	Seluruhnya menggunakan flagela.
6.	Euglenophyta	bermacam- macam warna	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal.	Umumnya menggunakan flagella.
7.	Xanthophyta/ Alga kuning kehijauan	Kuning kehijauan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal atau filamen.	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal atau filamen.
8.	Cryptophyta/ Cryptomonas	Bermacam- macam warna	Mikroskopis berbentuk sel tunggal.	Mikroskopis berbentuk sel tunggal.
9.	Rhodophyta/ Alga merah	Merah	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal atau koloni.	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal atau koloni.
10.	Phaeophyta/ Alga cokelat	Cokelat	Mudah dilihat, terdiri atas beberapa sel (multicellular), dilengkapi dengan bantalan dan lapisan kulit pada perakaran.	Mudah dilihat, terdiri atas beberapa sel (multicellular), dilengkapi dengan bantalan dan lapisan kulit pada perakaran.

Sumber: (John et al., 2002; Bellinger & Sigee, 2010; Sulastri, 2018)

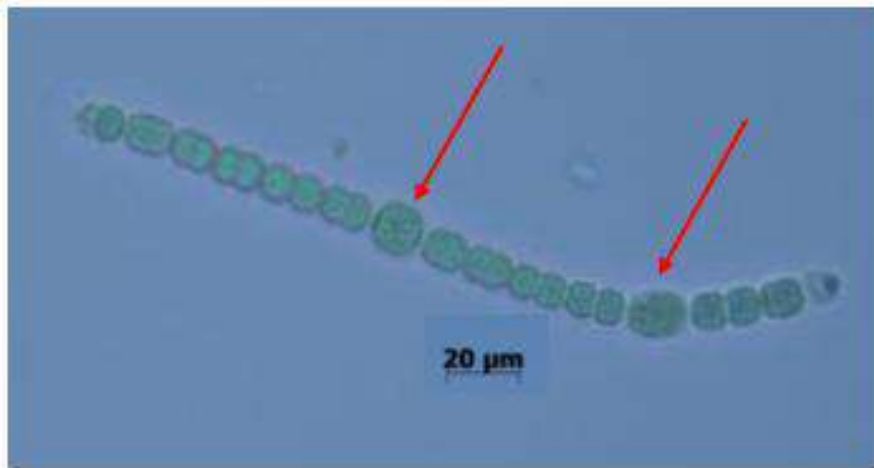
Dari 10 filum fitoplankton tersebut, terdapat beberapa filum yang dominan di perairan yang akan dibahas pada bab ini, terdiri dari Cyanophyta, Bacillariophyta/Diatom,

Pyrrhophyta/Dinoflagellata, Chlorophyta, Euglenophyta, dan Chrysophyta.

7.2 Cyanophyta

7.2.1 Karakteristik Chyanophyta

Cyanophyta, juga dikenal sebagai alga biru-hijau (*blue gree algae*) atau Cyanobacteria, adalah fitoplankton prokariotik yang tidak memiliki inti sel/nukleus. Hal ini terjadi karena adanya sel heterocyst yang memiliki kemampuan untuk mengikat N_2 bebas dari atmosfer melalui proses fiksasi (Gambar 7.1). Meskipun tidak memiliki inti sel, mereka termasuk dalam kelompok alga karena mengandung klorofil yang memungkinkan terjadinya fotosintesis. Cyanophyta mengandung klorofil a, pigmen xanthophyll, phycoerythrin, dan phycocyanin (pigmen biru-hijau), yang memberikan warna biru-hijau, kuning, merah, dan violet (Apriadi, 2021; Padang, 2023).



Gambar 7.1. Sel Heterocyst pada *Anabaena* sp.
(Sumber: Apriadi, 2021)

Sebagai plankton kosmopolit, *Cyanophyceae* dapat hidup di berbagai lingkungan seperti laut, rawa, air payau, dan air tawar, terutama di perairan tropis dangkal. Mereka memiliki bentuk sel sederhana, sering membentuk koloni, dan berukuran antara 1 mm

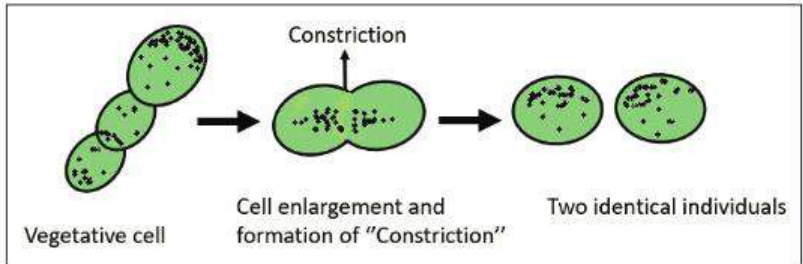
untuk sel tunggal hingga 100 mm untuk tipe filamen. Secara umum, Chyanopyceae terdiri dari tiga jenis berdasarkan bentuk selnya yakni bersel tunggal/uniseluler seperti *Chroococcus* dan *Gloeocapsa*; berkoloni seperti *Polycystis*; dan bentuk benang/filamen seperti *Oscillatoria*, *Rivularia*, dan *Nostoc* (Padang, 2023).

Keanekaragaman Chyanophyta yang banyak ditemukan di perairan meliputi *Spirulian* sp, *Oscillatoria* sp, *Anabaena* sp, *Chroococcus minutes*, *Chroococcus indicus*, *Oscillatoria subbrevis*, *Phormidium granulatum*, *Spirulina meneghiniana*, dan *Synechocystis aquatilis* (Supriya, 2022; Padang, 2023).

7.2.2 Reproduksi Chyanophyta

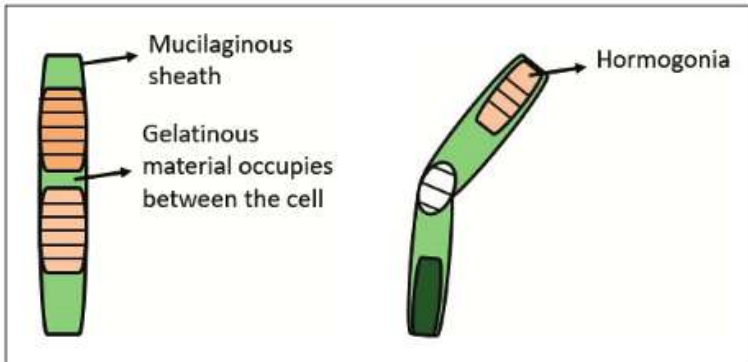
Reproduksi Chyanophyceae dapat dilakukan melalui beberapa metode seperti:

1. Pembelahan sel: proses ini melibatkan pembagian sel menjadi dua bagian, yang dapat menghasilkan sel individu atau tetap dalam bentuk koloni, seperti pada *Gloeocapsa*.



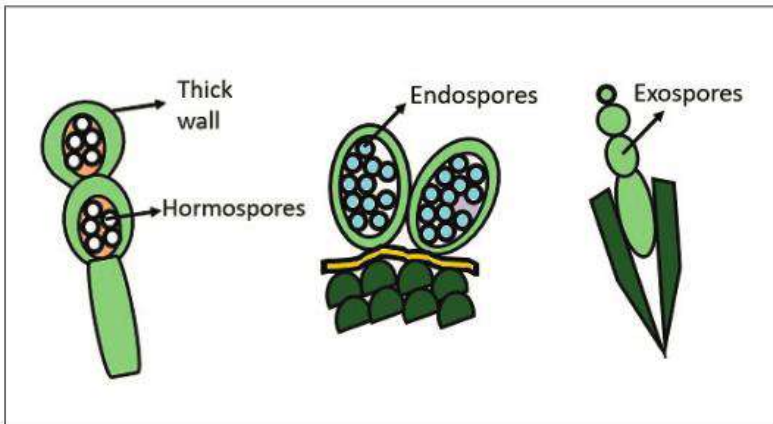
Gambar 7.2. Reproduksi dengan Pembelahan Sel
(Sumber: Supriya 2022; Padang 2023)

2. Fragmentasi: Cyanophyceae berbentuk filamen sering kali bereproduksi melalui fragmentasi, di mana filamen terputus menjadi potongan-potongan yang kemudian tumbuh menjadi individu baru.



Gambar 7.3. Reproduksi dengan Fragmentasi
(Sumber: Supriya 2022; Padang 2023)

3. Pembentukan Spora: Pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, Cyanophyceae dapat membentuk spora. Spora ini membesar dengan menimbun zat makanan untuk bertahan hidup hingga kondisi membaik.



Gambar 7.4. Reproduksi dengan Pembentukan Spora
(Sumber: Supriya 2022; Buku Brin 2023)

7.2.3 Peranan Chyanophyta

Menurut Padang (2023), Chyanophyta, atau cyanobacteria, memiliki peran yang beragam dalam ekosistem perairan, dengan

dampak yang bisa menguntungkan maupun merugikan sebagai berikut:

Manfaat Chyanophyta:

1. Berfungsi sebagai produsen dalam rantai makanan, yang dikonsumsi oleh organisme heterotrof seperti teripang.
2. Mampu menfiksasi nitrogen dari udara, menyuburkan tanah. Contoh spesies yang memiliki kemampuan ini adalah *Gloeocapsa*, *Nostoc*, dan *Anabaena azollae*, yang bersimbiosis dengan *Azolla pinnata* (paku air) yang hidup di permukaan perairan.
3. Sebagai bahan makanan, *Chyanophyceae* seperti *Spirulina maxima* dimanfaatkan sebagai bahan makanan karena kandungan proteinnya yang tinggi.

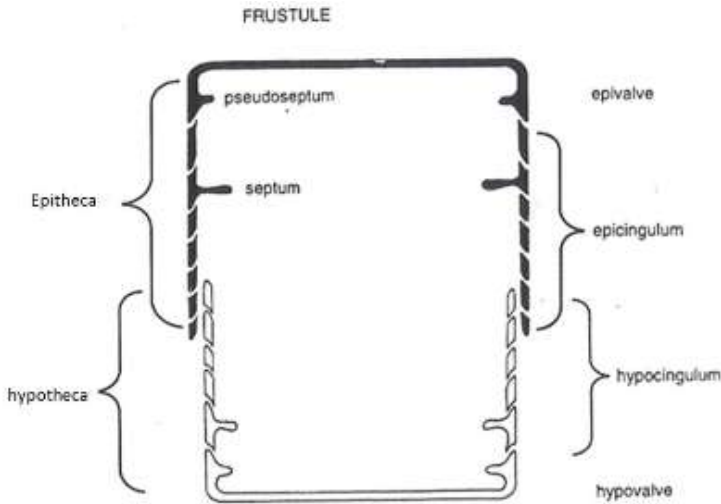
Kerugian Chyanophyta:

Chyanophyceae dapat menyebabkan keracunan pada organisme di perairan dan makhluk yang mengonsumsi air tersebut, bahkan bisa berakibat fatal. Spesies yang diketahui berbahaya termasuk *Anabaena flosaquae*, *Aphanizomenon* sp., dan *Microcystis aeruginosa*.

7.3 Bacillariophyta (Diatom)

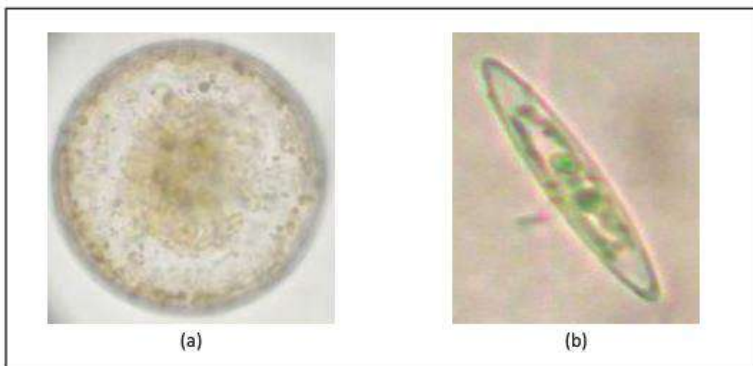
7.3.1 Karakteristik Diatom

Bacillariophyta, disebut juga diatom, berasal dari bahasa Yunani "*dia*" yang berarti '*through*' (melalui) dan "*tomos*" yang berarti '*cutting*' (memotong), merupakan kelompok fitoplankton terbesar (sekitar 45%) yang berfungsi sebagai produsen primer di perairan pesisir dan laut. Diatom memiliki ukuran berkisar antara 5 µm hingga 2 mm, dengan bentuk sel yang uniseluler atau berkoloni membentuk rantai. Sel diatom dilapisi oleh dinding sel yang mengandung silika, disebut *frustule*/frustula. Frustula berbentuk seperti cawan petri, terdiri dari epiteka sebagai bagian tutup dan hipoteka sebagai bagian mangkuk (Gambar 7.5) (Apriadi, 2021; Padang, 2023).



Gambar 7.5. Frustule Diatom
(Sumber: Pratiwi et al., 2015; Apriadi, 2021)

Secara morfologi, diatom terbagi menjadi dua ordo (Gambar 7.6): Centrales (*centric diatom*) dengan frustula radial simetris dan sel berbentuk bulat hingga segiempat, dan Pennales (*pennate diatom*) berbentuk *valve* menyerupai jarum dengan frustula simetris bilateral dan jalur tengah disebut *raphe*, umumnya berbentuk memanjang atau sigmoid dan bersifat bentik (Lalli & Parsons, 1997; Huliselan et al., 2006; Nontji, 2008; Sulastri, 2018; Padang, 2023).



Keterangan: (a) Diatom Centrales dan (b) Diatom Pennales

Gambar 7.6. Diatom Centrales dan Diatom Pennales
(Sumber: Padang, 2016; Padang 2023)

Perbedaan diatom Pennales dan Centrales dapat dilihat dari ciri-cirinya. Diatom Pennales memiliki frustula memanjang atau berbentuk sigmoid "S" dan simetri bilateral. Mereka hidup bentik dan terdiri dari sekitar 97 spesies. Diatom ini memiliki kemampuan mengikat sedimen melalui produksi EPS (*extracellular polymeric substances*) sehingga dapat membantu mencegah erosi, terutama pada sedimen halus berukuran 0,4 mm. Diatom Pennate dapat diklasifikasikan berdasarkan dua aksis/ sumbu utama yakni *apical axis* dan *transapical axis*. *Apical axis*, juga dikenal sebagai sumbu longitudinal, memanjang sejajar dengan valve, yaitu struktur silika yang membentuk dinding sel diatom. Sumbu ini menentukan panjang dan bentuk keseluruhan diatom. Adapun *Transapical axis*, tegak lurus terhadap sumbu apikal. Sumbu ini menentukan lebar dan struktur transversal diatom, seperti keberadaan raphe, yaitu celah memanjang di sepanjang valve. Contoh diatom Pennales termasuk *Navicula*, *Nitzschia*, *Eutonia*, *Achnanthes*, *Gyrosigma*, *Diploneis*, *Cocconeis*, dan *Fragilaria* (Sulastri, 2018; Padang, 2023).

Diatom Centrales, di sisi lain, memiliki frustula berbentuk radial simetris atau konsentris pada satu titik pusat, dengan bentuk silinder, segitiga, atau segi empat. Mereka hidup planktonik dan terdiri dari sekitar 1500 spesies. Setiap jenis diatom centrales memiliki variasi dalam struktur morfologi valve yang berfungsi untuk adaptasi lingkungan. Jenis yang hidup di dasar perairan memiliki struktur untuk menempel pada substrat, sedangkan jenis yang melayang dilengkapi dengan struktur seperti duri pada ujung valve, seperti pada *Aulacoseira* sp. Selain itu, beberapa jenis membentuk koloni dengan sel-sel yang berikatan untuk tetap melayang di air, seperti yang ditemukan pada marga *Cyclotella*. Contoh diatom Centrales termasuk *Coscinodiscus*, *Chaetoceros*, *Melosira*, *Hemiaulus*, dan *halassiosira* (Sulastri, 2018; Padang, 2023).

