

Dr. Andri Kurniawan, S.Pi., M.P.
Eva Prasetyono, S.Pi., M.Si.
Denny Syaputra, S.Pi., M.Si.

Buku Ajar

Eksistensi Plankton di Perairan



Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014
tentang Hak Cipta

Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).

Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000 (satu miliar rupiah).

Setiap orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/ataupidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Eksistensi Plankton Di Perairan

Dr. Andri Kurniawan, S.Pi., M.P.

Eva Prasetyono, S.Pi., M.Si.

Denny Syaputra, S.Pi., M.Si.



**Penerbit UBB Press
Bangka**

Eksistensi Plankton di Perairan

Penulis

Dr. Andri Kurniawan, S.Pi., M.P.

Eva Prasetyono, S.Pi., M.Si.

Denny Syaputra, S.Pi., M.Si.

Penerbit UBB Press

Kampus Terpadu UBB,

Jln. Raya Balunijuk, Kec. Merawang, Bangka Belitung

tp3ubb@gmail.com

Penyunting

Diah Mustikasari

Perancang Sampul

Andri Kurniawan

Sebagian ilustrasi diambil dari internet

Cetakan pertama, Februari 2023

Kabupaten Bangka, Penerbit UBB Press, 2023

vi + 103 hal; 14,8 cm x 21 cm

ISBN: xxx-xxxx-xx-x

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa persetujuan tertulis dari Penerbit

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur hanya untuk Allah SWT, Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan nikmat, kekuatan, dan kesempatan dalam menjalani lebar kisah kehidupan. Sholawat dan salam tersampaikan bagi Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat Beliau hingga akhir masa. Teriring doa bagi kita semua semoga senantiasa dalam lindungan dan bimbingan Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang.

Plankton adalah mikroorganisme yang hidup melayang-layang di perairan. Plankton dibedakan atas dua, yaitu fitoplankton yang berperan sebagai produsen dan zooplankton yang berperan sebagai konsumen pertama pada tingkat trofiknya. Kekayaan fitoplankton dan zooplankton dapat menggambarkan kualitas suatu perairan dalam kaitannya dengan pemanfaatan potensi sumber daya hayati di perairan tersebut.

Penulisan buku ajar Eksistensi Plankton di Perairan ini dimaksudkan sebagai salah satu sumber referensi dan materi pembelajaran bagi mahasiswa khususnya dan semua pembaca umumnya.

Buku ajar Eksistensi Plankton di Perairan ini digunakan di dalam Mata Kuliah Ekologi Perairan. Kajian plankton sangat relevan dengan ekologi perairan karena adanya korelasi antara faktor lingkungan dan plankton atau sebaliknya bahwa keberadaan plankton dapat mempengaruhi kualitas perairan. Buku ajar Eksistensi Plankton di Perairan berisi teori tentang ruang lingkup hidrobiologi, ruang lingkup planktonologi, fitoplankton dan zooplankton, serta analisis plankton.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Bangka Belitung yang telah memberikan dukungan pendanaan pada riset dan publikasi serta Jurusan Akuakultur yang telah memberikan dukungan non materi selama pelaksanaan penelitian dan publikasi.

Buku ajar ini tidak lepas dari keterbatasan dan kekurangan. Kami sebagai penulis berharap mendapat masukan konstruktif dari para pembaca untuk menjadikan buku ajar ini menjadi lebih baik di kemudian hari.

Bangka, November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi.....	v
Bab 1. Ruang Lingkup Hidrobiologi.....	1
Bab 2. Ruang Lingkup Planktonologi	19
Bab 3. Fitoplankton dan Zooplankton.....	37
Bab 4. Analisis Plankton	61
Glosarium	97
Indeks.....	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan fitoplankton dan Zooplankton.....	21
Tabel 3.1. Beberapa contoh genus fitoplankton dari masing-masing kelasnya	39
Tabel 3.2. Beberapa contoh genus zooplankton dari masing-masing kelasnya	52
Tabel 4.1. Perbandingan antarmetode dalam perhitungan plankton	80
Tabel 4.2. Hubungan antara indeks saprobik dengan tingkat pencemaran perairan	89
Tabel 4.3. Organisme penyusun tingkat saprobita	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.3. Pembagian zonasi perairan tawar bagi organisme	10
Gambar 1.4. Profil bagian-bagian laut secara horizontal dan vertikal	13
Gambar 2.1. Phytoplankton diversity.....	23
Gambar 2.2. Zooplankton collected to the west of the Mariana Islands.....	24
Gambar 2.3. Skema plankton berdasarkan ukuran tubuh.....	26
Gambar 2.4. Beberapa contoh plankton berdasarkan ukuran dan perannya	32
Gambar 3.1. General scheme of the carbon and oxygen cycle between chloroplast photosynthesis (left) and mitochondrian respiration (right) in eukaryotic algae	39
Gambar 3.2. Bacillariophyceae.....	42
Gambar 3.3. Chlorophyceae.....	42
Gambar 3.4. Cyanophyceae.....	43
Gambar 3.5. Cyanophyceae.....	44
Gambar 3.6. Euglenophyceae.....	45
Gambar 3.7. Dinoflagellates.....	46
Gambar 3.8. Trebouxiophyceae	47
Gambar 3.9. Trebouxiophyceae	48
Gambar 3.10. Zygnematophyta.....	49

Gambar 3.11. Skema rantai atau makanan pada tingkat Mikroorganisme	51
Gambar 3.12. Microzooplankton.....	53
Gambar 3.13. Rotifer	54
Gambar 3.14. Zooplankton	55
Gambar 4.1. Contoh teknik pengawetan sampel plankton dengan lugol.....	72
Gambar 4.2. Metode Sedgwick-Rafter	75
Gambar 4.3. Metode Sedgwick-Rafter.....	76
Gambar 4.4. Metode Palmer-Maloney.....	77
Gambar 4.5. Hemocytometer <i>improved</i> Neubauer.....	78
Gambar 4.6. Bilik hemocytometer <i>improved</i> Neubauer dan empat kotak terluar dari bilik hemocytometer	78
Gambar 4.7. Bilik Petroff-Hausser <i>improved</i> Neubauer dan kotak perhitungan dari bilik Petroff-Hausser	79
Gambar 4.8. Grafik suksesi	93

BAB 1.

RUANG LINGKUP HIDROBIOLOGI

Pada Bab 1 di dalam buku ajar ini dijelaskan tentang definisi ruang lingkup hidrobiologi dan kelompok organisme di habitat akuatik. Pada bagian ini memberikan ruang diskusi bagi mahasiswa membahas ruang lingkup hidrobiologi dan pengelompokan organisme di perairan sebagai dasar untuk memahami materi selanjutnya. Oleh karenanya, secara umum materi yang disampaikan pada Bab 1 ini diharapkan mendukung tercapainya tujuan instruksional umum, tujuan instruksional khusus, dan tugas mandiri sebagai bahan evaluasi bagi mahasiswa.

Tujuan Instruksional umum:

Mahasiswa mampu menjelaskan ruang lingkup hidrobiologi dan kelompok organisme perairan.

Tujuan Instruksional khusus:

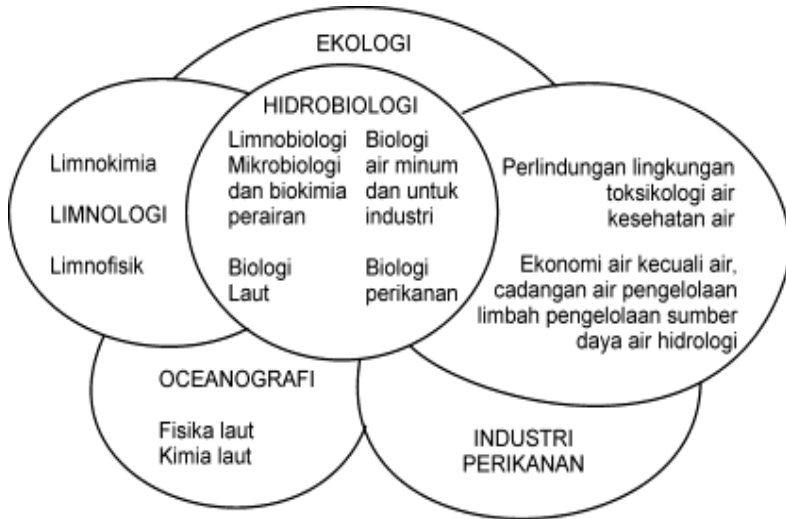
1. Mahasiswa mampu menjelaskan menjelaskan ruang lingkup hidrobiologi.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang berbagai kelompok organisme perairan.

A. Ruang Lingkup Hidrobiologi

Hidrobiologi dapat didefinisikan dari sukukatanya, yaitu hidro (hydros) yang berarti air, bios yang berarti hayati atau hidup, dan logi (logos) yang berarti ilmu atau kajian. Hidrobiologi dapat dideskripsikan sebagai ilmu atau kajian yang mempelajari semua organisme yang hidup di lingkungan perairan.

Ilmu biologi, biologi perairan, dan ekologi perairan menjadi dasar di dalam hidrobiologi. Ruang lingkup hidrobiologi meliputi kajian tentang habitat perairan, organisme perairan baik mikroorganisme seperti bakteri, jamur, plankton, bentos, perifiton, dan sebagainya serta makroorganisme seperti ikan, tumbuhan air, dan sebagainya.

Hidrobiologi sebagai suatu cabang ilmu yang memiliki relevansi dengan ekologi perairan. Ekologi adalah suatu ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara organisme dengan lingkungannya. Organisme air memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai untuk kehidupan yang optimal. Keterkaitan antara sejumlah ilmu yang relevan dengan kajian ekologi dan hidrobiologi ditampilkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Keterkaitan hidrobiologi dengan lainnya (Uhlman, 1979 dalam Widyastuti dan Siregar, 2022).

B. Pengelompokan Organisme Perairan

Individu merupakan suatu spesies yang menempati suatu lingkungan, sedangkan kumpulan dari individu-individu sejenis disebut populasi. Populasi-populasi dari organisme yang berinteraksi di suatu lingkungan disebut komunitas. Interaksi atau hubungan antarorganisme dengan lingkungan abiotiknya disebut ekosistem.

Organisme dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori dalam keterkaitannya dengan kajian ekologi, yaitu (1) berdasarkan peranan atau kedudukannya di

dalam suatu rantai makanan atau tingkat trofik, (2) berdasarkan cara hidupnya di lingkungan, dan (3) zonasi lingkungannya.

1. Berdasarkan peranan atau kedudukannya di rantai (jaring) makanan atau tingkat trofik.

Organisme dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan peranan atau kedudukannya di dalam tingkat trofik, yaitu autotrof, heterotrof, dan dekomposer.

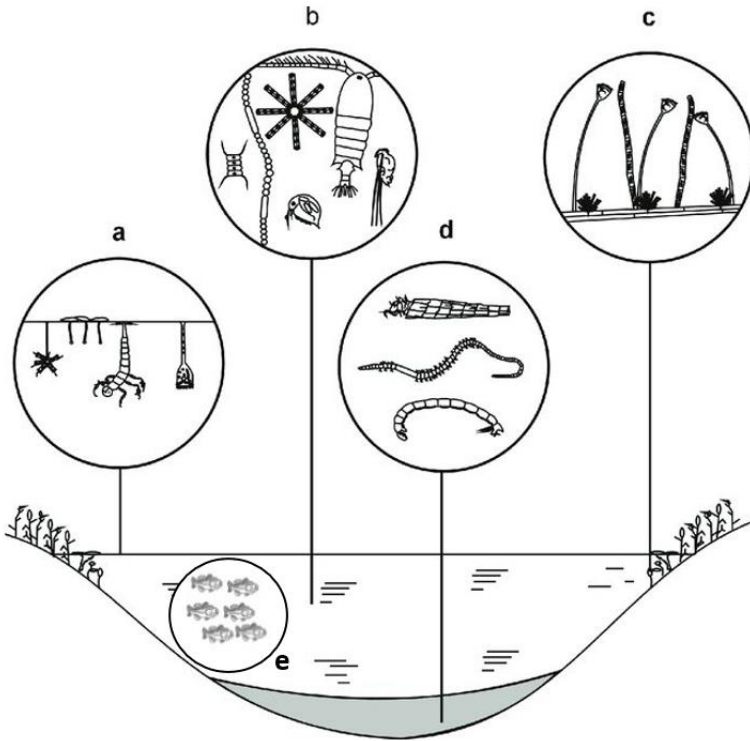
- a) Produsen atau organisme autotrof adalah suatu organisme yang mampu mengubah senyawa anorganik menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari. Kelompok ini adalah tumbuhan atau organisme yang berperan seperti tumbuhan yang memiliki pigmen klorofil yang sangat penting di dalam proses fotosintesis tersebut.
- b) Konsumen atau organisme heterotrof adalah suatu organisme yang tidak dapat melakukan proses fotosintesis, tidak menghasilkan senyawa organik dari senyawa anorganik, dan memperoleh energi dengan mengonsumsi organisme autotrof. Kelompok organisme heterotrof yang langsung menggunakan organisme autotrof sebagai sumber

energinya disebut kelompok herbivora. Herbivora menempati posisi sebagai konsumen tingkat pertama di dalam struktur trofik atau rantai (jaring) makanan. Herbivora selanjutnya dimakan kelompok heterotrof lainnya yang disebut kelompok karnivora (pemakan kelompok hewan) atau juga kelompok omnivora (pemakan kelompok hewan dan tumbuhan). Karnivora maupun omnivore menempati level di atas herbivora dalam struktur trofiknya.

- c) Pengurai atau dekomposer adalah suatu organisme pengurai bahan-bahan organik kompleks yang berasal dari organisme hidup menjadi senyawa atau molekul yang sederhana. Hasil penguraian tersebut dimanfaatkan oleh organisme autotrof sebagai pendukung pertumbuhannya.