7.3.2 Reproduksi Diatom

Menurut Nontji (2008) dalam Padang (2023), diatom bereproduksi baik secara seksual maupun aseksual, dengan reproduksi aseksual yang lebih umum terjadi. Proses aseksual melibatkan pembelahan satu sel menjadi dua, di mana masing-

masing frustula (rangka luar) membentuk epiteka dan hipoteka baru pada sel anak. Sel yang terbentuk dari hipoteka sel induk biasanya berukuran lebih kecil daripada sel yang terbentuk dari epiteka sel induk (Lalli & Parsons, 1977; Padang, 2023). Penurunan ukuran sel akibat pembelahan asexual berulang memerlukan reproduksi seksual untuk mengembalikan ukuran sel ke kondisi semula. Reproduksi seksual ini disebut oogami pada ordo Centrales dan isogami pada ordo Pennales, yang menghasilkan zigot dan sel vegetatif dengan ukuran mendekati maksimum (Bold & Wynne, 1985; Padang, 2023).

7.3.3 Distribusi dan Adaptasi Diatom

Diatom ditemukan secara luas di berbagai lingkungan, termasuk laut, air tawar, dan sedimen (Padang 2023). Diatom bentik (*microphytobenthos*), yang hidup di sedimen, memiliki distribusi yang tidak merata dan kelimpahannya dipengaruhi oleh kedalaman substrat dan kondisi lingkungan. Produktivitas primer dari Diatom bentik terjadi pada kedalaman 1,5-4,4 mm dari permukaan sedimen (Huliselan *et al.*, 2006; Padang, 2023). Sebagai autotrof, Diatom bergantung pada cahaya, sehingga mereka hidup dekat permukaan sedimen. Pergerakan Diatom bentik di dalam sedimen membantu mereka menghindari pemangsa dan gelombang pada malam hari, sementara mereka naik ke permukaan untuk fotosintesis pada siang hari (Padang, 2023).

7.3.4 Peran Ekologis Diatom

Diatom bentik, terutama dari ordo Pennales, berperan penting dalam stabilisasi sedimen dan produktivitas primer lingkungan bentik. Mereka juga ditemukan menempel pada tumbuhan lain, seperti pada helaian daun lamun, yang menyebabkan kompetisi dalam memanfaatkan cahaya dan nutrisi (Padang, 2014). Diatom sebagai plankton bentik juga penting sebagai makanan bagi organisme laut, termasuk teripang pasir (Padang et al., 2016; Padang, 2023). Jenis Diatom seperti *Navicula* bahkan dibudidayakan sebagai pakan untuk larva ikan dan bentos dalam pemeliharaan terkontrol (Padang, 2023).

7.4 Pyrrhophyta (Dinoflagellata)

7.4.1 Karakteristik Dinoflagellata

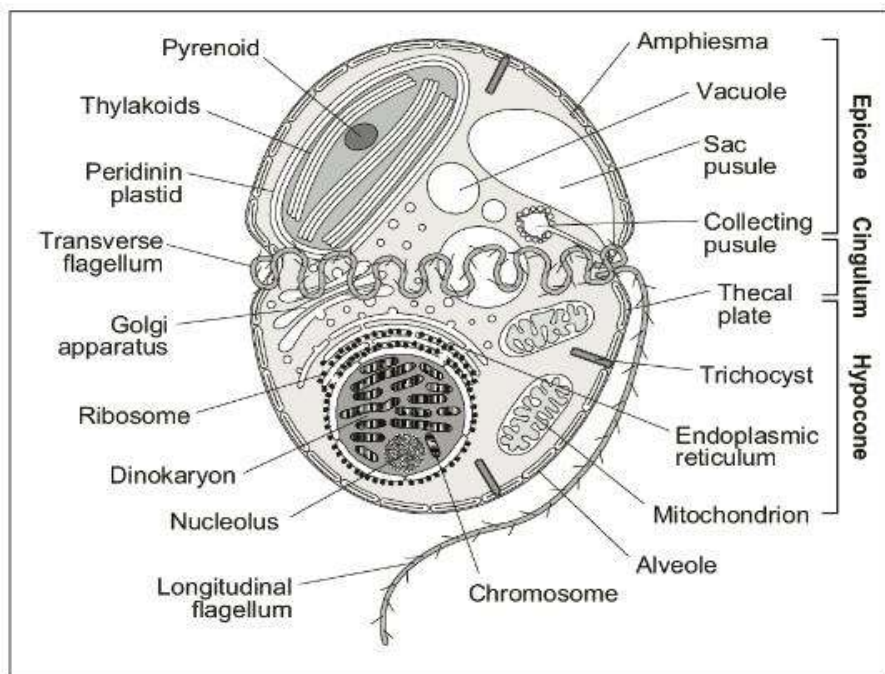
Keanekaragaman jenis terbesar dalam phylum Pyrrhophyta terdapat pada kelas Dinopyceae, yang juga dikenal sebagai Dinoflagelata. Kata "*Dino*" dalam bahasa Yunani berarti "berputar," menggambarkan pola berenang khusus mereka. "*Flagellum*" berasal dari bahasa Latin yang berarti "melambatkan." Nama *Pyrrhophyta* berasal dari kata Yunani "pyrrh," yang berarti "warna api kemerahan" (Carty, 2003; Sulastri, 2018). Dinoflagelata adalah fitoplankton bersel tunggal yang memiliki kemampuan berenang berkat adanya flagela yang tertanam pada lekukan melingkar di selnya. Secara morfologi, Dinoflagelata menunjukkan variasi bentuk dan ukuran, namun memiliki ciri khas seperti pigmen cokelat dan cadangan makanan dalam bentuk zat tepung. Selulosa pada dinding selnya membentuk lempengan yang tersusun teratur, yang sering digunakan untuk mengidentifikasi genus dan spesies Dinoflagelata (Prescott, 1951; Sulastri, 2018).

Dinoflagellata, selain Kelas Diatom, merupakan fitoplankton umum di perairan laut, memiliki klorofil-a dan klorofil-c, serta pigmen-pigmen seperti α -karoten, *xantofil*, *peridinin*, dan lainnya. Sekitar 50% spesies Dinoflagellata tidak memiliki kloroplas, meskipun sebagian besar merupakan plankton bersel tunggal. Beberapa spesies membentuk rantai panjang atau *pseudo-koloni*, dengan inti sel besar dan kloroplas kecil. Dinoflagellata terdiri dari sekitar 1.000–1.500 spesies, yang umumnya menghuni perairan laut, estuari, serta mendominasi perairan tropis dan subtropis (Padang, 2023).

7.4.2 Struktur Morfologi dan Reproduksi Dinoflagellata

Sel Dinoflagellata terdiri dari dua katup, *epicone* (katup atas) dan *hypocone* (katup bawah), yang dibentuk oleh selulosa. Dinoflagellata bergerak menggunakan flagela yang berbentuk seperti bulu campuk: satu *flagela transversal* yang membagi sel menjadi dua bagian, dan satu *flagela longitudinal* sebagai alat gerak. Berdasarkan lokasi flagela, Dinoflagellata terbagi menjadi *Desmodontae* (flagela pada ujung anterior) dan *Dinokontae*

(flagela pada posisi melintang dan membujur) (Gambar 7.7) (Padang, 2023).



Gambar 7.7. Morfologi Dinoflagellata
(Sumber: Gagat et al., 2014; Padang, 2023)

Diameter selnya berkisar antara 25-500 μm . Pertumbuhannya umumnya lebih lambat dibandingkan kelompok alga lain dalam kondisi nutrisi rendah. Dinoflagellata menyukai lingkungan laut dengan turbulensi rendah dan nutrisi tinggi. Dinding sel Dinoflagellata dibentuk oleh selulosa dapat berupa *armored* ber-*theca* (terbuat dari lempengan selulosa) dan *unarmored* tidak ber-*theca* (tanpa lempengan selulosa). Contoh ber-*theca* adalah *Ceratium*, *Gonyaulax*, dan *Peridinium*, sedangkan contoh tidak ber-*theca* adalah *Amphidinium*, *Gymnodinium*, dan *Gyrodinium* (Padang, 2023).

Dinoflagellata dapat bereproduksi secara seksual dan asexual, dengan laju pembelahan sel yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Reproduksi asexual pada

Dinoflagellata terjadi melalui pembelahan sel dan pembentukan zoospora, sementara reproduksi seksual berlangsung melalui isogami, yang umumnya bersifat haploidbiontik dengan meiosis zigotik (Sulastri, 2018). Dinoflagellata juga memiliki fase istirahat yang disebut kista (*cyst*), mirip dengan fase *auxospora* pada Diatom, yang memungkinkan mereka bertahan di kondisi lingkungan buruk. Kista dapat berbentuk bundar, lonjong, atau peridinoid dengan atau tanpa duri, berukuran 20-80 mm (Padang, 2023).

7.4.3 Peran Ekologis Dinoflagellata

Menurut Padang (2023), Dinoflagellata merupakan kelompok plankton yang memiliki peran penting di ekosistem perairan karena memiliki berbagai manfaat seperti:

1. Berfungsi sebagai produsen primer dalam rantai makanan akuatik, menyediakan sumber nutrisi bagi organisme sekunder, pada lambung teripang.
2. Berkontribusi pada fenomena blooming plankton yang dikenal sebagai "red tide" atau pasang merah, yang dapat berdampak signifikan pada ekosistem laut.
3. Bersimbiosis dengan karang sebagai *zooxanthellae*, yang penting bagi kesehatan dan pertumbuhan terumbu karang.

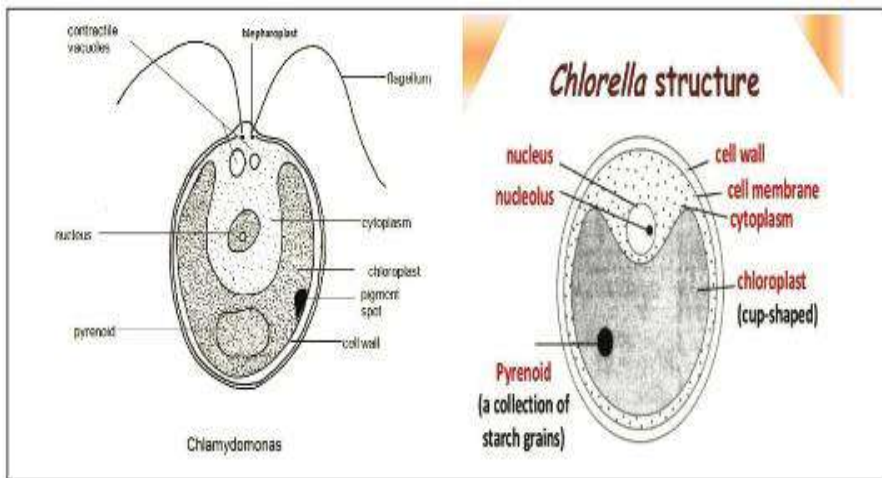
7.5 Chlorophyta

7.5.1 Karakteristik Chlorophyta

Chlorophyta (sering juga disebut alga hijau), termasuk dalam kelas *Chlorophyceae* dan menunjukkan keragaman morfologi serta sifat hidup yang luas. Jenis-jenis alga hijau ini bervariasi mulai dari sel tunggal sederhana yang tidak bergerak hingga koloni terstruktur dan filamen atau rantai sel yang memanjang, dengan ukuran ultraplankton dan nanoplakton. Kelas ini memiliki dua flagela yang sama panjang (Sulastri, 2018; Padang, 2023).

Nukleus pada sel *Chlorophyta* terlihat meskipun terkadang kecil. Sel-sel ini mengandung kloroplas dengan dominasi klorofil. Organel penyimpan pati, disebut *pyrenoid*, juga terdapat di dalamnya. Pigmen terdiri dari klorofil a dan b,

beberapa karoten, xantofil kuning, dan karotenoid merah. Dinding selnya terdiri dari selulosa bagian dalam dan pektosa bagian luar. *Chlorophyta* sebagian besar hidup di air tawar tetapi juga ditemukan di perairan pesisir dan laut, dengan distribusi kosmopolit terutama di area dengan cukup cahaya matahari seperti kolam, danau, dan sungai. Mereka juga ditemukan di lingkungan semi akuatik seperti batuan dan tanah lembab (Apriadi, 2021).



Gambar 7.8. Morfologi Chlorophyta
(Sumber: IB Biology topic, 2020; Padang, 2023)

7.5.2 Sifat Hidup Chlorophyta

Chlorophyta dapat hidup sebagai sesil, epifitik, komensal, atau simbiosis, serta dapat melayang atau berenang menggunakan flagela yang muncul di ujung sel. Chlorophyta dapat ditemukan dalam bentuk soliter (berflagela atau tidak) dan koloni (berflagela atau tidak, filamen atau non-filamen, dengan atau tanpa selaput). Contohnya termasuk beberapa fitoplankton seperti berikut (Apriadi, 2021):

1. Sel berenang: *Chlamydomonas* sp.
2. Koloni berenang: *Eudorina* sp.
3. Uniseluler non-motil: *Ankistrodesmus* sp.
4. Koloni non-motil: *Scenedesmus*, *Botryococcus* sp.

5. Filamen non-motil: *Mougeotia* sp.
6. Desmid: sel tunggal seperti *Closterium* dan filamen seperti *Desmidium*.

7.5.3 Reproduksi Chlorophyta

Chlorophyta bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual melibatkan fragmentasi, pembelahan sel, dan pembentukan spora. Spora yang dihasilkan bisa berupa *aplanospora* (tidak dapat bergerak) seperti pada *Chlamydomonas*, atau *planospora* (dapat bergerak). Reproduksi seksual terjadi melalui *isogami* (gamet dengan bentuk dan ukuran sama) seperti pada *Gonium* dan *Ulva*; *anisogami* (gamet dengan bentuk dan ukuran berbeda) seperti pada *Codium* dan *Bryopsis*; serta *oogami* (gamet jantan aktif) seperti pada *Volvox* dan *Oedogonium* (Padang, 2023).

7.5.4 Peran Chlorophyta

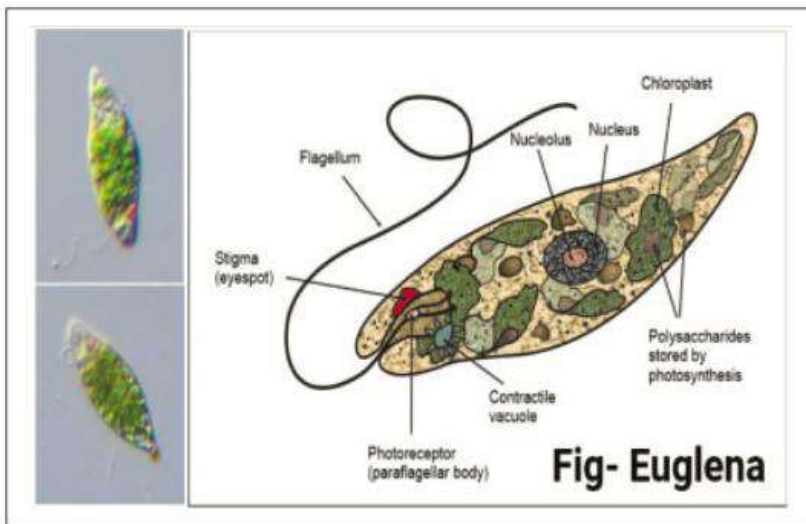
Chlorophyta berperan penting sebagai produsen primer di perairan darat seperti danau, sungai, dan kolam. Mereka juga berfungsi sebagai bahan pangan, misalnya *Chlorella* yang kaya vitamin E dan protein, serta *Volvox* yang digunakan sebagai sayuran dan pakan alami untuk hewan laut seperti ikan kerapu. Organisme seperti *Chlorella*, *Dunaliella*, dan *Tetraselmis* juga dimanfaatkan dalam budidaya perikanan di Balai Perikanan Budidaya Laut Ambon (Padang, 2023).