2. Berdasarkan cara hidupnya.

Organisme dapat dikelompokkan menjadi lima berdasarkan cara hidupnya yang melayang, bergerak aktif, hingga menempel pada substrat, yaitu plankton, nekton, bentos, perifiton, serta neuston dan pleuston (Gambar 1.2).



Gambar 1.2. Kelompok organisme berdasarkan cara hidupnya, a) pleuston dan neuston, b) plankton, c) perifiton, d) benthos, serta e) nekton (Kolwzan et al. 2006).

- a) Neuston dan Pleuston adalah organisme yang tidak melekat pada substrat di perairan dan hidup atau beraktivitas di bagian permukaan perairan (di atas atau di bawah batas antara air dan udara). Neuston adalah organisme yang mengapung di atas air

(epineuston) atau hidup tepat di bawah permukaan (hyponeuston), sedangkan pleuston adalah organisme yang hidup di lapisan permukaan tipis yang ada di udara antarpermukaan air dari badan air. Neuston terkadang hanya mengandalkan tegangan permukaan air untuk mempertahankan posisinya mengapung di atas permukaan air seperti serangga air, protozoa, dan sebagainya. Pleuston banyak dipengaruhi oleh pergerakan angin seperti Physalia, Velella, dan sebagainya.

- b) Plankton adalah organisme yang cara hidupnya melayang, bergerak secara pasif di perairan, dan pergerakannya bergantung pada arus atau aliran air. Plankton berdasarkan fungsi ekologisnya dapat dikelompokkan menjadi fitoplankton (plankton autotrofik), zooplankton (plankton heterotrofik), bakterioplankton dan virioplankton yang berperan di dalam dekomposisi, siklus biogeokimiawi, atau sumber infeksi penyebab penyakit.
- c) Perifiton atau Aufwuchs adalah organisme yang menempel pada substrat organik maupun anorganik hidup ataupun mati. Perifiton berperan penting menjaga keseimbangan rantai makanan

pada ekosistem perairan, biofilter, dan indikator kualitas air. Perifiton dapat berupa hewan terdiri atas protozoa dan rotifera, sedangkan perifiton jenis tumbuhan terdiri atas mikroalga.

- d) Bentos adalah organisme yang cara hidupnya di bergerak di dasar perairan, baik pada bagian permukaan dasar perairan maupun di dalam dasar perairan. Bentos berdasarkan cara makannya dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu *filter feeders* (organisme penyaring) seperti jenis kerang dan *deposit feeders* (organisme pemakan deposit) seperti siput, cacing, dan sebagainya.
- e) Nekton adalah organisme yang cara hidupnya berenang bebas, berpindah atau bergerak aktif, dan memiliki kemampuan melawan arus. Beberapa contoh nekton antara lain ikan, udang, kepiting, amfibi, serangga air, dan sebagainya.

3. Berdasarkan zonasi atau subhabitat.

Pengelompokan organisme dapat juga dilakukan berdasarkan zonasi atau subhabitatnya, yaitu perairan tawar dan perairan laut. Organisme dikelompokkan berdasarkan kedalaman perairan dan penetrasi sinar matahari (Gambar 1.3, Gambar 1.4, dan Gambar 1.5).

3.1. Perairan tawar

Perairan tawar dikelompokkan menjadi perairan tenang (lentik) dan perairan mengalir (lotik) yang masing-masing memiliki zonasinya.

a) Perairan tenang atau lentik.

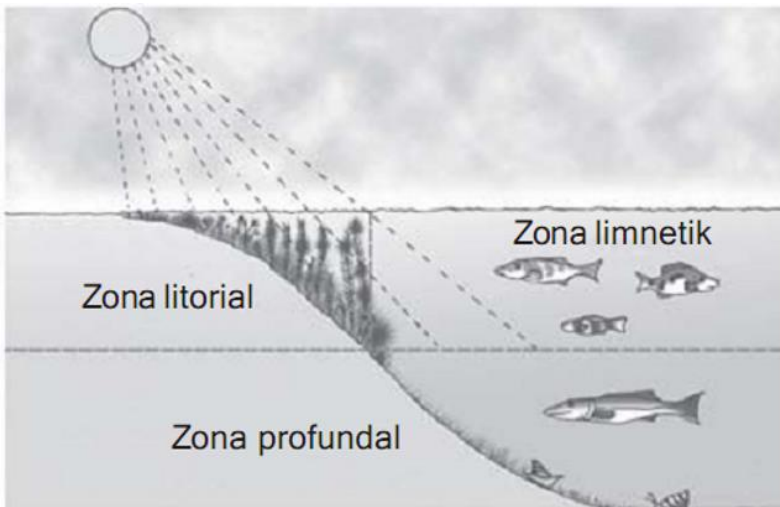
Organisme di perairan lentik dapat diklasifikasikan ke dalam tiga zona atau subhabitat, yaitu:

- Zona litoral adalah perairan berair dangkal, sinar matahari dapat berpenetrasi hingga mencapai dasar perairan, dan terdapat vegetasi berakar (di perairan bebas) yang mungkin tidak dijumpai di perairan buatan.
- Zona limnetik adalah perairan terbuka, tidak dibatasi tepian, dan intensitas sinar matahari yang masuk ke perairan banyak. Zona litoral dan limnetik ini dikenal sebagai yufotik, yaitu zona air yang mengalami penyinaran baik.
- Zona profundal adalah dasar perairan dan bagian lapisan perairan yang tidak mengalami efektivitas penetrasi sinar matahari (afotik).

b) Perairan mengalir atau lotik.

Organisme perairan mengalir dapat diklasifikasikan ke dalam dua zona atau sub habitat, yaitu:

- Daerah riam adalah perairan dangkal dan berarus cukup kuat sehingga pengendapan bahan, partikel, atau sedimentasi tidak terjadi di dasar perairan. Perairan ini memiliki dasar yang bersifat padat. Komunitas organisme yang hidup di perairan ini adalah perifiton yang melekat erat pada substrat padat dan nekton yang dapat melawan arus kuat.
- Daerah arus lambat adalah perairan yang memiliki arus lemah dan umumnya lebih dalam daripada daerah riam. Partikel-partikel dapat mengalami pengendapan di zona perairan ini.



Diadaptasi dari Eugene P. Odum, 1993

Gambar 1.3. Pembagian zonasi perairan tawar bagi organisme (Odum et al. 1993).