7.6 Euglenophyta

7.6.1 Karakteristik Euglenophyta

Euglenophyta, termasuk fitoplankton, adalah organisme uniselular berflagela dan berfotosintesis, umumnya dikenal sebagai *Euglena*, berasal dari bahasa Yunani yang berarti "mata bulat" (Rosowski, 2003; Sulastri, 2018). Kloroplasnya bervariasi dari sedikit hingga banyak, mengandung pigmen *chlorophyll a* dan *b*, β -carotene, *xanthophyll*, dan karotenoid merah (*haematochrome*). *Pyrenoid* terdapat di dalam atau pada kloroplas, atau bebas di dalam sel. Memperoleh makanan dengan cara saprofit yang menggunakan bahan organik sebagai

makananya (paramylum dan lemak). Euglenophyta merupakan sel soliter dengan bentuk tubuh yang beragam. Beberapa jenis memiliki cekungan dan bintik mata di ujung anterior. Euglenophyta bersifat mobile dan bergerak menggunakan 1, 2, atau 3 flagela dengan bentuk *fusiform*/silinder, sehingga sering digolongkan sebagai zooplankton. Distribusi Euglenophyta pada perairan tawar dan estuari, khususnya pada daerah tercemar (Sulastris, 2018; Apriadi, 2021; Padang, 2023).



Gambar 7.9. Morfologi Euglenophyceae
(Sumber: Neupane, 2022; Padang, 2023)

7.6.2 Reproduksi dan Peran Euglenophyta

Reproduksi vegetatif dilakukan melalui pembelahan sel longitudinal dan pembentukan kista diikuti perbanyakan sel. Plankton ini dapat digunakan sebagai bio-indikator pencemaran (pH 1,6) (Apriadi, 2021; Padang, 2023).

7.7 Chrysophyta

Chrysophyta menunjukkan variasi morfologi yang luas, namun memiliki ciri khas berupa pigmen kuning kehijauan atau kecokelatan yang didominasi karotenoid. Cadangan makanan utama mereka adalah minyak, bukan zat tepung, dan mereka

memiliki dinding sel ganda. Morfologi sel mencakup sel tunggal, koloni, filamen bercabang, serta sel tidak bergerak, berakar, atau bergerak dengan flagela. Kelas yang termasuk dalam Chrysophyta adalah Xantophyceae dan Chrysophyceae (Prescott, 1951; Sulastri, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi, T., Muzammil, W., Melani, W. R., & Zulfikar, A. (2021). Buku Ajar Plantonologi. Tanjungpinang: UMRAH Press.
- Asriyana & Yuliana. (2012). *Produktivitas Perairan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2010). *Freshwater algae: Identification and use as bioindicator*. New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Bold, H. C., & Wynne, M. J. (1985). *Introduction to the algae: Structure and reproduction*. Prentice-Hall.
- Carty. (2003). *Dinoflagellata*. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 685–710. California: Academic Press.
- Huliselan, N. V., Pello, E. S., & Lewerissa, Y. A. (2006). *Planktonologi (Buku Ajar)*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Pattimura.
- IB Biology Topic 1:1.1–1.5. (2020). Ankiweb. <https://ankiweb.net/shared/info/846592312>
- John, D. M. (2003). *Felamentous and plantlike Green Algae*. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 311–349. California: Academic Press.
- Lalli, C. M., & Parsons, T. R. (1977). *Biological oceanography: An introduction (Second Edition)*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Neupane, L. (2022). *Euglena viridis: An overview*. *The Biology Notes*. <https://thebiologynotes.com/euglena-viridis/>
- Nontji, A. (2008). *Plankton Laut*. LIPI Press.
- Padang, A. (2014). *Kepadatan dan keanekaragaman diatom bentik pada sedimen di perairan intertidal Desa Tulehu*. *Jurnal NERITIC*, 5(1), 25–31.
- Padang, A., Lukman, E., Sangadji, M., & Subiyanto, R. (2016). *Pemeliharaan teripang pasir (Holothuria scabra) di kurungan tancap*. *Jurnal AGRIKAN*, 9(2), 9–16.
- Padang, A. (2023). *Planktonologi*. Jakarta: Penerbit BRIN.

- Pratiwi NTM, Krisanti M, Ayu IP, Nursiyamah S, Apriadi T, Iswantari A, Zulmi R. 2015. *Mengenal Mikroalgae Berfilamen*. Bogor: IPB Press. 68 hal.
- Prescott, G.W. (1951). *Algae of the Western Great Lakes area*. Iowa: W. C. Brown Co.
- Rosowski, J. (2003). *Photosynthetic Euglenoids*. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 383–519. California: Academic Press.
- Round, F. E., & Crawford, R. M. (1984). *The lines of evolution of the Bacillariophyta II. The centric series*. Proceedings of the Royal Society of London B, 221(1223), 169–188.
- Sulastri. (2018). *Fitoplankton danau-danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan perannya sebagai bioindikator perairan* (Cetakan pertama). Jakarta: LIPI Press.
- Supriya, N. (2022). *Cyanobacteria. Biology Reader*. <https://biologyreader.com/cyanobacteria.html>

BAB 8

KEANEKARAGAMAN HAYATI

ZOOPLANKTON

Oleh Fauzia Nur

8.1 Pendahuluan

Zooplankton merupakan bagian dari organisme laut yang berperan pada rantai makanan dan jejaring kehidupan perairan, zooplankton juga memiliki fungsi sebagai penghubung produsen utama yaitu fitoplankton dengan sebutan konsumen tingkat tertinggi pada perairan. Suatu perairan dapat disimpulkan subur jika zooplankton berlimpah di daerah tersebut di perairan, zooplankton berfungsi sebagai penyedia energi (Paramudhita *et al.*, 2018).

Penyebaran zooplankton dapat dipengaruhi oleh kondisi biologis, fisik dan kimia perairan yang mobilitasnya terbatas. Keberadaan zooplankton menunjukkan ukuran kualitas perairan. Dalam rangkaian rantai makanan jumlah organisme zooplankton sangat berpengaruh untuk kelangsungan hidup organisme lainnya (Nybakken dan Eidman, 1992). Menurut Tambaru *et al.*, (2014) bahwa produsen primer berupa fitoplankton yang membutuhkan sinar matahari sebagai sumber energi akan dikonsumsi oleh konsumen primer dalam kelangsungan hidup zooplankton.

Zooplankton melakukan seleksifitas makanan untuk mengatur komposisi komunitas fitoplankton juga berperan sebagai pengontrol kelimpahan fitoplankton (Aziz *et al.*, 2006). Indikator kesuburan perairan dapat dilakukan dengan banyaknya zooplankton yang ditemukan dikarenakan fungsinya sebagai agen transfer energi dari fitoplankton atau produsen primer (Ruga *et al.*, 2014).

Kisaran ukuran dari zooplankton biasanya berada diantara 0,2 dan 2 mm. Organisme yang berukuran kecil termasuk di dalamnya protozoa kecil dan metazoan besar, bahkan yang lebih

besar seperti ubur-ubur yang dapat dilihat dengan mata telanjang (Nontji, 2008).

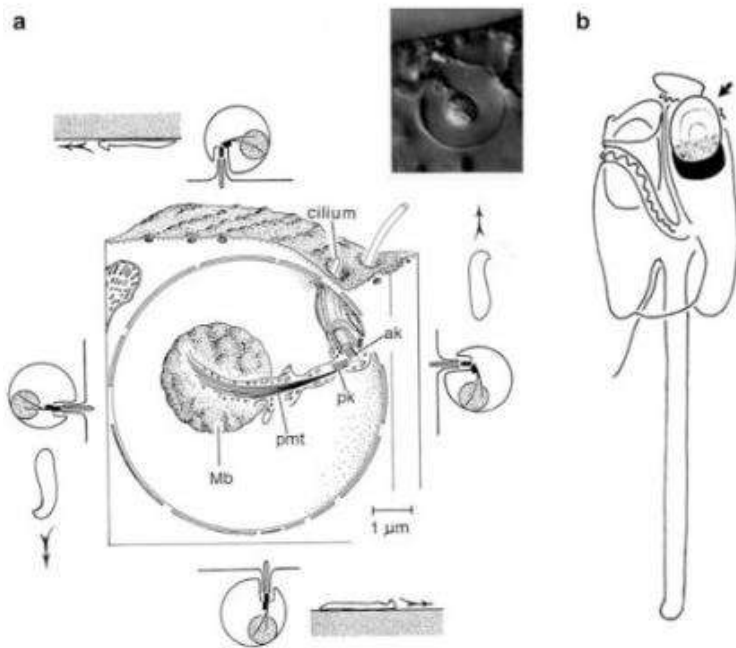
8.2 Protozoa

Protozoa berasal dari 2 kata yaitu protos yang berarti pertama dan zoon yang artinya binatang. Dapat disimpulkan bahwa protozoa memiliki arti binatang pada tingkatan rendah yang bersel satu sehingga dikategorikan mikroorganisme dan untuk melihatnya menggunakan mikroskop. Ribuan spesies telah teridentifikasi hidup dengan bebas dan sebagian menjadi parasit pada hewan lainnya terutama pada hewan tingkat tinggi. Keberadaan protozoa pada suatu perairan jumlahnya bisa jutaan bahkan milyaran (Fenchel, 2013). Arcella adalah satu-satu jenis filum protozoa yang sangat adaptif yang termasuk dalam zooplankton (Sutaji, 2011).

Pada ekosistem perairan, protozoa merupakan konsumen tingkat pertama berperan penting mengarahkan energi mulai dari produsen primer menuju tropik yang lebih tinggi misal atau udang, sedangkan Protista menyerupai jamur sebagian besar berukuran mikroskopis dan hidup di batang pohon, kayu busuk, tempat basah dan lain-lain, beberapa diantaranya bersifat parasit (Hariyani *et al*, 2017).

Beberapa ciri morfologi dan struktur protozoa (Pratomo, 2017) antara lain:

1. Hidup secara koloni dan sendiri dengan tubuh yang semetris bersifat bilateral simetris, nonsimetris atau radial.
2. Berinti jelas, berjumlah satu atau lebih, tidak memiliki jaringan tetapi memiliki struktur organelorganel.
3. Beberapa bentuk spesiesnya bervariasi sesuai umur dan lingkungan yang berubah. Biasanya berbentuk tetap, panjang, oval ataupun bulat.
4. Beberapa spesies membuat sita yang tahan pada cuaca atau spora menyebar; sebagian dari spesiesnya berstruktur cangkang.
5. Organisme uniseluler memiliki silium, pseudopodium atau bergerak menggunakan selnya, terdapat alat gerak yang lengkap berupa flagellum.



Gambar 8.1. Struktur kompleks pada protozoa
(Sumber : Esteban dan Fenchel, 2021)

Habitat protozoa dapat hidup dimanapun hewan dapat hidup dan biasanya memerlukan lingkungan yang basah. Beberapa tempat dapat ditemukan dalam air baik itu air asin maupun air tawar, tanah yang mengandung air sampai kedalaman 20 cm, hewan pada tingkat tinggi yang memiliki cairan pada tubuhnya termasuk dalam tubuh manusia. Setiap spesies memiliki peran masing-masing dalam siklus energi. Sebagian dari protozoa yang berflagella mengandung klorofil memfiksasi energi dari matahari dan dapat menjadi cadangan makanan. Sebagian besar protozoa mendapatkan bahana makanan yang berasal dari makhluk lain, baik sebagai konsumen primer atau konsumen sekunder pada hewan herbivor atau karnivor. Misalnya *Phytomastigophora* berasal dari protozoa yang hidup bebas dalam air (Esteban *et al.*, 2015).

Suhandono *et al.*, (2015) menyatakan bahwa protozoa sebagian besar berkembangbiak secara aseksual atau vegetative dan

seksual atau generative. Adapun cara perkembangbiakannya sebagai berikut:

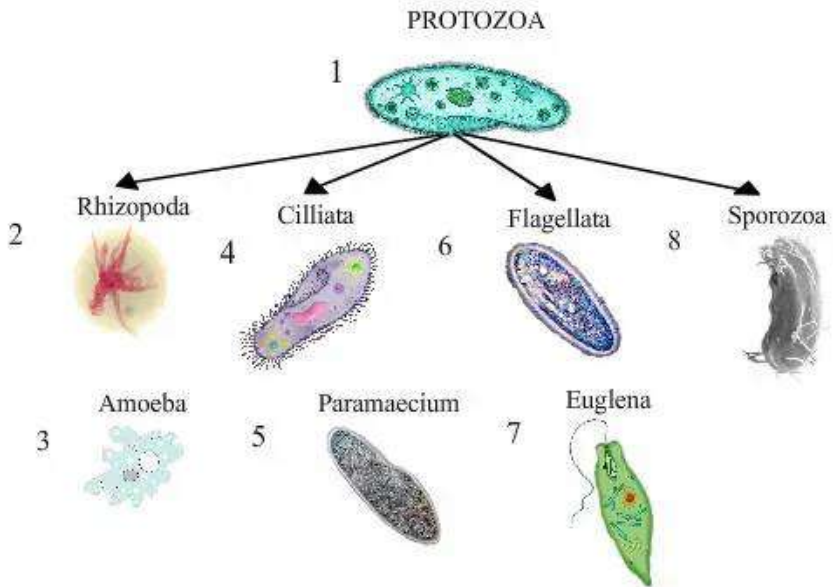
Perkembangbiakan secara aseksual (vegetatif) dengan cara :

1. Pembentukan spora: pada kelas Sporozoa (Apicomplexa) perkembangbiakannya secara aseksual dengan pembentukan spora dalam tubuh nyamuk *Anopheles* melalui proses sporulasi.
2. Pembelahan mitosis (biner): diawali dengan pembelahan inti kemudian sitoplasma sehingga menghasilkan dua sel baru. Seperti *Amoeba* yang melakukan pembelahan biner berupa *Euglena* dan *Paramecium*. *Euglena* melakukan pembelahan secara membujur atau memanjang (longitudinal) begitu pula pada *Paramecium* tetapi sebelumnya melakukan konjugasi.

Perkembangbiakan secara seksual (generatif) menghasilkan spora yang disebut sporozoid, dengan cara:

1. Konjugasi yaitu inti sel melebur pada organisme yang belum diketahui alat kelaminnya. Mikronukleus yang ditukar akan melebur dengan makronukleus di *Paramecium* yang dikenal dengan proses singami.
2. Gamet Sporozoa (Apicomplexa) melakukan peleburan menghasilkan gamet jantan dan betina dalam tubuh nyamuk.

Ukuran protozoa antara 3 mikron dan 100 mikron disebut dengan mikroorganisme. Hidup di tempat yang memiliki kandungan air dan ketika kering akan membentuk kristal dengan selnya beraktivitas sendiri. Inti sel, butir sel atau nucleus, mitokondria, vakuola melakukan aktivitas hidupnya sendiri dalam sel. Dari filum protozoa berdasarkan alat geraknya terdapat empat kelas yaitu rhizopoda, flagellate, ciliata dan sporozoon. Keberadaan protozoa ini mudah ditemukan dianggap kosmopolit (Hadioetomo, 1993).

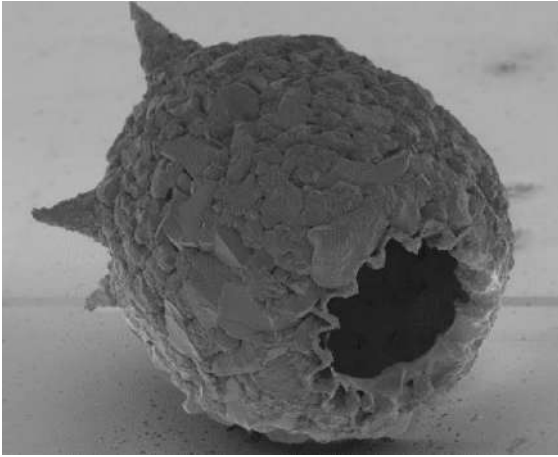


Gambar 8.2. Kelompok protozoa
(Sumber : Putri, 2011)

8.2.1 Rhizopoda

Rhizopoda merupakan jenis protozoa yang alat geraknya menggunakan kaki semu dari semua jenisnya. Kebanyakan rhizopoda memiliki ciri-ciri (Anderson, 2011) sebagai berikut.

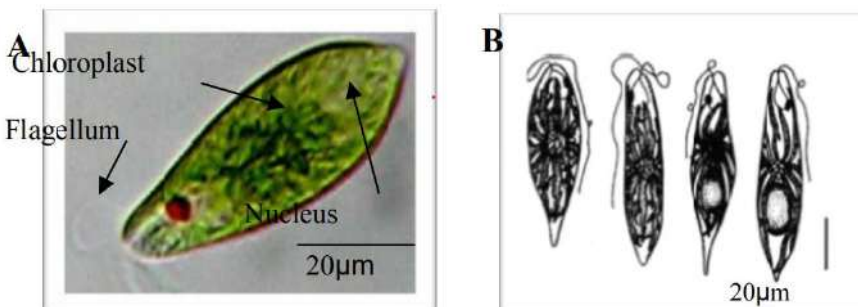
1. Pergerakannya dengan kaki semu
2. Hidup dengan cara berparasit pada hewan atau manusia, dapat pula hidup di air tawar, laut, tanah basah.
3. Tubuh berbentuk tidak tetap. Contoh dari protozoa yang bentuknya tidak tetap adalah Amoeba. Parasite amoeba yang hidup dalam tubuh manusia disebut entamoeba yang menyebabkan penyakit disentri pada manusia sedangkan yang hidup di luar tubuh manusia disebut ekamoeba
4. Makanannya bersumber dari diatom, bakteri ciliate dan flagellate.



Gambar 8.3. Contoh spesies rhizopoda (*Diffugia corona*)
(Sumber: Hansell, 2011)

8.2.2 Flagellata

Flagellata merupakan prototir yang menyerupai hewan atau protozoa yang pergerakannya menggunakan satu atau lebih flagella yang bentuknya seperti cambuk yang berada di bagian anterior tubuhnya. Flagella selain sebagai alat gerak juga digunakan untuk memantau keadaan sekitarnya. Berdasarkan bentuknya Flagellata terbagi atas 2 (dua) kelompok yaitu fitoflagelata yang berbentuk seperti tumbuhan mengandung klorofil seperti *Euglena* dan zooflagellate yang berbentuk seperti hewan tidak mengandung klorofil memiliki sifat heterotrof (Ismail, 2019).



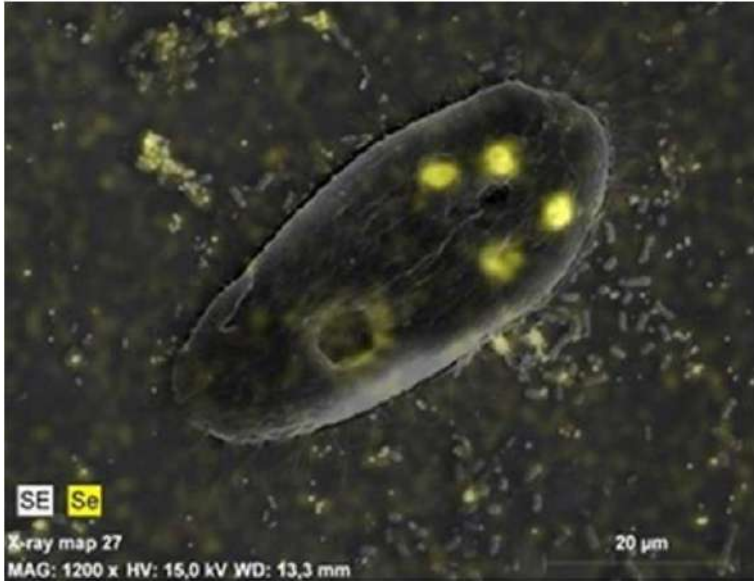
Gambar 8.4. *Euglena viridis* (A), Sketsa sel *Euglena viridis* (B)
(Sumber: Al-Ashra *et al.*, 2014)

8.2.3 Ciliata

Ciliata merupakan protozoa yang alat geraknya berupa silia yang berfungsi dalam mencari makan. Ciri-ciri dari organisme ciliate yaitu selnya tunggal (uniseluler) dan berbentuk yang tetap atau tidak berubah. Beberapa jenis ciliata memiliki silia yang berderet di seluruh tubuhnya dan ada pula yang berkelompok. Ada 2 (dua) jenis inti sel pada ciliata yakni makronukleus yang berukuran besar berfungsi pada proses reproduksi aseksual (vegetatif), sedangkan mikronukleus yang berukuran kecil berfungsi dalam proses reproduksi seksual melalui konjugasi.

Dalam hidupnya ciliata berada di daerah yang berair. Pengambilan makanannya dengan cara menyapu aliran air yang mengandung partikel yang dimanfaatkan sebagai makanan ke dalam organel yang berbentuk seperti mulut dan kerongkongan. Sedangkan barisan silia di semua celah mulut berbentuk corong berguna untuk mengangkut makanan ke mulut sel. Selanjutnya, terjadi proses fagositosis sehingga makanan dapat ditelan. Ciliate adalah organisme yang dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya sendiri sehingga disebut organisme eukariotik. Sebagian orang berpendapat bahwa ciliate mampu menyerap logam berat dari sampah (Hidayat, 2016).

Kelimpahan jenis ciliata diduga karena kemampuannya dalam bertahan hidup di lingkungan yang tidak terkontrol dan bisa mengonsumsi bahan organik ataupun detritus dan reproduksinya lebih singkat waktunya daripada spesies lainnya (Warindra *et al.*, 2020). Contoh spesies Ciliatata seperti pada gambar berikut:

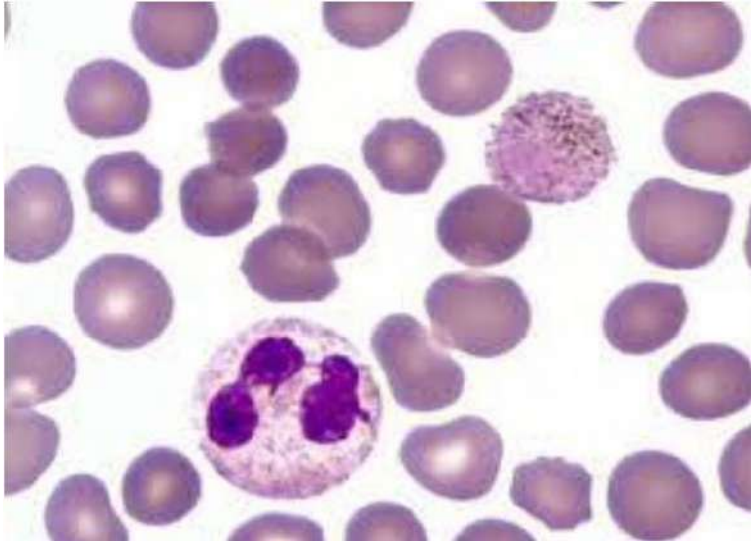


Gambar 8.5. *Paramecium caudatum*
(Sumber: Mayne *et al.*, 2018)

8.2.4 Sporozoa

Sporozoa dengan nama lain spore biji atau zoa hewan yang merupakan kelompok Protista uniseluler yang berbentuk spora pada tahapan siklus hidupnya dan tidak memiliki alat gerak. Semua jenis sporozoa hidup berparasit pada manusia atau hewan. Berkembangbiak secara seksual dan aseksual. Plasmodium adalah contoh sporozoon yang membuat penyakit malaria terjadi (Ismail, 2019)

Sporozoa tubuhnya berbentuk bulat atau bulat memanjang dan berukuran bebrpa mikron, akan tetapi untuk inangnya bisa mencapai 10 mm. Reproduksi sporozoon ada 2 (dua) jenis yaitu secara aseksual dengan pembelahan diri (skizogoni) dan pembentukan spora (sporogoni). Dan secara seksual dengan melalui pertemuan antara gamet jantan dan betina di tubuh nyamuk (Tijanuddarori dan Bahtiar, 2021).



Gambar 8.6. *Plasmodium vivax*
(Sumber: Nurma, 2021)

8.3 Metazoa

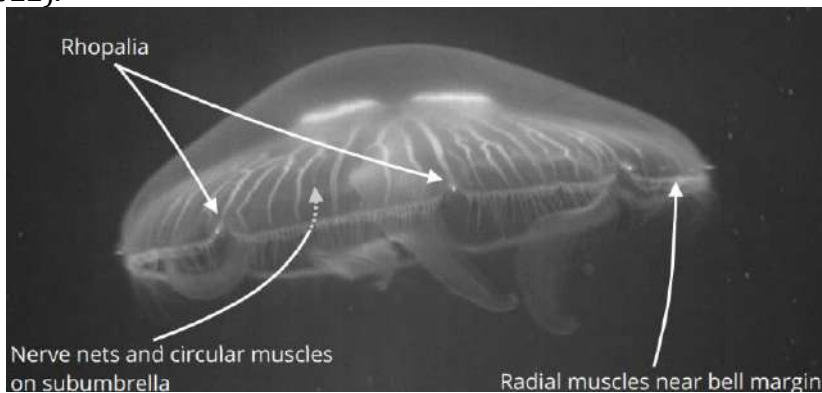
Metazoa merupakan bagian dari zooplankton yang termasuk di dalamnya Cnidaria contohnya ubur-ubur, Crustacea contohnya Copepoda dan Krill, dan Molusca. Metazoan melakukan reproduksi secara seksual (Darwel, 2022).

Metazoa apabila menyerang akan mengakibatkan ikan melemah dan tidak nafsu makan, pertumbuhannya melambat, tingkah laku dan berenang dengan tidak normal yang disertai lendir yang diproduksi secara berlebihan, insang memucat dan membengkak, menyebabkan peradangan kulit sehingga ikan menggosokkan tubuhnya dengan benda sekitarnya, dan jika parasite infeksiya berat maka dapat dilihat pada permukaan kulit ikan (Rahmaningsih, 2018).

8.3.1 Cnidaria

Filum Cnidaria memiliki sel yang dapat menyengat yang berada di jaringan ektodermis tubuh karang yang disebut dengan cnidae. Sel-selnya dapat melepaskan benang dan tangkai beracun dari kapsul dan apabila keluar dari tubuh karang akan (Hidaka dan Hidaka, 2000; Yue *et al.*, 2020).

Morfologi cnidaria terdiri dari 2 (dua) jenis: pertama, hydroid atau jenis polip untuk habitat yang permanen dan kedua, medusa atau ubur-ubur untuk habitat bebas (Devi, 2018). *Aurelia aurita* (ubur-ubur) termasuk ke dalam filum Cnidaria karena memiliki tubuh yang berongga dan knidosit. Ciri khas cnidaria salah satunya adalah knidosit yang menggunakan selnya untuk menangkap dan mempertahankan mangsa. Cnidaria hidup biasanya di air laut dan ada juga beberapa spesies hidup di air tawar (Rachmawati *et al.*, 2022).



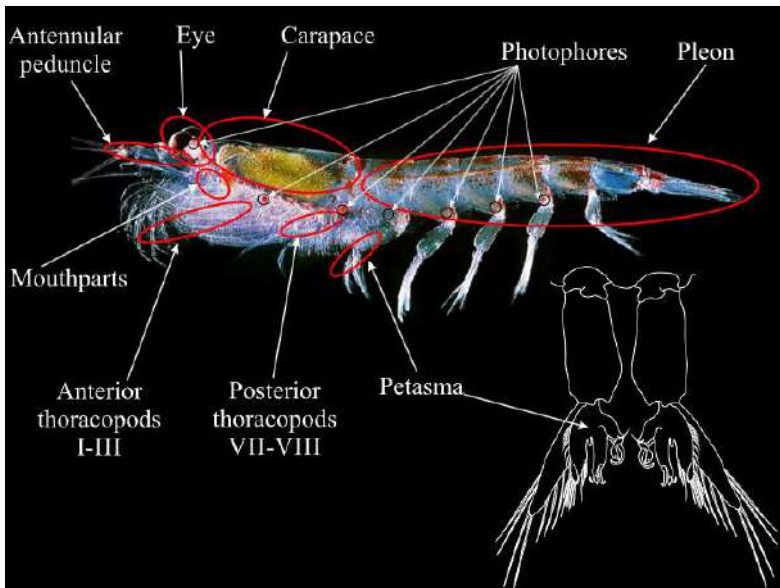
Gambar 8.7. *Aurelia aurita*
(Sumber: Pallasdies *et al.*, 2019)

8.3.2 Crustacea

Crustacea adalah binatang yang tidak bertulang belakang yang hamir mirip dengan insekta, kaki seribu dan laba-laba. Tubuhnya beruas atau bersendi-sendi dengan adanya otot yang menghubungkan sendi sehingga mudah bergerak. Crustacea memiliki berbagai macam sifat seperti hidup bersama hewan lain contohnya ikan atau karang batu. Ada pula yang hidup planktonic, mengubur diri, perenang dan di dasar air. Kebanyakan dari jenis crustacea hidup di laut dan menetap di dasar atau bentik (bergerak). Jenis perenang yang selalu berhubungan dengan dasar laut seperti rajungan. Sedangkan jenis perenang yang sebenarnya adalah kelompok udang-udangan (Pratiwi, 2013). Zooplankton predator yang berukuran lebih besar, seperti Chaetognatha dan larva ikan, biasanya memakan Copepoda. (Rachman dan Fitriya, 2012).

Copepoda berfungsi sebagai umpan, copepoda cyclopoid termasuk omnivore, herbivora atau karnivora dikarenakan pada bagian mulutnya termodifikasi dalam hal mengunyah dan merumput, akan tetapi tidak memiliki seta untuk menyaring makanan (Susilowati *et al.*, 2001).

Krill salah satu crustacea yang mirip dengan udang dan dapat ditemukan dimanapun di samudera. Krill dimangsa oleh banyak binatang termasuk paus, cumi-cumi dan burung. Apabila ditemukan bisa mencapai 10.000 krill per meter kubiknya dalam jumlah besar (Everson, 2000). Krill termasuk filum Arthropoda dengan kelas crustacea yang memiliki lebih dari 90 jenis spesies tersebar di seluruh lautan dunia (Boden *et al.*, 1955).



Gambar 8.8. Krill (Crustacea: *Euphausiacea*)
(Sumber: Vereshchaka *et al.*, 2019)

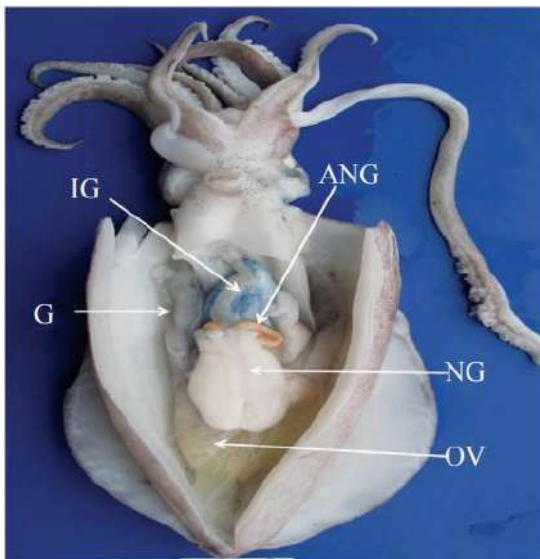
8.3.3 Moluska

Moluska berperan dalam memainkan siklus rantai makanan di perairan dan juga hampir tersebar di seluruh dunia. Biasanya moluska membenamkan dirinya di dasar perairan, juga menempel di daun lamun, karang mati dan batang pohon mangrove. (Cappenberg, 2006). Dari fungsi ekologis moluska berperan dalam

proses dekomposisi serasah dan mineralisasi bahan organik (Joetidawati, 2018) karena hidup menempel pada akar dan bahan dasar ekosistem mangrove (Susiana, 2011). Selain itu, dapat pula digunakan dalam bahan makanan, kerajinan atau industry dari beberapa jenisnya (Abdullah *et al.*, 2021).