3.2. Perairan laut

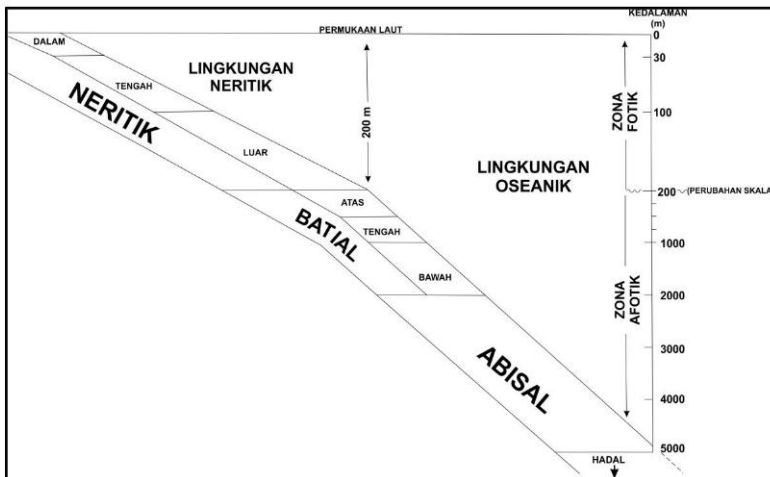
Perairan laut juga mempunyai zonasi atau pembagian daerah berdasarkan intensitas cahaya matahari yang menembus perairan dan berdasarkan kedalaman dari jarak tepi pantai.

- a) Berdasarkan intensitas cahaya matahari di perairan
- Zona fotik adalah daerah yang masih dapat ditembus oleh cahaya matahari, memiliki kedalaman < 200 m. organisme fotosintetik banyak mendominasi zona perairan ini.
 - Zona twilight adalah zona yang masih dapat ditembus oleh sinar matahari dengan intensitas rendah sehingga disebut daerah remang-remang, memiliki kedalaman antara 200-2000 m, dan organisme fotosintetik tidak mampu berfotosintesis dengan optimal.
 - Zona afotik adalah bagian perairan yang tidak dapat lagi ditembus oleh cahaya matahari sehingga selalu gelap, memiliki kedalaman > 2000 m, dan tidak ada organisme fotosintetik di zona ini.

- b) Berdasarkan kedalaman dari jarak tepi pantai
- Zona litoral adalah zona yang dangkal dan terdekat dari daratan, dikenal sebagai zona pasang surut karena daratan dapat menjadi tergenang ketika perairan pasang dan kembali menjadi pesisir pantai ketika perairan surut, akan menjadi pesisir pantai. Organisme yang dijumpai di zona litoral perairan laut antara lain bintang laut, bulu babi, udang, kepiting, cacing laut, dan sebagainya.
 - Zona neritik adalah zona dangkal pada habitat air laut setelah zona litoral. Zona ini masih menerima sinar matahari dengan intensitas yang baik, dan memiliki kedalaman < 200 m. Organisme di zona neritik pada perairan laut yang banyak ditemukan antara lain ganggang, ikan, coral, dan sebagainya.
 - Zona batial adalah zona yang berada setelah zona neritik dengan kedalaman berkisar antara 200-2000 m. Zona batial memiliki karakteristik remang-remang sehingga aktivitas fotosintesis terbatas dan tidak efektif. Organisme nekton

lebih banyak berada pada daerah zona batial khususnya ikan ikan pemangsa seperti hiu.

- Zona abisal adalah zona setelah batial yang memiliki kedalaman > 2000 m, perairan terdalam, cahaya tidak mampu menembus lapisan perairan ini. Organisme laut dalam banyak mendominasi perairan ini.



Gambar 1.4. Profil bagian-bagian laut secara horizontal dan vertikal (Fauzielly et al. 2018).

C. Faktor Kehidupan Organisme Perairan

Kualitas perairan menjadi hal yang sangat penting dan dapat mempengaruhi kualitas kehidupan organisme perairan. Kehidupan biotik sangat bergantung pada

faktor fisika dan kimia perairan, serta faktor biologi yang melibatkan organisme lainnya yang dapat mempengaruhi kehidupan suatu organisme.

Batas minimum, optimum, dan maksimum dari setiap organisme untuk mentoleransi faktor lingkungan dapat berbeda-beda. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi morfologi dan fisiologi dari masing-masing organisme tersebut. Namun, secara umum faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan suatu spesies di perairan terdiri atas:

a. Faktor fisika

Massa air, suhu, kekeruhan, kecerahan, kedalaman, pola dan kecepatan arus, substrat, kekerasan (*hardness*), pasang surut, total padatan terlarut atau *total dissolved solid* (TDS), total padatan tersuspensi atau *total suspended solid* (TSS), dan intensitas cahaya.

b. Faktor kimia

Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO), *potential of hydrogen* (pH), ammonia, nitrat, nitrit, fosfat, salinitas, alkalinitas, logam (mineral), potensial redoks (Eh), konduktivitas, kebutuhan oksigen biologis atau *biological oxygen demand*

(BOD), dan kebutuhan oksigen kimiawi atau *chemical oxygen demand* (COD).

c. Faktor biologi

Tanaman air, pigmen dari organisme, diversitas organisme, parasit dan penyakit, kompetitor dan predator, dan nutrisi.

D. Peranan Hidrobiologi

Hidrobiologi sebagai suatu kajian yang terintegrasi dengan kajian lainnya memiliki peranan teoritis dan terapan, antara lain:

1. Kajian untuk mengeksplorasi potensi sumber daya hayati dan non hayati di lingkungan perairan.
2. Kajian untuk menelaborasi produktivitas perairan dan kemanfaatannya.
3. Kajian untuk mempelajari siklus biogeokimiawi yang terjadi di lingkungan perairan sehingga dapat dilakukan rekayasa lingkungan untuk mengoptimalkan fungsi ekologisnya.
4. Kajian untuk mengukur ketercemaran perairan dengan bioindikator organisme perairan dan variabel lainnya.

5. Kajian untuk mempelajari kemampuan lingkungan untuk melakukan suksesi dan meremediasi lingkungannya sendiri (*self-remediation*) atau bioremediasi (*bioremediation*).
6. Kajian pengelolaan perairan dan organisme perairan, konservasi, dan penyusunan kebijakan manajemen lingkungan perairan.

E. Tugas Mandiri

Tugas mandiri diberikan sebagai bahan diskusi dan untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa tentang hidrobiologi.

1. Jelaskan perbedaan antara ekologi dan hidrobiologi.
2. Jelaskan pengelompokan organisme cara hidupnya beserta contohnya.
3. Jelaskan peranan hidrobiologi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan manajemen lingkungan perairan.

Daftar Pustaka

- Dharmaji, D., Asmawi, S., Yunandar, Y., and Amalia, I., 2021. Analisis kelimpahan dan keanekaragaman perifiton di sekitar karamba jaring apung Sungai Barito Kalimantan Selatan. *Rekayasa*, 14(3), pp.307-318.
- Dharmaji, D., Asmawi, S., Yunandar, Y., and Kurniawan, R.R., 2020. Analisis kelimpahan dan keanekaragaman perifiton rawa Bangkau Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan. *EnviroScienteeae*, 16(3), pp.366-372.
- Fauzielly, L., Jurnaliah, L., and Fitriani, R., 2018. Paleobatimetri formasi Jatiluhur berdasarkan kumpulan foraminifera kecil pada lintasan Sungai Cileungsi, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 28(2), pp.157-166.
- Kolwzan, B., Adamiak, W., Grabas, K., and Pawelczyk, A., 2006. Introduction to Environmental Microbiology. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej: Wrocław, Poland.
- Manginsela, F.B., Rondo, M., Rondonuwu, A.R., Kambey, A.D., and Lumuindong, F., 2017. Ekologi Perairan Teluk Manado. Penerbit Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Muhtadi, A., Dhuha, O.R., Desrita, D., Siregar, T., and Muammar, M., 2017. Kondisi habitat dan keragaman nekton di hulu daerah aliran Sungai Wampu,

- Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. *Depik*, 6(2), pp.90-99.
- Muhtadi, A., Yunasfi, Y., Rais, F.F., Azmi, N., and Ariska, D., 2015. Struktur komunitas biologi di Danau Pondok Lapan, Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 2(2), pp.83-89.
- Odum, E.P., 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Penerjemah: Srigandono, B., and Samingan, T., 1996. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Salim, D., Yuliyanto, Y., and Baharuddin, B., 2017. Karakteristik parameter oseanografi fisika-kimia perairan Pulau Kerumputan Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Enggano*, 2(2), pp.218-228.
- Widyastuti, E., and Siregar, A.S., 2022. Hidrobiologi. Universitas Terbuka. Jakarta.

BAB 2.

RUANG LINGKUP PLANKTONOLOGI

Pada Bab 2 di dalam buku ajar ini dijelaskan tentang definisi plankton, karakteristik dan pengelompokan, serta peranan plankton bagi lingkungan. Pada bagian ini memberikan ruang diskusi bagi mahasiswa membahas planktonologi, pengelompokan, dan peranannya di suatu lingkungan sebagai dasar untuk memahami materi selanjutnya. Oleh karenanya, secara umum materi yang disampaikan pada Bab 2 ini diharapkan mendukung tercapainya tujuan instruksional umum, tujuan instruksional khusus, dan tugas mandiri sebagai bahan evaluasi bagi mahasiswa.

Tujuan Instruksional umum:

Mahasiswa mampu menjelaskan ruang lingkup planktonologi.

Tujuan Instruksional khusus:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang kelompok plankton berdasarkan karakteristiknya.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan peranan plankton di suatu lingkungan.

A. Ruang Lingkup Plankton

Plankton pertama kali ditemukan dan diperkenalkan pada tahun 1887 oleh Victor Hensen dari Universitas Kiel, Jerman dan disempurnakan oleh Ernst Haeckel pada tahun 1890. Plankton, istilah ini berasal dari Bahasa Yunani, yaitu “planktos” yang berarti “pengembara”. Plankton adalah mikroorganisme dan makroorganisme yang menyerupai hewan dan tumbuhan yang ditemui hidup mengapung, mengambang, atau melayang di perairan, tidak bergerak atau pergerakan renangnya terbatas, mengikuti atau terbawa arus, dan tidak dapat melawan arus, serta ditemukan hidup di perairan tawar, payau, dan laut.

Plankton secara umum dapat dibedakan menjadi dua golongan besar, yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton merupakan plankton yang memiliki sifat menyerupai tumbuhan, yaitu bersifat autotrof atau mampu berfotosintesis sehingga fitoplankton dapat berperan sebagai produsen di dalam ekosistem air atau produksi primer. Zooplankton merupakan plankton yang menyerupai hewan karena memiliki karakteristik seperti hewan, yaitu bersifat heterotrof dan berperan sebagai konsumen tingkat I pada tingkat tropik di dalam suatu

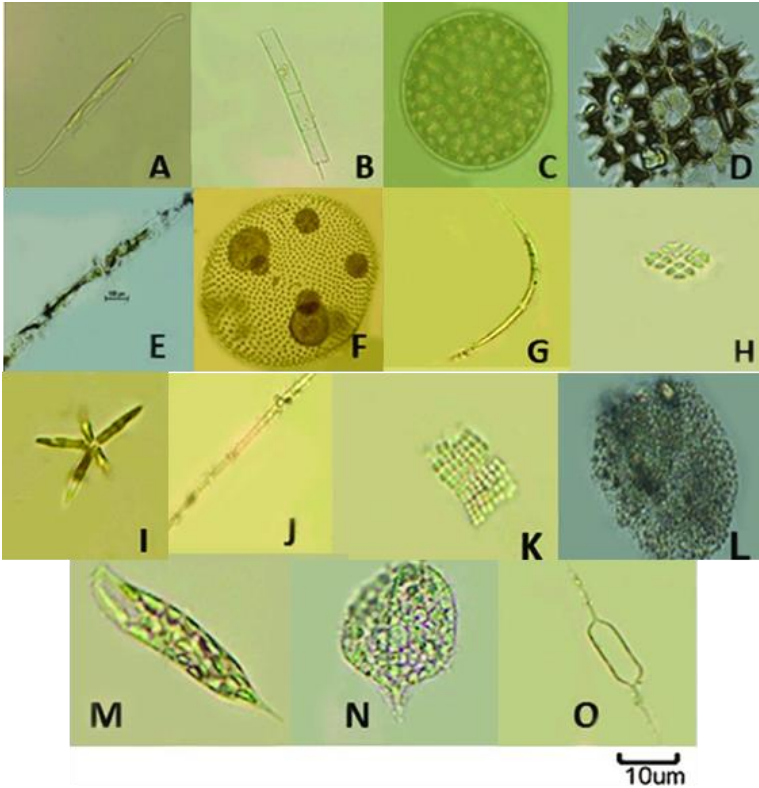
lingkungan perairan atau produksi sekunder. Fitoplankton dan zooplankton memiliki sejumlah ciri yang membedakan antara keduanya sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.1, Gambar 2.2, dan Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perbandingan fitoplankton dan zooplankton

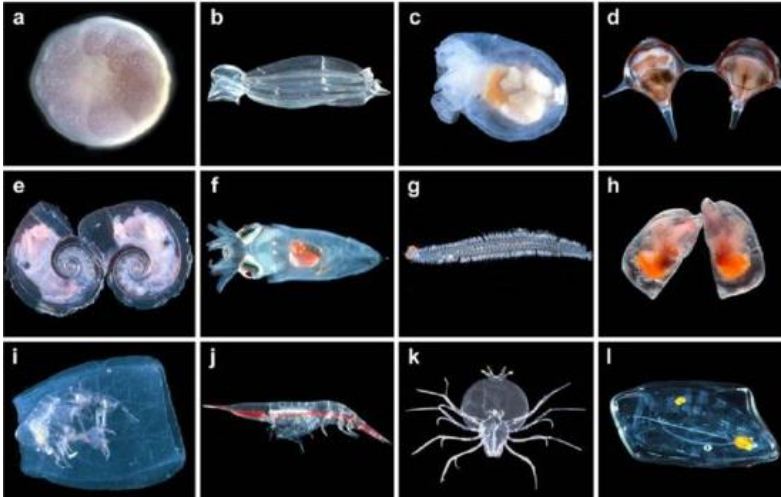
No	Parameter	Fitoplankton	Zooplankton
1	Sifat berdasarkan nutrisi	Autotrof	Heterotrof
2	Etimologi	Phyto: tumbuhan Planktos: pengembara	Zoo: hewan Planktos: pengembara
3	Habitat	Dominan dijumpai di permukaan perairan hingga kedalaman yang masih dapat ditembus cahaya matahari	Dijumpai di semua lapisan kedalaman perairan, mulai dari permukaan hingga dasar perairan
4	Pembebasan Oksigen	Menghasilkan oksigen melalui fotosintesis	Tidak dapat menghasilkan oksigen. Hanya dapat memanfaatkan

No	Parameter	Fitoplankton	Zooplankton
			oksigen melalui respirasi
5	Pergerakan	Terbatas (motile)	Cenderung lebih aktif (mobile)
6	Warna	Ditentukan berdasarkan pigmen	Lebih bervariasi
7	Tipe berdasarkan daur hidup		Holoplankton dan Meroplankton
8	Manfaat secara ekologi	Produsen primer, dasar mata rantai kehidupan, penstabil perairan, penduga kesuburan perairan	Predator fitoplankton, pakan alami biota perairan, penduga toksisitas perairan

Sumber: Apriadi et al. (2021).