Moluska dapat hidup diperairan laut dan tawar. Gastropoda termasuk filum moluska yang berjumlah banyak. Aktivitas Gastropoda dipengaruhi oleh kondisi pasang surut air laut dan ketersediaan makanannya. Hidup di daerah pasang surut sampai dengan kedalaman 6 (enam) meter dengan dasar yang berlumpur pasir ditumbuhi banyak alga

Moluska hidup di perairan laut dan tawar. Gastropoda adalah filum Moluska dengan anggota terbanyak. Kondisi pasang surut air laut dan ketersediaan makanan sangat memengaruhi kecenderungan (Gea *et al.*, 2019). Salah satu contoh spesies dari filum Moluska adalah *Sepioteuthis lessoniana*.



Sepioteuthis lessoniana -Viscera (IG – Ink gland; ANG : Accessory nidamental Gland; NG: Nidamental Gland; G : Gill; OV : Ovary)

Gambar 8.9. *Sepioteuthis lessoniana*
(Sumber: Venkatesan *et al.*, 2014)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aziz, N., Gharib, S. dan Dorgham, M. (2006) "The interaction between phytoplankton and zooplankton in a Lake-Sea connection, Alexandria, Egypt," *International Journal of Oceans and Oceanography*, 1.
- Abdullah, A., Hidayat, T. dan Seulalae, A.V. (2021) *Moluska: Karakteristik, Potensi dan Pemanfaatan Sebagai Bahan Baku Industri Pangan dan Non Pangan*. Syiah Kuala University Press.
- Al-Ashra, M., Abiad, M. dan Allahem, A. (2014) "Morphological and molecular taxonomical study of *Euglena viridis* Ehren and *Euglena gracilis* klebs growing in Aleppo, Syria," *J. King Abdulaziz Univ.*, 262, hal. 3–18.
- Anderson, O. (2011) "Rhizopoda," in. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0001986.pub2>.
- Boden, B.P., Johnson, M.W. dan Brinton, E. (1955) "The Euphausiacea (Crustacea) of the North Pacific Publication Date," *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, 6(8), hal. 287–400.
- Cappenberg, H.A.W. (2006) "Pengamatan Komunitas Moluska di Perairan Kepulauan Derawan Kalimantan Timur," *Oseonologi dan Limnologi di Indonesia*, 39, hal. 75–87.
- Darwel, O. (2022) "BAB III AGENT," *EPIDEMIOLOGI EPIDEMIOLOGI LINGKUNGAN LINGKUNGAN*, hal. 25.
- DEVI, M.P. (2018) "Potensi Ekstrak Etanol Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) sebagai INhibitor MMP-2 dan MMP-9 Akibat Toksin Ubur-Ubur (*Physalia utriculus*) dengan Metode Zimografi."
- Esteban, G.F. dan Fenchel, T.M. (2021) "Ecology of Protozoa: The Biology of Free-living Phagotrophic Protists," *Ecology of Protozoa: The Biology of Free-living Phagotrophic Protists*, hal. 1–186. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-59979-9>.
- Esteban, G.F., Finlay, B.J. dan Warren, A. (2015) "Chapter 7 - Free-Living Protozoa," in J.H. Thorp dan D.C. Rogers (ed.) *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates (Fourth Edition)*.

- Fourth Edi. Boston: Academic Press, hal. 113–132. Tersedia pada: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385026-3.00007-3>.
- Everson, I. (2000) "Introducing Krill," in *Krill*, hal. 1–7. Tersedia pada: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9780470999493.ch1>.
- Fenchel, T. (2013) *Ecology of Protozoa: The biology of free-living phagotrophic protists*. Springer-Verlag.
- Gea, B.P. *et al.* (2019) "Struktur komunitas moluska dan kualitas perairan di kawasan hutan dengan tujuan khusus carita, pandeglang, banten," *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 7(1), hal. 21–28.
- Hadioetomo, R.S. (1993) *Mikrobiologi dasar dalam praktek: teknik dan prosedur dasar laboratorium*. PT Gramedia. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=RSnSnQEACAAJ>.
- Hansell, M. (2011) "Houses made by protists," *Current Biology*, 21(13), hal. R485–R487.
- Hariyani, D., Slamet, A. dan Santri, J. (2017) "Jurnal pembelajaran biologi, volume 5, nomor 2, november 2017," 5(November).
- Hidaka, K. dan Hidaka, M. (2000) "Developmental changes in cnida composition of the coral *Pocillopora damicornis*," *Journal of the Japanese Coral Reef Society*, 2000(2), hal. 23–28.
- Hidayat, N. (2016) *Bioproses Limbah Cair*. Penerbit Andi.
- Ismail, S. (2019) *Mikrobiologi-Parasitologi*. Deepublish. Tersedia pada: https://books.google.co.id/books?id=_2uNDwAAQBAJ.
- Joesidawati, M.I. (2018) "Mollusc Communitiess at Coastal Kemantren, Paciran, Lamongan," *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 6(1), hal. 57–65.
- Mayne, R., Whiting, J. dan Adamatzky, A. (2018) "Toxicity and applications of internalised magnetite nanoparticles within live *Paramecium caudatum* cells," *BioNanoScience*, 8(1), hal. 90–94.
- Neumann-Leitão, S. *et al.* (2008) "Diversity and distribution of the mesozooplankton in the tropical Southwestern Atlantic," *Journal of Plankton Research*, 30(7), hal. 795–805.

- NURMA, Y. (2021) "MODUL TAKSONOMI INVERTEBRATA." UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG.
- Nybakken, J.W. dan Eidman, H.M. (1992) *Biologi laut: suatu pendekatan ekologis*. PT Gramedia Pustaka Utama. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=4xZCngEACAAJ>.
- Pallasdies, F. *et al.* (2019) "From single neurons to behavior in the jellyfish *Aurelia aurita*," *Elife*, 8, hal. e50084.
- Paramudhita, W., Endrawati, H. dan Azizah, R. (2018) "Struktur Komunitas Zooplankton Di Perairan Desa Mangunharjo Kecamatan Tugu Semarang," *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), hal. 113. Tersedia pada: <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.20548>.
- Plankton laut - Anugerah Nontji - Google Buku* (2008). Tersedia pada: https://books.google.co.id/books?id=gtGYKtH8MowC&printsec=frontcover&dq=buku+nektan+pdf&hl=id&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwji8sb5r4KEAxU36zgGHXxTAAMQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q&f=false (Diakses: 3 Mei 2024).
- Pratiwi, R. (2013) "Bab III Manajemen Koleksi Crustacea," *MANAJEMEN KOLEKSI SPESIMEN BIOTA LAUT*, hal. 62.
- Pratomo, H. (2017) "Kingdom Protozoa dan Filum Porifera," *Book*, 1, hal. 1–38.
- Putri, G.I. (2011) "Identifikasi Morfologi Protozoa dan Alga dari Air Sungai dan Kolam," *PENUNTUN PRAKTIKUM BIOSISTEMATIKA MIKROBA BM-3106*, hal. 18.
- Rachman, A. dan Fitriya, N. (2012) "Potential roles of biotic factors in regulating zooplankton community dynamics in Jakarta Bay shallow water coastal ecosystem," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(1).
- Rachmawati, R.C. *et al.* (2022) "Identifikasi Keanekaragaman Invertebrata di Kawasan Pantai Tirang, Kota Semarang, Jawa Tengah," in *Seminar Nasional Sains & Entrepreneurship*.
- Rahmaningsih, S. (2018) *Hama & Penyakit Ikan*. Deepublish. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=BuRjDwAAQBAJ>.
- Ruga, L. *et al.* (2014) "Identifikasi Zooplankton di Perairan Pulau Bunaken Manado," *Jurnal MIPA*, 3(2), hal. 84–86.

- Suhandono, D.S. *et al.* (2015) *PENUNTUN PRAKTIKUM BIOSISTEMATIKA MIKROBA*. Tersedia pada: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3528.6166>.
- Susiana, S. (2011) "Diversitas dan Kerapatan Mangrove, Gastropoda dan Bivalvia di Estuari Perancak, Bali.[Skripsi]," *Universitas Hasanuddin. Makassar* [Preprint].
- SUSILOWATI, A.R.I., WIRYANTO, W. dan ROHIMAH, A. (2001) "Richness of Phytoplankton and Zooplankton in Water Streams at Jobolarangan Forest," *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 2(2).
- Sutaji, S. (2011) "Studi keanekaragaman zooplankton sebagai bioindikator kualitas perairan di Ranu Pani dan Ranu Regulo Taman Nasional Bromo Tengger Semeru." Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Tambaru, R., Muhiddin, A.H. dan Malida, H.S. (2014) "Analisis Perubahan kepadatan zooplankton berdasarkan kelimpahan fitoplankton pada berbagai waktu dan kedalaman di perairan Pulau Badi Kabupaten Pangkep," *Marina Chimica Acta*, 24(3).
- Tijanuddarori, M.W. dan Yuyun Bahtiar, M.P. (2021) *Biologi*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas KH. A. Wahab Hasbullah. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=rmp3EAAAQBAJ>.
- Uye, S.-I., Nagano, N. dan Shimazu, T. (2000) "Abundance, biomass, production and trophic roles of micro-and net-zooplankton in Ise Bay, central Japan, in winter," *Journal of oceanography*, 56, hal. 389–398.
- Venkatesan, V. *et al.* (2014) "Antibacterial activity in the extracts of accessory nidamental gland of the Palk Bay squid *Sepioteuthis lessoniana* (Lesson, 1830)(Cephalopoda: Decapoda)," *Indian Journal of Fisheries*, 61(4), hal. 146–148.
- Vereshchaka, A.L., Kulagin, D.N. dan Lunina, A.A. (2019) "A phylogenetic study of krill (Crustacea: Euphausiacea) reveals new taxa and co-evolution of morphological characters," *Cladistics*, 35(2), hal. 150–172.
- Warindra, M.T.A., Toruan, L.N.L. dan Sine, K.G. (2020) "PERBANDINGAN STRUKTUR KOMUNITAS ZOOPLANKTON

PADA SAAT PASANG DAN SURUT DI MUARA SUNGAI SELAM DAN POHON DURI OESAPA KUPANG," *Jurnal Bahari Papadak*, 1(1), hal. 1–9.

Yue, Y. *et al.* (2020) "Updated descriptions of the nematocysts of the scyphozoan jellyfish *Cyanea nozakii* Kishinouye, 1891 (Cnidaria, Scyphozoa)," *Toxicon*, 187, hal. 271–278.

BAB 9

PRODUKTIFITAS PRIMER FITOPLANKTON, INDEKS BIOLOGIS DAN BIOTA INDICATOR (INDEKS SAPROBITAS)

Oleh Era Insivitawati

9.1 Pengertian Produktivitas Primer Fitoplankton

Produktivitas primer fitoplankton adalah jumlah energi yang diproduksi oleh fitoplankton melalui proses fotosintesis. Fitoplankton merupakan organisme fotosintesis mikroskopis yang mengapung di perairan. Produktivitas primer fitoplankton menjadi sangat penting karena fitoplankton merupakan dasar rantai makanan di ekosistem akuatik.

Produktivitas primer fitoplankton merupakan proses di mana fitoplankton, yaitu mikroorganisme fotosintetik yang hidup di perairan, mengubah energi matahari menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis. Fitoplankton merupakan komponen penting dalam rantai makanan perairan karena mereka merupakan produsen utama, yaitu organisme yang mampu memproduksi makanan sendiri dari bahan-bahan anorganik. Produktivitas Primer Fitoplankton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Ketersediaan Cahaya

Cahaya adalah faktor utama yang mengatur produktivitas primer fitoplankton karena fotosintesis memerlukan energi cahaya. Ketersediaan cahaya yang cukup akan meningkatkan produksi fitoplankton.

2. Ketersediaan Nutrien

Nutrien seperti nitrogen, fosfor, dan unsur hara lainnya sangat penting untuk pertumbuhan fitoplankton. Ketersediaan nutrien yang cukup akan meningkatkan produktivitas primer fitoplankton.

3. Suhu

Suhu juga mempengaruhi produktivitas primer fitoplankton. Fitoplankton umumnya memiliki rentang suhu optimal untuk pertumbuhannya, dan fluktuasi suhu di luar rentang tersebut dapat mengurangi produktivitas.

4. Gangguan Fisik dan Kimia

Gangguan fisik seperti turbulensi air atau gangguan kimia seperti polusi juga dapat mempengaruhi produktivitas primer fitoplankton dengan mengganggu kondisi lingkungan yang diperlukan untuk pertumbuhan mereka.

Produktivitas primer fitoplankton memiliki dampak yang signifikan pada ekosistem perairan. Mereka menyediakan sumber makanan bagi organisme konsumen di tingkat trofik yang lebih tinggi, seperti zooplankton, ikan, dan makhluk hidup lainnya. Selain itu, fitoplankton juga berperan dalam siklus biogeokimia, seperti siklus karbon dan nitrogen. Peran Produktivitas Primer Fitoplankton dalam Ekosistem, antara lain:

1. Dasar Rantai Makanan

Fitoplankton menjadi sumber makanan bagi organisme akuatik lainnya, termasuk zooplankton, ikan, dan hewan-hewan akuatik lainnya. Produktivitas primer fitoplankton yang tinggi akan mendukung kelimpahan organisme lain di ekosistem tersebut.

2. Pembentukan Oksigen

Melalui fotosintesis, fitoplankton memproduksi oksigen yang sangat penting bagi kehidupan di lingkungan akuatik. Oksigen yang dihasilkan oleh fitoplankton juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan.

3. Pengaruh terhadap Siklus Nutrien: Produktivitas primer fitoplankton juga mempengaruhi siklus nutrien di ekosistem akuatik. Mereka mengambil nutrien dari air untuk tumbuh, dan kemudian ketika mereka mati, nutrien tersebut dilepas kembali ke lingkungan, menyediakan sumber nutrien bagi organisme lainnya.

Tingkat produktivitas primer fitoplankton dapat diukur dengan berbagai metode, antara lain:

1. **Metode Klorofil-a:** Salah satu metode umum untuk mengukur produktivitas primer fitoplankton adalah dengan mengukur kandungan klorofil-a dalam air. Klorofil-a merupakan pigmen fotosintesis utama pada fitoplankton, dan konsentrasinya dapat digunakan sebagai indikator produktivitas.
2. **Laju Fotosintesis:** Metode lain melibatkan pengukuran laju fotosintesis langsung menggunakan alat seperti fluorometer atau metode pengukuran isotop karbon.

9.2 Dampak Perubahan Lingkungan Terhadap Produktivitas Primer Fitoplankton

Perubahan lingkungan air dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap produktivitas primer fitoplankton dalam ekosistem perairan. Berikut adalah beberapa dampak utama perubahan lingkungan air terhadap produktivitas primer fitoplankton:

1. Peningkatan Nutrien

Salah satu dampak utama perubahan lingkungan air adalah peningkatan konsentrasi nutrien seperti nitrogen dan fosfor dalam air, yang dikenal sebagai eutrofikasi. Eutrofikasi dapat disebabkan oleh limbah pertanian, limbah domestik, atau runoff dari lahan yang terurbanisasi. Peningkatan nutrien ini dapat memicu pertumbuhan fitoplankton yang berlebihan, terutama fitoplankton seperti alga berbentuk filamen atau alga beracun. Meskipun pada awalnya meningkatkan produktivitas primer fitoplankton, pertumbuhan berlebihan ini kemudian dapat mengarah pada penurunan kualitas air, termasuk pembentukan algal bloom yang beracun dan penurunan kadar oksigen yang dapat menyebabkan kematian massal ikan dan organisme lainnya.

2. Perubahan Suhu Air

Perubahan iklim menyebabkan perubahan suhu air yang signifikan di berbagai ekosistem perairan. Peningkatan suhu air dapat memengaruhi pola pertumbuhan dan distribusi

fitoplankton. Beberapa spesies fitoplankton mungkin merespons dengan meningkatkan tingkat pertumbuhan mereka, sementara spesies lain mungkin menjadi terganggu atau terganggu oleh perubahan suhu yang tiba-tiba. Perubahan suhu juga dapat memengaruhi stratifikasi termal dalam perairan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi ketersediaan nutrisi dan cahaya matahari bagi fitoplankton.

3. Perubahan Ketersediaan Cahaya Matahari

Ketersediaan cahaya matahari sangat penting bagi proses fotosintesis fitoplankton. Perubahan dalam kecerahan atau penutupan permukaan air, seperti awan tebal atau meningkatnya kekeruhan air akibat sedimentasi atau limbah, dapat membatasi ketersediaan cahaya matahari bagi fitoplankton. Hal ini dapat mengurangi produktivitas primer fitoplankton dan mengganggu rantai makanan perairan secara keseluruhan.

4. Polusi

Polusi air, baik dari sumber industri maupun domestik, dapat mengandung bahan kimia beracun seperti logam berat, pestisida, dan bahan kimia organik lainnya. Paparan terhadap polutan ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan dan memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup fitoplankton. Beberapa polutan juga dapat menyebabkan fitoplankton menghasilkan toksin atau meracuni organisme lain dalam rantai makanan.

Dalam rangka memahami dan mengelola produktivitas primer fitoplankton secara efektif, penting untuk memperhatikan perubahan lingkungan air serta faktor-faktor yang dapat memengaruhi kesehatan dan keberlanjutan ekosistem perairan. Upaya perlindungan lingkungan, pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan, dan pemantauan terus-menerus terhadap kualitas air sangat diperlukan untuk memitigasi dampak negatif perubahan lingkungan terhadap produktivitas primer fitoplankton dan ekosistem perairan secara keseluruhan.

9.4 Bioindikator

Indeks biologis fitoplankton merupakan suatu metode evaluasi kondisi kualitas air yang memanfaatkan keberadaan komunitas fitoplankton di dalamnya. Ini merupakan salah satu instrumen yang digunakan dalam pemantauan dan evaluasi ekologi perairan. Penggunaan indeks biologis fitoplankton memberikan informasi penting terkait tingkat eutrofikasi, tingkat polusi, dan keberlanjutan ekosistem perairan. Beberapa indeks biologis fitoplankton yang dijadikan sebagai acuan antara lain:

1. Indeks Klorofil-a

Pigmen fotosintetik utama dalam fitoplankton, klorofil-a, sering digunakan sebagai petunjuk produktivitas fitoplankton dan kualitas air. Tingkat klorofil-a yang tinggi umumnya menandakan tingkat produktivitas fitoplankton yang tinggi, yang dapat menunjukkan adanya kelebihan nutrisi atau eutrofikasi.

2. Indeks Diversitas

Indeks ini mengukur keragaman spesies fitoplankton dalam suatu perairan. Tingkat keragaman yang tinggi mengindikasikan ekosistem yang sehat dan stabil, sementara penurunan keragaman dapat menjadi tanda adanya gangguan atau ketidakseimbangan dalam ekosistem.

3. Indeks Fungsional

Indeks ini mengevaluasi komposisi fitoplankton berdasarkan peran fungsionalnya dalam ekosistem, termasuk perannya dalam rantai makanan dan siklus nutrisi. Informasi dari indeks fungsional dapat memberikan wawasan tentang kesehatan dan stabilitas ekosistem perairan.

4. Indeks Toleransi

Indeks ini mengklasifikasikan spesies fitoplankton berdasarkan toleransi terhadap kondisi lingkungan tertentu, seperti tingkat polusi atau salinitas. Spesies yang sensitif terhadap perubahan lingkungan mungkin mengindikasikan kondisi perairan yang lebih baik, sementara spesies yang toleran terhadap kondisi yang buruk dapat menjadi indikator masalah kualitas air.

5. Indeks Komunitas

Indeks ini memberikan informasi tentang struktur komunitas fitoplankton, termasuk dominasi spesies tertentu dan distribusi biomassa. Perubahan dalam struktur komunitas fitoplankton dapat mencerminkan perubahan dalam kondisi perairan atau tekanan lingkungan yang berbeda.

Warna air dapat menjadi indokator perairan, warna air disebabkan oleh suspensi dan jasad renik melayang yang disebut plankton. Warna air sebagai indicator dominasi jenis plankton yang baik/ menguntungkan adalah warna : Coklat muda, coklat tua dan hijau muda. Sedangkan warna air sebagai indikator dominasi jenis plankton yang merugikan adalah warna : Coklat tua, coklat kemerahan, coklat kehitaman, hijau tua kebiruan, hijau kekuningan dan jernih.

Selain analisis tersebut terdapat beberapa spesies plankton yang dapat digunakan sebagai bioindikator plankton tersebut menguntungkan atau merugikan. Contoh jenis Plankton yang menguntungkan dapat dilihat pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1. Jenis Plankton yang menguntungkan

No	KELAS	SPESES
1	Diatom (Chrysophyta)	Chaetoceros
		Skeletonema
		Bidhulpia
		Thallasiora
		Gyrosigma
		Pleurosigma
		Navicula
		Amphipora
2	Blue Green Algae (Cyanophyta)	Spirulina
		Merismopedia
3	Green Algae (Chlorophyta)	Chlorella
		Chlamydomonas

No	KELAS	SPESES
4	Zooplankton	Scenedesmus
		Dictyosphaerium
		Oocystis
		Cyclops
		Copepoda
		Branchionus
		Acartia

Indeks biologis fitoplankton dapat digunakan secara terpisah atau dikombinasikan dengan indikator kualitas air lainnya untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang kondisi ekologis suatu perairan. Analisis secara rutin terhadap indeks-indeks ini dapat membantu dalam pemantauan jangka panjang terhadap perubahan lingkungan serta memberikan dasar bagi pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya air dan pelestarian ekosistem perairan.

Pengontrolan plankton di tambak sangat penting terutama mencegah blooming plankton dan mencegah kematian plankton dalam waktu yang bersamaan (drop plankton). Pergantian air yang terlalu banyak juga dihindari sebab hal ini akan menyebabkan stress pada udang.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 10

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEHIDUPAN PLANKTON SERTA HUBUNGAN PLANKTON DENGAN KONDISI PERAIRAN

Oleh Wa Ode Sry Wulan

10.1 Pendahuluan

Plankton merupakan organisme fitoplankton (tumbuhan atau nabati) dan zooplankton (hewani) berukuran mikro yang hidup melayang di perairan tawar, payau/eostuari dan perairan laut serta pergerakannya dipengaruhi oleh arus air. Di perairan, plankton memiliki peranan yang sangat penting dalam keberlangsungan dinamika ekosistem dan ekologi serta penentu kesuburan perairan karna organisme fitoplankton berperan sebagai produsen primer dan organisme zooplankton berperan sebagai konsumen primer dalam siklus rantai makanan yang berada di perairan.

Plankton khususnya fitoplankton sebagai distributor energi terbesar dalam kehidupan biota perairan. Fitoplankton memiliki klorofil dan bersifat autotrof yaitu fitoplankton dapat membuat makanannya sendiri. Dengan adanya bantuan sinar matahari yang cukup, maka fitoplankton mampu melakukan proses fotosintesis yaitu dengan cara memanfaatkan bahan anorganik seperti karbondioksida dan hidrogen yang diubah menjadi bahan organik seperti glukosa dan oksigen terlarut di perairan. Glukosa dimanfaatkan oleh fitoplaknton sebagai sumber makanan dan nutrisi untuk pertumbuhan serta energi untuk proses metabolisme. Fotosintesis menjadikan fitoplankton sebagai sumber makanan

utama dan energi bagi kehidupan biota perairan (Faturrohman, et al., 2016).

Lain halnya dengan zooplankton yang bersifat heterotrof yang artinya zooplankton tidak mampu membuat makanannya sendiri sehingga zooplankton memanfaatkan fitoplankton sebagai bahan makanan utamanya. Zooplankton berperan dalam memindahkan energi dan nutrisi dari fitoplankton ke konsumen tingkat trofik yang lebih tinggi. Hal inilah yang menjadikan zooplankton sebagai penghubung antara produsen primer dan konsumen tingkat trofik. Zooplankton menjadi bahan makanan bagi ikan kecil atau konsumen tingkat trofik yang lebih tinggi. Zooplankton mengandalkan sumber energi dan nutrisi untuk pertumbuhannya melalui fitoplankton (Hidayat, et al., 2015). Dengan adanya zooplankton, maka populasi fitoplankton dapat terkendali dan ekosistem perairan menjadi seimbang.

Kehidupan fitoplankton bergantung pada sinar matahari, bahan anorganik dan organik yang terkandung di dalam perairan. Sedangkan kehidupan zooplankton di perairan tergantung pada keberadaan fitoplankton, detritus, bakteri dan organisme mikroskopis lainnya. Sementara untuk kehidupan benih/larva ikan, nekton dan benthos bergantung pada keberadaan plankton yaitu fitoplankton dan zooplankton. Dengan siklus kehidupan tersebut maka plankton berfungsi sebagai makanan utama bagi larva ikan, nekton dan benthos. Semua organisme yang berada di perairan seperti udang, cumi, ikan bahkan mamalia paus akan sangat bergantung pada keberadaan plankton di dalam rantai makanan baik secara langsung maupun secara tidak langsung (Nirmalasari, 2018). Bahkan plankton juga biasa disebut sebagai makanan atau pakan alami bagi larva ikan sehingga tak jarang di area kegiatan budidaya ikan intensif maupun non intensif dilakukan kegiatan membudidayakan pakan alami fitoplankton dan zooplankton jenis-jenis tertentu untuk menjamin kebutuhan pakan alami sebagai sumber energi dan nutrisi larva/benih ikan budidaya.

Keberadaan plankton di perairan tersebar secara random dan bergerombol atau berkelompok sesuai dengan jenisnya masing-masing. Komposisi, kelimpahan dan keanekaragaman kehidupan plankton di perairan tidak pernah terlepas dari adanya pengaruh

kondisi lingkungan yaitu pengaruh dari beberapa kondisi parameter fisika, kimia dan biologis. Salah satu contohnya adalah adanya sebaran tidak merata namun berkelompok dari fitoplankton kelas *Bacillariophyceae* di perairan mangrove Tapak Tugurejo, Semarang (Prihatin, et al., 2018). Penyebaran plankton yang tidak merata dan berkelompok seperti ini dipengaruhi oleh adanya proses fisika, kimia dan biologis yang terjadi di perairan. Jika kondisi lingkungan perairan berubah maka kelimpahan plankton pun ikut berubah. Hal ini merupakan wujud dari respon plankton terhadap perubahan lingkungannya.

Lingkungan perairan yang fluktuatif memberikan pengaruh nyata terhadap kelimpahan, komposisi dan keanekaragaman plankton di perairan. Perubahan parameter fisika, kimia dan biologis akan mengakibatkan terganggunya proses autotrof dan heterotrof pada plankton sehingga mempengaruhi siklus kehidupan plankton di perairan.

10.2 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kehidupan Plankton

Kehidupan plankton sangat penting dalam keberlangsungan kehidupan berbagai biota perairan. Fitoplankton dan zooplankton hidup bergantung pada lingkungan perairan yang memiliki bahan anorganik dan organik serta parameter biologis, fisika dan kimia yang mendukung kelangsungan kehidupan dan perkembangbiakan plankton. Fitoplankton bersifat autotrof sehingga membutuhkan bahan anorganik yang akan diubah menjadi bahan organik melalui fotosintesis dengan bantuan sinar matahari yang bertujuan untuk pertumbuhan, menghasilkan oksigen terlarut dan bahan makanan di perairan. Sedangkan zooplankton dan biota akuatik membutuhkan fitoplankton dan bahan organik serta anorganik sebagai makanan utama guna memenuhi kebutuhan nutrisi dan respirasi. Sebagai konsumen primer di perairan, Zooplankton mengkonsumsi sel-sel fitoplankton secara langsung guna memperoleh nutrisi dan energi untuk membantu pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Bahan organik yang dihasilkan fitoplankton sangat mempengaruhi tingkat keberlangsungan hidup zooplankton (Djunaidah, et al., 2017).

Ketersediaan bahan organik dan anorganik akan menjadi faktor penentu kelimpahan, komposisi dan keanekaragaman plankton di perairan.

Bahan organik berasal dari bangkai atau sisa-sisa organisme yang telah mati dan melalui proses dekomposisi seperti detritus, humus, dan limbah organik. Unsur dari bahan organik adalah protein, lipid, karbohidrat, asam nukleat, dan senyawa yang mengandung karbon dan memiliki ikatan dengan unsur lain seperti hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur dan fosfor. Contohnya seperti senyawa glukosa, fruktosa dan sukrosa yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen. Bahan organik memiliki peranan yang penting sebagai penentu kesuburan perairan (Yuningsih, et al., 2014).

Bahan anorganik berasal dari pelapukan, erosi, senyawa nitrogen yang teroksidasi, aktivitas bakteri dan sekresi hewan perairan. Unsur dari bahan anorganik adalah senyawa yang tidak mengandung ikatan karbon-karbon seperti ammonia (NH_3), nitrat (NO_3^-), kalsium, magnesium, fosfor, kalium, karbondioksida, dan lain sebagainya. Konsentrasi bahan anorganik yang rendah tidak dapat mencemari perairan karna adanya proses kapasitas asimilasi alami yang terjadi pada badan air (Sanusi, et al., 2005). Kemampuan ekosistem perairan dalam menyerap bahan anorganik seperti fiksasi bakteri, fotosintesis fitoplankton atau tumbuhan dan organisme yang mampu mengikat fosfat sehingga kandungan bahan anorganik tetap seimbang di perairan.

Pada umumnya, sumber masuknya bahan organik dan anorganik di perairan melalui:

1. *Run off* dari darat.