Gambar 2.1. Phytoplankton diversity-Bacillariophyta (A-C); Chlorophyta (D-I); Cyanobacteria (J-L); Euglenophyta (M-N); Ochrophyta (O). Species in details: (A) *Nitzschia reversa*, (B) *Aulacoseira granulata*, (C) *Thalassiosira* sp., (D) *Pediastrum duplex*, (E) *Mougeotia* sp., (F) *Volvox* sp., (G) *Closteriopsis* sp., (H) *Crucigenia* sp., (I) *Actinastrum* sp., (J) *Anabaena* sp., (K) *Merismopedia* sp., (L) *Microcystis* sp., (M) *Euglena* sp., (N) *Phacus* sp., (O) *Centritractus* sp. (Sarkar et al. 2019).



Gambar 2.2. Zooplankton collected to the west of the Mariana Islands in July 2006 that were examined in this study. a planula larva (2.1 mm in diameter, Cnidaria: Anthozoa), b siphonophore, *Abyla* sp. (55.6 mm in total length, Cnidaria: Hydrozoa), c unshelled pteropod *Hydromyles* sp. (6.0 mm in total length, Mollusca: Gastropoda), d shelled pteropods, *Diacria* sp. (7.6 mm in shell length, Mollusca: Gastropoda), e atlantid heteropods, *Atlanta* sp. (5.0-5.4 mm in shell length, Mollusca: Gastropoda), f squid (7.2 mm in total length) (Tsukamoto et al. 2009).

B. Pengelompokan Plankton

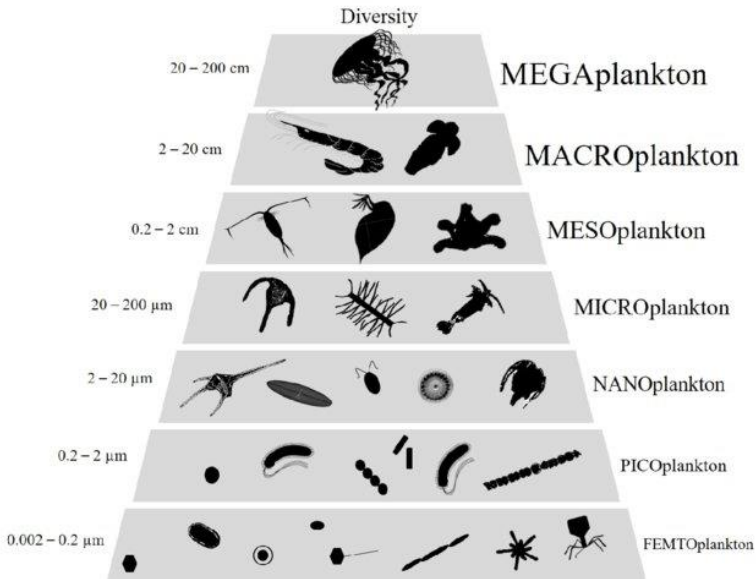
Plankton juga dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa hal, yaitu (a) ukuran tubuh, (b) fungsi ekologis, (c) daur hidup, (d) distribusi atau sebaran, serta (d) pergerakan arus air.

1. Berdasarkan Ukuran

Plankton dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran tubuhnya, yaitu:

- a) Femtoplankton, yaitu plankton yang berukuran 0,02-0,2 μm seperti virus laut (*marine virus*) yang dikenal juga dengan istilah virioplankton.
- b) Pikoplankton, yaitu plankton yang berukuran 0,2-2 μm yang umumnya bakteri dimasukkan ke dalam kelompok ini seperti sianobakteri tidak berfilamen, yaitu *Synechococcus*.
- c) Nanoplankton, yaitu plankton yang berukuran 2-20 μm seperti kokolitoforid atau kokolitofor dan berbagai mikroflagellata.
- d) Mikroplankton, yaitu plankton yang berukuran 20-200 μm seperti fitoplankton diatom dan dinoflagellata.
- e) Mesoplankton, yaitu plankton yang berukuran 0,2-2 mm dan ada yang menyatakan 0,2-2 cm seperti zooplankton dari kelompok kopepod, amfipod, ostrakod, dan kaetognat serta fitoplankton dari kelompok Noctiluca.
- f) Makroplankton, yaitu plankton yang berukuran 2-20 cm seperti eufausid, sergestid, dan pteropod.

- g) Megaplankton, yaitu plankton yang berukuran > 20 cm seperti Schyphomedusa.



Gambar 2.3. Skema plankton berdasarkan ukuran tubuh (Colombet et al. 2020).

2. Berdasarkan Fungsi Ekologis

Plankton dapat dikelompokkan berdasarkan fungsinya di suatu perairan, yaitu:

- a) Fitoplankton, yaitu plankton nabati yang memiliki sifat seperti tumbuhan antara lain autotrof karena mampu berfotosintesis. Fitoplankton mampu berfotosintesis karena mengandung klorofil sehingga dapat mengubah bahan anorganik untuk

menghasilkan bahan organik melalui mekanisme proses fotosintesis. Ukuran fitoplankton umum berkisar antara 2-200 μm . Fitoplankton berperan sebagai produsen primer (*primary producer*) yang berada pada tingkat terendah pada rantai (jaring) makanan.

- b) Zooplankton, yaitu plankton hewani yang memiliki sifat seperti hewan. Zooplankton bersifat heterotrof yang tidak mampu memproduksi bahan organik dari bahan anorganik dan sebaliknya menghasilkan bahan anorganik dari bahan organik. Zooplankton umumnya berukuran 0,2-2 mm. Kehidupan zooplankton sangat bergantung pada fitoplankton yang mampu memproduksi bahan organik sebagai sumber makanannya. Zooplankton merupakan konsumen pertama pada rantai (jaring) makanan yang memanfaatkan produksi primer dari fitoplankton. Zooplankton menghubungkan rantai (jaring) makanan kepada konsumen lain di atasnya seperti karnivora kecil, sedang, hingga besar dan mempengaruhi rantai (jaring) makanan.
- c) Bakterioplankton, yaitu bakteri yang hidup sebagai plankton, berukuran $< 1 \mu\text{m}$, tidak mempunyai inti

sel, dan pada umumnya tidak memiliki klorofil. Bakterioplankton menjalankan fungsi sebagai dekomposer atau pengurai bahan organik sehingga menghasilkan unsur hara di suatu perairan. Unsur-unsur hara tersebut dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton pada proses fotosintesis di perairan.

- d) Virioplankton, yaitu plankton dari kelompok virus yang hidup di perairan, berukuran $< 0,2 \mu\text{m}$, dan menjadikan bakterioplankton, fitoplankton, dan zooplankton sebagai inang (host). Virioplankton dapat juga berperan di dalam siklus karbon (*carbon cycle*) di dalam ekosistem.

3. Berdasarkan Daur Hidup

Plankton dapat dikelompokkan berdasarkan daur atau siklus hidupnya, yaitu:

- a) Holoplankton (*permanent plankton*) adalah kelompok plankton yang seluruh daur hidupnya dijalani sebagai plankton seperti copepoda, amfipod, dan kaetognat.
- b) Meroplankton (*temporary plankton*) adalah plankton yang hanya pada tahap awal daur hidupnya dijalani sebagai plankton, yakni pada

tahap telur dan larva saja seperti telur dan larva ikan dari beberapa jenis ikan, krustasea, kerang, dan gastropoda yang tergolong planktonik, yaitu terombang ambing mengikuti aliran atau pergerakan air. Meroplankton dapat mengalami fase sebagai nekton (bergerak bebas) atau bentos (hidup di dasar perairan).

- c) Tikoplankton bukanlah plankton sejati karena hidup normalnya berada di dasar laut sebagai bentos. Arus air dan pasang surut menyebabkan bentos ini terbawa atau terangkat ke atas dan lepas dari dasar yang kemudian terbawa arus dan mengembara sementara sebagai plankton seperti diatom Bacillariophyceae.

4. Berdasarkan Distribusi atau Sebaran

Plankton dapat dikelompokkan berdasarkan distribusi atau sebarannya di suatu perairan, yaitu:

- a) Plankton neritik yang terdistribusi di perairan pantai dan payau dengan salinitas yang relatif rendah. Plankton neritik merupakan campuran plankton perairan laut dan plankton perairan tawar seperti *Labidocera muranoi*.

- b) Plankton oseanik hidup di perairan lepas pantai hingga ke tengah samudra karena mampu hidup di perairan bersalinitas tinggi.

Plankton juga mengalami distribusi atau sebaran secara vertikal atau kedalaman perairan. Plankton dapat dikelompokkan berdasarkan kedalaman, yaitu:

- a) Epiplankton adalah plankton yang hidup di lapisan permukaan hingga kedalaman 100 m. Plankton ini disebut neuston seperti *Trichodesmium*.
- b) Mesoplankton adalah plankton yang hidup di lapisan tengah pada kedalaman sekitar 100-400 m. Fitoplankton sulit dijumpai pada kedalaman ini dan zooplankton dominan di kedalaman tersebut seperti *Eucheuta marina* dan *Thynasopoda*.
- c) Hipoplankton adalah plankton yang hidup di kedalaman lebih dari 400 m. Kelompok plankton ini dikenal sebagai batiplankton (*bathyp plankton*) yang hidup pada kedalaman > 600 m dan abisoplankton (*abyssoplankton*) yang hidup di lapisan yang paling dalam hingga mencapai 3000-4000 m seperti *Bentheuphausia ambylops*.

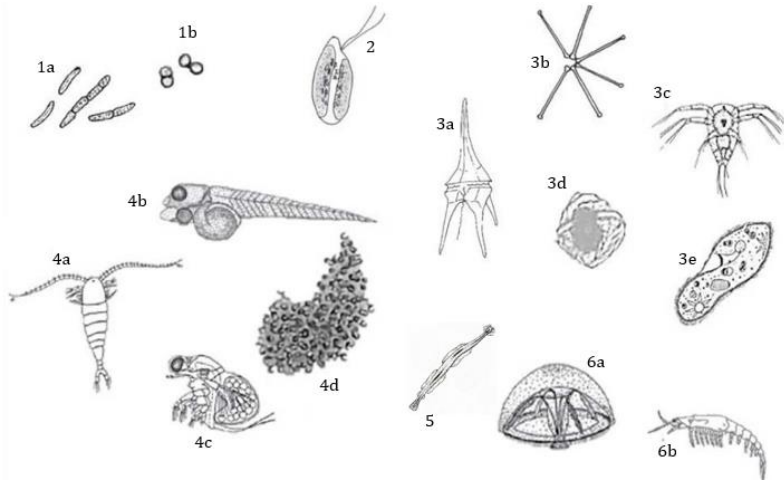
5. Berdasarkan Pergerakan Arus Air

Penyebaran plankton di dalam perairan sangat bergantung pada pergerakan arus air. Plankton dapat dikelompokkan menjadi dua jenis berdasarkan aktivitas pergerakan plankton mengikuti arus air, yaitu plankton sejati dan plankton semu.

- a) Plankton yang bergerak mengikuti arus tanpa adanya penempelan pada media terapung dikenal sebagai plankton sejati (euplankton).
- b) Plankton yang bergerak mengikuti arus melalui penempelan pada media terapung dan organisme itu tidak dapat berenang bebas dikenal sebagai plankton semu (pseudoplankton).

C. Peranan Plankton

Plankton memiliki peranan ekologis sangat penting dalam menunjang kehidupan di perairan, tapi apabila pertumbuhan plankton tidak terkendali dapat merugikan lingkungan dan organisme yang hidup di perairan tersebut. Beberapa contoh plankton yang eksis di suatu lingkungan perairan ditampilkan pada Gambar 2.2 yang dapat merepresentasikan ukuran dan peranannya.



Gambar 2.4. Beberapa contoh plankton berdasarkan ukuran dan perannya. 1. Pikoplankton: (a) Synechococcus, Synechocystis. 2. Nanoplankton: Cryptomonas. 3. Mikroplankton: (a) Ceratium, (b) Asterionella, (c) larva arthropoda Nauplii, (d) Peridinium, (e) Ciliata. 4. Mesoplankton: (a) Cepopoda, (b) larva ikan, (c) Cladocela, (d) koloni diatom Microcystis. 5. Makroplankton: Chaetognatha. 6. Megaplankton: (a) ubur-ubur, (b) krill (dimodifikasi dari Suthers dan Rissik, 2008; Bellinger dan Sigeo, 2015; Rosada dan Sunardi, 2021).