Curah hujan yang tinggi mengalirkan air dari daratan menuju ke aliran sungai dan bermuara ke perairan estuari. Air dari daratan membawa sedimen-sedimen yang mengandung bahan organik dan anorganik sehingga mengakibatkan perairan estuari menjadi kaya akan nutrient namun juga menyebabkan terjadinya kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi dapat menghambat fitoplankton dalam melakukan fotosintesis. Kekeruhan disebabkan oleh tingginya curah hujan yang membawa lumpur dan limbah

masuk ke dalam perairan estuari melalui run off dari daratan melewati aliran sungai (Patty, et al., 2019);

2. Zona eufotik

Wilayah lapisan perairan yang masih mendapatkan sinar matahari menjadi tempat yang disukai oleh fitoplankton karna di wilayah ini fitoplankton mendapatkan bahan anorganik seperti karbondioksida dan air serta bantuan sinar matahari untuk melakukan fotosintesis dan menghasilkan bahan organik seperti glukosa dan oksigen terlarut yang dapat digunakan sebagai sumber energi dan respirasi bagi organisme dan biota akuatik (Fauzi, et al., 2017);

3. Fiksasi bakteri

Proses perubahan senyawa nitrogen menjadi ammonia (NH_3), ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-) dan kembali lagi menjadi senyawa nitrogen (N_2) yang dilakukan oleh bakteri. Fitoplankton menggunakan ammonium dan nitrat untuk fotosintesis namun jika perairan kekurangan ammonium dan nitrat maka beberapa jenis fitoplankton akan memanfaatkan ammonia dan nitrit sebagai sumber senyawa nitrogen alternatif untuk tetap menjaga keberlangsungan hidupnya. Pada umumnya, fitoplankton membutuhkan senyawa nitrogen sebagai penunjang pertumbuhan dan metabolismenya serta lebih menyukai sumber senyawa nitrogen dalam bentuk nitrat (Kamariah, et al., 2023). Fiksasi bakteri mampu mengubah senyawa nitrogen yang menghasilkan bahan anorganik di perairan seperti ammonia, ammonium, nitrat dan nitrit sedangkan sel-sel bakteri yang mengalami kematian akan mengalami proses dekomposisi yang menghasilkan bahan organik kompleks yang dapat dimanfaatkan oleh zooplankton dan biota akuatik lainnya;

4. *Upwelling*

Pengadukan bahan organik dan anorganik yang berada di lapisan bawah perairan naik ke lapisan atas perairan atau perairan dangkal. Laut yang dalam memiliki kandungan nutrient yang tinggi sehingga ketika terjadi *upwelling* maka

kandungan nutrient-nutrient tersebut akan naik ke permukaan hingga mencapai ke perairan dangkal. Hal ini mengakibatkan terjadinya pengkayaan nutrient di perairan. Jika nutrient melimpah maka plankton ikut melimpah. *Upwelling* dapat menyebabkan kelimpahan fitoplankton dan zooplankton (Sihombing, et al., 2018). Namun *upwelling* juga memiliki sisi negatif apabila *upwelling* membawa kandungan nutrient yang berlebihan hingga menyebabkan blooming fitoplankton di perairan;

5. Aktivitas organisme

Bahan organik dan anorganik yang berada di perairan juga disumbangkan oleh aktivitas organisme yang hidup di perairan. Fitoplankton menyumbangkan bahan organik glukosa dan bahan anorganik oksigen terlarut dari hasil fotosintesis. Zooplankton, nekton dan organisme lainnya menyumbangkan bahan anorganik hasil respirasi yaitu karbondioksida dan hasil sekresi yaitu ammonia, nitrat dan urea. Fitoplankton memanfaatkan karbondioksida untuk respirasi (Nirmalasari, 2018). Selain itu, fitoplankton juga membutuhkan nitrat untuk pertumbuhan dan metabolisme (Kamariah, et al., 2023). Oksigen terlarut sangat dibutuhkan untuk metabolisme dan respirasi organisme akuatik (Mariyati, et al., 2020). Bahan anorganik yang dihasilkan dalam jumlah banyak oleh aktivitas-aktivitas organisme yaitu urin dan feses yang dapat membahayakan dan menurunkan kualitas perairan terutama dalam lingkungan budidaya.

Bahan anorganik perairan adalah berupa unsur hara atau mineral seperti fosfor, nitrat, kalium dan asam silikat yang menjadi sumber nutrisi fitoplankton untuk tumbuh dan melakukan fotosintesis. Silikat dapat mempengaruhi kelimpahan biomassa fitoplankton bahkan pada musim hujan silikat dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi. Bahan organik perairan adalah berupa karbohidrat, glukosa, selulosa, senyawa nitrogen, protein, asam amino dan lemak.

Namun ketersediaan bahan organik dan anorganik dengan konsentrasi yang tinggi pada perairan akan memberikan dampak negative yaitu semakin tinggi bahan-bahan tersebut maka kandungan unsur-unsur hara akan ikut tinggi. Apabila kondisi nutrient yang tinggi dan ditunjang oleh kondisi lingkungan yang memadai seperti suhu, salinitas dan intensitas cahaya maka akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi yaitu terjadinya ledakan atau blooming fitoplankton sebagai produsen primer di ekosistem perairan. Perkembangbiakan fitoplankton yang berlipat ganda (blooming) akan menyebabkan penurunan kualitas air di perairan. Blooming fitoplankton dapat berbahaya bagi perairan karna bersifat toksik pada rantai makanan (Damayanti, et al., 2018). Sifat toksik pada blooming fitoplankton dapat menyebabkan kematian biota akuatik secara massal di perairan.

Fitoplankton dan zooplankton memiliki kehidupan yang saling menguntungkan satu sama lain (simbiolisme mutualisme) terutama untuk pelestarian ekosistem perairan sehingga perlu diketahui secara rinci tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupannya.

10.2.1 Fitoplankton

Fitoplankton adalah plankton nabati yang berada di perairan. Kehidupan fitoplankton tentunya dipengaruhi oleh faktor unsur hara yang berkolaborasi dengan kondisi perairan seperti aspek parameter fisika, kimia dan biologis. Adapun faktor-faktor kolaborasi yang dapat mempengaruhi keberadaan kelimpahan pertumbuhan dan kehidupan fitoplankton adalah sebagai berikut:

1. Nutrient

Di perairan, nutrient dikenal juga dengan sebutan unsur hara atau mineral yang berada di dalam perairan. Nutrien adalah bahan organik dan anorganik yang dihasilkan dari proses dekomposisi organisme yang telah mati, erosi, pelapukan, aktivitas organisme, *upwelling*, oksidasi senyawa nitrogen, hujan dan lain sebagainya. Nutrient sangat penting bagi perkembanganbiakan, metabolisme, pertumbuhan dan kelangsungan hidup fitoplankton selaku produsen primer di perairan. Selanjutnya nutrient dimanfaatkan guna

memproduksi bahan makanan utama perairan sehingga produktivitas primer perairan yang berada di perairan meningkat (Riniatsih, 2015). Nutrient yang cukup bagi fitoplankton akan memberikan dampak terhadap kesuburan perairan yaitu ketersediaan makanan bagi keberlangsungan organisme akuatik dan kelestarian ekosistem. Begitu pula sebaliknya, nutrient yang kurang akan memberikan terganggunya kehidupan organisme akuatik. Bahkan nutrient yang berlebihan di dalam perairan akan memberikan blooming atau peledakan fitoplankton yang menyebabkan kematian massal bagi organisme akuatik.

2. Intensitas cahaya

Di lingkungan perairan, intensitas cahaya merupakan jumlah cahaya matahari yang masuk ke badan air hingga mencapai dasar perairan. Intensitas cahaya menjadi faktor penentu keberlangsungan terjadinya proses fotosintesis bagi fitoplankton. Cahaya matahari sebagai sumber energi yang membantu fitoplankton dalam melakukan tugasnya sebagai produsen primer melalui proses fotosintesis yaitu mengubah nutrient anorganik menjadi nutrient organik untuk kehidupan biota akuatik. Faktor yang mempengaruhi intensitas cahaya matahari di perairan yaitu:

a. Kondisi cuaca

Cuaca yang cerah meningkatkan cahaya matahari masuk ke perairan hingga dapat menembus dasar perairan namun apabila cuaca mendung dan berawan akan mengurangi penetrasi cahaya matahari untuk masuk ke dalam perairan.

b. Kedalaman

Semakin dalam suatu perairan maka semakin berkurang intensitas cahaya yang masuk ke dalam badan air sehingga tidak dapat menembus dasar perairan.

c. Kecerahan dan kekeruhan

Kecerahan akan meningkatkan intensitas cahaya matahari hingga ke dasar perairan sedangkan

kekeruhan yang diakibatkan oleh curah hujan dan polutan maka akan menghambat intensitas cahaya matahari yang masuk ke badan air.

Intensitas cahaya matahari yang cukup di perairan akan mempengaruhi tingginya produktivitas primer sehingga meningkatkan keragaman, kelimpahan dan distribusi fitoplankton seperti fitoplankton dari *Chlorophyceae* yang dapat hidup melimpah apabila memiliki intensitas cahaya yang masuk ke badan air cukup untuk melakukan fotosintesis (Maresi, et al., 2015). Begitu pula sebaliknya, apabila intensitas cahaya matahari kurang maka proses fotosintesis terganggu yang menyebabkan kandungan oksigen terlarut dan produktivitas primer mengalami penurunan.

3. Suhu

Di perairan, suhu memiliki peranan penting bagi biota akuatik. Suhu dapat mempengaruhi laju metabolisme yang berguna untuk pertumbuhan fitoplankton. Selain itu, suhu juga mempengaruhi penyebaran fitoplankton di perairan (Widiana, 2012). Kisaran suhu ideal untuk kehidupan fitoplankton sangat berbeda-beda tergantung dari jenisnya. Namun umumnya, fitoplankton dapat hidup dan tumbuh serta berkembangbiak pada suhu hangat yaitu berkisar 26°C-28°C. Suhu yang tidak optimal seperti terjadinya penurunan suhu atau perubahan stratifikasi termal (perbedaan suhu di setiap lapisan badan air) yang diakibatkan oleh hujan maka akan memberikan dampak terhadap fitoplankton yaitu penurunan laju metabolisme yang diikuti oleh penurunan proses fotosintesis dan pertumbuhan serta distribusi fitoplankton. Begitu pula sebaliknya, jika suhu berada di atas optimal secara terus menerus dapat mengakibatkan kerusakan sel bahkan kematian pada fitoplankton.

4. Arus

Pergerakan arus berperan penting dalam distribusi fitoplankton karena fitoplankton bergerak mengikuti arus. Arus membawa nutrient-nutrient yang berada di lapisan

dalam perairan untuk menjadi sumber utama bagi pertumbuhan dan kelimpahan fitoplankton. Arus pasang surut dapat membawa nutrisi atau unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh fitoplankton untuk melakukan metabolisme dan berfotosintesis sebagai keberlangsungan kehidupan fitoplankton.

5. Pestisida dan Polutan

Keberadaan pestisida dan polutan masuk ke perairan melalui limbah dan pencemaran udara. Hal ini akan mempengaruhi kehidupan dari fitoplankton yaitu:

- a. Perkembangan dan pertumbuhan yang terhambat akibat terganggunya proses metabolisme seperti fotosintesis;
- b. Populasi yang menurun akibat terganggunya sistem reproduksi pada siklus hidup fitoplankton; dan
- c. Kelimpahan dan keragaman menurun disebabkan oleh sifat toksik dari pestisida yang dapat merusak sel dan gangguan fisiologis bahkan dapat mematikan fitoplankton.

6. pH Perairan

Setiap jenis fitoplankton memiliki nilai pH yang berbeda-beda karena ada beberapa jenis fitoplankton dapat hidup dengan kondisi perairan yang sedikit asam, netral bahkan sedikit basa. Namun nilai optimal pH untuk kehidupan dan pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 7-8. Perubahan pH dapat mempengaruhi fotosintesis yang dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton. Selain itu, pH ekstrim dapat bersifat toksik bagi fitoplankton di perairan.

7. Zooplankton

Keberadaan zooplankton dianggap sebagai predator yang dapat menghambat pertumbuhan dan kelimpahan fitoplankton. Salah satu sumber makanan utama zooplankton adalah fitoplankton. Hal ini menyebabkan penurunan kelimpahan, komposisi dan populasi kehidupan fitoplankton di perairan. Akan tetapi zooplankton di perairan juga dibutuhkan untuk keberlangsungan dan pelestarian ekosistem kehidupan biota akuatik karena

zooplankton merupakan konsumen pertama pada tingkat trofik dan menjadi penghubung bagi tingkat trofik selanjutnya dalam rantai makanan.

10.2.2 Zooplankton

Zooplankton adalah plankton hewani yang berada di perairan. Kehidupan zooplankton dipengaruhi oleh keberadaan fitoplankton dan kondisi perairan seperti aspek parameter fisika, kimia dan biologis. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan kelimpahan pertumbuhan dan kehidupan zooplankton adalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan makanan

Zooplankton bersifat heteretrof sehingga membutuhkan makanan yang berada di lingkungan habitatnya. Makanan utama yang sangat dibutuhkan oleh zooplankton untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhannya adalah fitoplankton. Organisme autotrof fitoplankton menjadi makanan bagi zooplankton dan biota akuatik lainnya (Sinaga, et al., 2020). Selain itu, zooplankton juga memakan bakteri, detritus, jasad renik dan bahan organik terlarut yang berada di perairan. Ketersediaan makanan yang terbatas akan memberikan dampak terhadap penurunan pertumbuhan, reproduksi dan kelimpahan populasi serta keragaman spesies zooplankton akibat persaingan dalam mendapatkan makanan.

2. Ketersediaan oksigen terlarut

Oksigen terlarut memiliki peran yang sangat penting bagi seluruh organisme akuatik. Zooplankton membutuhkan oksigen terlarut untuk respirasi. Perubahan oksigen terlarut di perairan disebabkan oleh beberapa faktor seperti suhu, curah hujan, kelimpahan populasi fitoplankton yang berfotosintesis dan kompetisi respirasi organisme akuatik. Tinggi rendahnya oksigen terlarut di perairan akan berdampak pada sistem metabolisme zooplankton yang dapat mengakibatkan penurunan pertumbuhan, perkembangan dan kelangsungan hidup bahkan pada kondisi ekstrim bisa menyebabkan kematian massal. Selain

itu, untuk jenis zooplankton yang tidak dapat mentolerir jumlah oksigen terlarut yang tidak stabil akan memilih berpindah ke lingkungan perairan yang oksigennya sesuai dengan kehidupannya.

3. Suhu perairan

Secara tidak langsung, fluktuatifnya suhu mempengaruhi pertumbuhan dan sistem metabolisme organisme akuatik termasuk zooplankton. Kenaikan atau penurunan suhu akan mempengaruhi keberadaan oksigen terlarut di perairan. Suhu tinggi atau rendah akan memberikan dampak terhadap kelimpahan populasi zooplankton (Mariyati, et al., 2020).

4. pH dan salinitas

pH dan salinitas mempengaruhi keberadaan zooplankton. Nilai pH yang tidak sesuai bagi kehidupan zooplankton akan memberikan dampak terhadap penurunan tingkat reproduksi dan kelangsungan hidup zooplankton itu sendiri. Nilai salinitas yang tidak sesuai bagi kehidupan zooplankton terutama sering terjadi di daerah estuari akan mengganggu keseimbangan osmotik zooplankton.

5. Predasi

Zooplankton sebagai konsumen primer dan penghubung nutrisi serta energi dari fitoplankton ke tingkat trofik level selanjutnya dalam rantai makanan. Terjadinya predasi tidak dapat dihindari karna zooplankton merupakan makanan bagi trofik level selanjutnya dalam rantai makanan. Predasi mengurangi popluasi zooplankton di perairan.

10.3 Hubungan Plankton Dengan Kesuburan Perairan

Suatu perairan dikatakan subur jika memiliki kondisi lingkungan perairan yang mendukung pertumbuhan, perkembangbiakan dan kelangsungan hidup organisme yang hidup di dalamnya. Perairan yang subur memiliki kelimpahan plankton yang didukung dengan ketersediaan nutrisi atau unsur hara serta kondisi kualitas air yang optimal. Ketersediaan unsur hara atau nutrient identik dengan tingkat kesuburan perairan (Kamariah, et

al., 2023). Karna unsur hara dibutuhkan oleh fitoplankton dalam melakukan fotosintesis sehingga tugas fitoplankton sebagai produsen primer perairan dapat terlaksana dengan baik. Fitoplankton yang melimpah menjadi ukuran tingkat kesuburan suatu perairan (Maresi, et al., 2015). Keberadaan fitoplankton tentu akan berkorelasi dengan keberadaan zooplankton. Itulah sebabnya plankton memegang peranan yang sangat penting sebagai penentu kesuburan suatu perairan.

Keberadaan plankton menandakan suburnya suatu perairan sehingga menjadi magnet bagi larva ikan, nekton dan benthos untuk hidup di perairan tersebut guna untuk mencari makan agar bisa tumbuh, bertahan hidup dan berkembangbiak. Jadi keberadaan plankton pada suatu perairan akan berkorelasi dengan kelimpahan ikan di perairan tersebut. Hal ini menandakan rantai makanan di perairan tersebut berjalan dengan baik sehingga keseimbangan dan keberlanjutan ekosistem serta pelestarian keanekaragaman tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Damayanti, N. P. E., Karang , I. W. G. A. & Faiqoh, E., 2018. Tingkat Pencemaran Berdasarkan Saprobitas Plankton di Perairan Pelabuhan Benoa, Kota Denpasar, Provinsi Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(1), pp. 96-108.
- Djunaidah, I. S., Supenti, L., Sudinno, D. & Suhrawardan, H., 2017. Kondisi Perairan dan Struktur Komunitas Plankton di Waduk Jatigede. *Jurnal Penyuluhan Perikanan dan Kelautan*, 11(2), pp. 79-93.
- Faturohman, I., Sunarto & Nurruhwati, I., 2016. Korelasi Kelimpahan Plankton Dengan Suhu Perairan Laut Di Sekitar PLTU Cirebon. *Jurnal Perikanan Kelautan*, VII(1), pp. 115-122.
- Fauzi, R. F., Sulardiono, B. & Widyorini , N., 2017. Community Structure and Abundance of Phytoplankton, Chlorophyll α in Tuntang River Demak. *Journal Of Maquares*, 6(4), pp. 463-469.
- Hidayat, D., Elvyra, R. & Fitmawati, 2015. Keanekaragaman Plankton di Danau Simbad Desa Pulau Birandang Kecamatan Kampar Timur Kabupaten Kampar Provinsi Riau. *Jom FMIPA*, 2(1), pp. 115-129.
- Kamariah, Umar, N. A. & Budi, S., 2023. Exploration Of The Optimum Ratio Of Silicon And Nitrogen (Si/N) For Diatom Phytoplankton Growth Skeletonema Costatum. *J. of Aquac. Environment*, 6(1), pp. 22-29.
- Maresi, S. R. P., Priyanti & Yunita, E., 2015. Fitoplankton Sebagai Bioindikator Saprobitas Perairan Di Situ Bulakan Kota Tangerang. *Jurnal Biologi*, 8(2), pp. 113-122.
- Mariyati, T., Endrawati, H. & Supriyanti, E., 2020. Buletin Oseanografi Marina. *Keterkaitan antara Kelimpahan Zooplankton dan Parameter Lingkungan di Perairan Pantai Morosari, Kabupaten Demak*, 9(2), pp. 157-165.
- Mariyati, T., Endrawati, H. & Supriyantini, E., 2020. Keterkaitan antara Kelimpahan Zooplankton dan Parameter Lingkungan di Perairan Pantai Morosari, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina* , 9(2), pp. 157-165.

- Nirmalasari, R., 2018. Analisis Kualitas Air Sungai Sebangau Pelabuhan Kereng Bengkiray Berdasarkan Keanekaragaman dan Komposisi Fitoplankton. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 9(17), pp. 48-58.
- Patty, S. I., Rizki, M. P., Rifai, H. & Akbar, N., 2019. Water Quality and Sea Pollution Index in Manado Bay the View Physical-Chemical Paramaters Sea. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(2), pp. 1-13.
- Prihatin, A., Setyono, P. & Sunarto, 2018. Sebaran Klorofil-a, Nitrat, Fosfat dan Plankton Sebagai Indikator Kesuburan Ekosistem di Mangrove Tapak Tugurejo Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), pp. 68-77.
- Riniatsih, I., 2015. Distribusi Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) di Padang Lamun di Perairan Teluk Awur dan Pantai Prawean Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3), pp. 121-126.
- Sanusi, H. S., Kaswadi, R. F., Nurjaya, I. W. & Rafni, R., 2005. Kajian Kapasitas Asimilasi Beban Pencemaran Organik dan Anorganik Di Perairan Teluk Jobokuto Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 12(1), pp. 9-16.
- Sihombing, H. P., Hendrawan, I. G. & Suteja, . Y., 2018. Analisis Hubungan Kelimpahan Plankton di Permukaan Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Lemuru (*Sardinella lemuru*) di Selat Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(1), pp. 151-161.
- Sinaga, C. W., Torang, I. & Y., 2020. Effect of NASA TANGGUH Probiotic on Zooplankton Abundance in Peat Water. *Journal of Tropical Fisheries*, 15(2), pp. 71-77.
- Widiana, R., 2012. Komposisi Fitoplankton yang Terdapat Di Perairan Batang Palangki Kabupaten Sijunjung. *Jurnal Pelangi*, 5(1), pp. 23-30.
- Yuningsih, H. D., Soedarsono, P. & Sutrisno, A., 2014. Hubungan Bahan Organik Dengan Produktivitas Perairan Pada Kawasan Tutupan Enceng Gondok, Perairan Terbuka dan Keramba Jaring Apung Di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(1), pp. 37-43.

BIODATA PENULIS



Angkasa Putra, S.Tr.Pi., IPP., CPGAM.

Lahir di Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan, pada 1 Juni 1997. Pendidikan dasarnya ditempuh di tanah kelahirannya pada periode 2003-2012. Sementara itu, pendidikan menengah dan tinggi dijalani di bawah naungan institusi pendidikan Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (KKP RI), yaitu Sekolah Usaha Perikanan Menengah Negeri Bone (2012-2015) dan Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta (kini: Politeknik Ahli Usaha Perikanan) (2015-2019). Penulis merupakan Lulusan Terbaik I Jurusan Teknologi Budidaya Perikanan dan Lulusan Terbaik I dalam angkatannya saat menempuh studi di SUPM Bone. Selain itu, penulis lulus dengan predikat Cum Laude dalam Program Studi Teknologi Akuakultur, menerima penghargaan Adhi Karya Taruna, serta pernah menjabat sebagai Ketua Senat Taruna “Kabinet Komando” dan Komandan Batalyon 07 Barracuda di STP. Pada tahun 2022, penulis memperoleh dua gelar profesi, yaitu Insinyur Profesional Pratama (IPP) dari Persatuan Insinyur Indonesia dan Certified Professional General Affair Management (CPGAM) dari Revolution Mind Indonesia.

Pada tahun 2023, penulis mendapatkan kesempatan untuk melanjutkan pendidikan S2 di Pukyong National University, Busan, Korea Selatan, pada Department of Marine Biology, College of Fisheries Science. Selama masa tersebut, penulis juga menjabat sebagai Graduate Research Assistant di Zooplankton Ecology

Laboratory. Penulis telah meraih sejumlah beasiswa, antara lain: Beasiswa Berprestasi SMP, Beasiswa Pendidikan KKP RI, Beasiswa Supersemar, dan PKNU Research Grant. Di lintas karir profesionalnya, penulis memiliki pengalaman sebagai Research Assistant di Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan Maros, Sulawesi Selatan (2020). Selanjutnya, menjabat sebagai Project Assistant di Institute of Productivity, Research, Innovation, and Development for Fisheries di Jakarta (2021-2023), Project Assistant di International Partnership Office Politeknik AUP (2021), dan Sekretaris Direktur Politeknik AUP (2022-2023). Penulis juga aktif sebagai reviewer pada sejumlah jurnal nasional dan internasional. Selain itu, hingga akhir Januari 2024, penulis telah menghasilkan 116 karya publikasi meliputi buku, jurnal, prosiding, poster, majalah, dan koran.

BIODATA PENULIS



Dr. Darsiani, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan,
Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Tangambaru Kabupaten Polewali Mandar, Tanggal 31 Juli 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin pada Tahun 2008. Tahun 2015 menyelesaikan studi jenjang S2 pada Program Studi Ilmu Perikanan, Konsentrasi Budidaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Menyelesaikan jenjang S3, Program Studi Ilmu Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, IPB University pada Tahun 2024.

Penulis diberi kepercayaan mengemban tugas internal fakultas (Ketua GPM_Gugus Penjaminan Mutu) periode Tahun 2024-2028, aktif melakukan penelitian, pengabdian, dan menulis buku serta jurnal hasil penelitian terkait perikanan terkhusus tentang nutrisi dan lingkungan budidaya perairan.

BIODATA PENULIS



Dr. Alianto, S.Pi., M.Si.

Dosen Program Studi S2 Sumberdaya Akuatik,
Pascasarjana, Universitas Papua

Penulis lahir di Wanci pada tanggal 5 Maret 1970. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Sumberdaya Akuatik, Pascasarjana, Universitas Papua. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Pattimura dan melanjutkan S2 dan S3 pada Program Studi Ilmu Perairan, Institut Pertanian Bogor. Penulis mengajar mata kuliah Planktonologi, Pengendalian Pencemaran dan Eutrofikasi Perairan, Kuliatas Air, Produktivitas Perairan pada Program Studi S1 Manajemen Sumberdaya Perairan dan mata kuliah Produktivitas dan Eutrofikasi Perairan serta Konservasi Sumberdaya Perairan pada Program Studi S2 Sumberdaya Akuatik, Pascasarjana, Universitas Papua. Penulis aktif pula sebagai penulis buku yang diterbitkan oleh penerbit nasional dan artikel yang dipublikasikan pada jurnal nasional, nasional terakreditasi kemdikbud, internasional dan internasional bereputasi. Karya tulis penulis tersedia secara berturut-turut di website pada link berikut: https://scholar.google.co.id/citations?user=k9_r9PMAAAJ&hl=en
<https://www.researchgate.net/profile/Dr-Alianto-2>
<https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/6646035>

BIODATA PENULIS



Annisa Bias Cahyanurani, M.P.

Staf Dosen Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo
Program Studi Teknik Budidaya Perikanan

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Budidaya Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan di Universitas Brawijaya serta menempuh Pendidikan S2 melalui program *double degree* pada program studi Budidaya Perairan di Universitas Brawijaya dan program studi Aquaculture di National Pingtung University of Science and Technology (NPUST). Saat ini penulis menekuni berbagai penelitian di bidang Budidaya Perikanan. Penulis merupakan pengampu mata kuliah Teknik Produksi Pakan Buatan, Teknik Produksi Pakan Alami, Ekologi Perairan, Dasar-Dasar Budidaya Perikanan dan Pengelolaan Lingkungan Budidaya Perikanan.

BIODATA PENULIS



Dian Lestari, S.Pi., M.Si

Dosen Program Studi Budidaya Perairan
Fakultas Peternakan dan Perikanan
Universitas Sulawesi Barat

Penulis lahir di Mabbiring tanggal 25 September 1996. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, pasangan Bapak H. Muh. Nur, SP. dan Ibu Hj. Nurlina. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan tingkat sekolah dasar di SDN 219 Mabbiring pada Tahun 2008, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Sibulue, selanjutnya di SMA Negeri 1 Unggulan Watampone pada Tahun 2011. Kemudian pada Tahun 2014 penuliskan melanjutkan pendidikan di Prodi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Universitas Hasanuddin dan selesai pada Tahun 2018 dan melanjutkan pendidikan S2 pada Prodi Magister Ilmu Perikanan Konsentrasi Budidaya Perairan, Universitas Hasanuddin pada Tahun 2019.

BIODATA PENULIS



Irma Yulia Madjid, S.Pi.,M.Si
Dosen Program Studi Akuakultur
Fakultas Peternakan dan Perikanan

Penulis lahir di Majene tanggal 21 Juli 1984. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Sosial Ekonomi Perikanan dan melanjutkan pendidikan Magister (S2) pada Program Studi Ilmu Lingkungan Lingkungan, konsentrasi ilmu *Remote Sensing and Oceanography* pada Sekolah Pascasarjana Universitas Udayana (UNUD) Denpasar, Bali tahun 2011 melalui program Beasiswa Unggulan Biro Perencanaan Kerjasama Luar Negeri (BU-BPKLN). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-ASN di Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan Fakultas Peternakan dan Perikanan (Fapetkan) pada Universitas Sulawesi Barat tahun 2021-2023.

Penulis aktif mengikuti seminar, aktif mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Penulis juga aktif sebagai pembicara pada seminar Nasional maupun Internasional. Penulis juga aktif sebagai pembicara pada kegiatan-kegiatan pelatihan peningkatan sumberdaya manusia di tingkat lokal.

BIODATA PENULIS



Muh. Azril, S.S.T.Pi, M.Sc.

Dosen Program Studi Akuakultur
Fakultas Pertanian Universitas Tidar - Magelang

Penulis lahir di Pamol Estate (Malaysia) tanggal 17 Oktober 1991. Penulis yang kerap disapa Azril ini adalah anak dari pasangan Deling (ayah) dan Ernawati (ibu). Istri penulis bernama Rianti Novtasari dan telah dikarunia seorang putra bernama Muhammad Mu'adz Zaidan Azril. Penulis berasal dari Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan yang kini merantau menjadi dosen tetap pada Program Studi Akuakultur Fakultas Pertanian, Universitas Tidar, Magelang, Jawa Tengah sejak Tahun 2022 hingga sekarang. Tahun 2013 penulis menyelesaikan pendidikan Diploma VI dan meraih gelar Sarjana Sains Terapan Perikanan (S.S.T.Pi) pada Jurusan Penyuluhan Perikanan di Sekolah Tinggi Perikanan (STP) Jakarta dan Tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikan Master dan meraih gelar *Master of Science* (M.Sc) in Aquaculture and Marine Resource Management di Wageningen University and Reserach (WUR) The Netherlands. Penulis memiliki pengalaman kerja sebagai Penyuluh Perikanan di Dinas Perikanan Kabupaten Bekasi, Jawa Barat pada Tahun 2013. Penulis juga pernah bekerja sebagai pegawai tidak tetap di Sekolah Tinggi Perikanan (STP), Jakarta pada Tahun 2014-2015, dan sebagai *Aqauculture Specialist* di sebuah Yayasan *World Wildlife for Fund* (WWF) Indonesia pada Tahun 2020-2021. Pengalaman kerja lainnya adalah sebagai *Manager Area* di salah satu *startup* perikanan Indonesia bernama PT. Aruna Jaya

Nuswantara pada Tahun 2021-2022. Sejak Tahun 2022 hingga saat ini, penulis juga menjadi tenaga ahli dari Yayasan BLUE SEED Indonesia yang fokus pada kegiatan konservasi lingkungan. Pada Tahun 2024 hingga saat ini, penulis juga berperan sebagai Head of Aquaculture Division pada Startup Akuakultur bernama Crustea Indonesia.

BIODATA PENULIS



Fauzia Nur

Dosen Jurusan Perikanan

Penulis lahir di Pangkep tanggal 20 Agustus 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Akuakultur/ Budidaya Perikanan Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Sulawesi Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Perairan di Universitas Muslim Indonesia pada tahun 2015 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin pada tahun 2019. Penulis menekuni bidang Bioremediasi.

BIODATA PENULIS



Wa Ode Sry Wulan, S.Pi.,M.Si

Dosen Program Studi Teknologi Pembenihan Ikan
Politeknik Bombana

Penulis lahir di kota Raha tanggal 18 April 1986. Penulis adalah anak dari (Alm) Bapak La Ode Musrifin Effendi dan Ibu Wa Ode Nurtina Ndoasa. Saat ini, penulis telah menjadi Dosen Tetap Program Studi Teknologi Pembenihan Ikan, Politeknik Bombana. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Perairan di Universitas Dayanu Ikhsanuddin dan melalui Beasiswa Unggulan dari DIKTI penulis dapat melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Akuakultur di Institut Pertanian Bogor. Penulis memiliki hobi menulis mulai dari puisi, cerpen, novel platform hingga buku ilmu pengetahuan. Sebelumnya penulis telah menulis sebuah buku kolaborasi pertamanya di penerbit Get Press dengan judul *"Penyuluhan Perikanan"* dan buku kali ini adalah buku kolaborasi kedua penulis dengan penerbit Get Press. Senang sekali rasanya bisa kembali bekerjasama dengan Penerbit Get Press. Semoga ke depannya, penulis bisa menjadi penulis tunggal seperti penulis-penulis lainnya.