Peranan plankton yang menguntungkan maupun merugikan bagi lingkungan perairan dan organisme lainnya di perairan tersebut antara lain:

1. Fitoplankton secara umum berperan sebagai produsen yang menjalankan fungsi fotosintesis di dalam lingkungan perairan
2. Zooplankton berperan sebagai perantara di dalam rantai (jaring) makanan sebagai konsumen dari fitoplankton dan selanjutnya menjadi makanan bagi konsumen berikutnya.
3. Fitoplankton dan zooplankton berperan sebagai sumber makanan bagi organisme perairan pada fase tertentu.
4. Fitoplankton dan zooplankton dapat dijadikan sebagai indikator kesehatan lingkungan perairan.
5. Fitoplankton dan zooplankton dapat berperan dan dapat mengikasikan perubahan iklim global.
6. Plankton dapat berperan sebagai dekomposer.
7. Plankton juga dapat berperan merugikan bagi organisme dan lingkungan seperti *booming* alga red tide yang dapat menyebabkan kematian organisme, beberapa plankton bersifat menyebabkan sakit dan bersifat parasit, bersifat kompetitor, dan bahkan dapat menyebabkan kematian massal.

D. Tugas Mandiri

Tugas mandiri diberikan sebagai bahan diskusi dan untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa tentang planktonologi.

1. Jelaskan pengelompokan plankton berdasarkan (a) ukuran, (b) fungsi, (c) daur hidup, (d) distribusi atau sebaran, dan (e) pergerakan arus air.
2. Jelaskan peranan dari plankton bagi kehidupan dan lingkungan perairan.

Daftar Pustaka

- Apriadi, T., Muzammil, W., Melani, W.R., and Zulfikar, A., 2021. Buku Ajar Planktonologi. Umrah Press. Batam.
- Balqis, A.R.S., Yusoff, F.M., Arshad, A., and Nishikawa, J., 2016. Seasonal variations of zooplankton biomass and size-fractionated abundance in relation to environmental changes in a tropical mangrove estuary in the Straits of Malacca. *Journal of Environmental Biology*, 37(4), pp.685-695.
- Brewin, R.J., Sathyendranath, S., Hirata, T., Lavender, S.J., Barciela, R.M., and Hardman-Mountford, N.J., 2010. A three-component model of phytoplankton size class for the Atlantic Ocean. *Ecological Modelling*, 221(11), pp. 1472-1483.
- Colombet, J., Fuster, M., Billard, H., and Sime-Ngando, T., 2020. Femtoplankton: what's new?. *Viruses*, 12(8), p.881.
- Das, N., and Pandey, A., 2015. Role of Nanoplanktons in Marine food-webs. *International Letters of Natural Sciences*, 43(2015), pp.38-47
- Jakhar, P., 2013. Role of phytoplankton and zooplankton as health indicators of aquatic ecosystem: A review. *International Journal of Innovation Research Study*, 2(12), pp.489-500.
- Karnan, C., Jyothibabu, R., Kumar, T.M., Balachandran, K.K., Arunpandi, N., and Jagadeesan, L., 2017.

Seasonality in autotrophic mesoplankton in a coastal upwelling-mud bank environment along the southwest coast of India and its ecological implications. *Continental Shelf Research*, 146, pp.1-12.

Rosada, K.K., and Sunardi., 2021. Metode Pengambilan dan Analisis Plankton. UNPAD Press. Bandung

Sarkar, S.D., Naskar, M., Gogoi, P., Raman, R.K., Manna, R.K., Samanta, S., Mohanty, B.P., and Das, B.K., 2019. Impact assessment of barge trafficking on phytoplankton abundance and Chl a concentration, in River Ganga, India. *Plos One*, 14(9), 0221451.

Sukrismiati., Masithah, E.D., and Sudarno., 2020. Dinamika kepadatan dan keragaman plankton pada kolam dengan dasar yang berbeda di kolam pendidikan Fakultas Perikanan dan Kelautan. *Journal of Marine and Coastal Science*, 9(3), pp.127-138.

Tsukamoto, K., Yamada, Y., Okamura, A., Kaneko, T., Tanaka, H., Miller, M.J., Horie, N., Mikawa, N., Utoh, T., and Tanaka, S., 2009. Positive buoyancy in eel leptocephali: an adaptation for life in the ocean surface layer. *Marine Biology*, 156(5), pp.835-846.

Viles, C.L., and Sieracki, M.E., 1992. Measurement of marine picoplankton cell size by using a cooled, charge-coupled device camera with image-analyzed fluorescence microscopy. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(2), pp.584-592.

BAB 3.

FITOPLANKTON DAN ZOOPLANKTON

Pada Bab 3 di dalam buku ajar ini dijelaskan tentang fitoplankton dan zooplankton. Pada bagian ini memberikan ruang diskusi bagi mahasiswa membahas kehidupan fitoplankton dan zooplankton sebagai dasar untuk memahami materi selanjutnya. Oleh karenanya, secara umum materi yang disampaikan pada Bab 3 ini diharapkan mendukung tercapainya tujuan instruksional umum, tujuan instruksional khusus, dan tugas mandiri sebagai bahan evaluasi bagi mahasiswa.

Tujuan Instruksional umum:

Mahasiswa mampu menjelaskan ruang lingkup fitoplankton dan zooplankton.

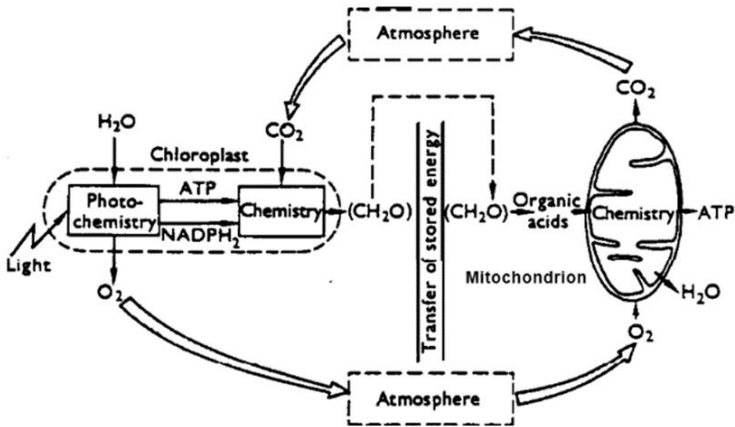
Tujuan Instruksional khusus:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang kelompok fitoplankton dan kelompok zooplankton.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan plankton.

A. Fitoplankton

Fitoplankton merupakan kelompok organisme perairan yang bersifat fotosintetik dan berperan sebagai produsen pada rantai makanan (*food chain*). Kemampuan fitoplankton untuk melakukan fotosintesis dikarenakan fitoplankton memiliki klorofil seperti tumbuhan pada umumnya. Fitoplankton mampu mengubah senyawa anorganik untuk menghasilkan senyawa organik dengan bantuan sinar matahari. Hasil fotosintesis dimanfaatkan oleh zooplankton dan organisme konsumen lainnya sebagai sumber makanan alami dan membentuk rantai atau jejaring makanan di lingkungan perairan. Skema umum proses fotosintesis berupa reaksi $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ menjadi bahan organik (CH_2O) dan O_2 (Gambar 3.1).

Fitoplankton dapat dijumpai di beberapa jenis perairan, yaitu perairan tawar seperti danau, sungai, kolam, dan waduk, perairan payau maupun perairan laut. Fitoplankton dapat hidup pada berbagai kedalaman selama sinar matahari masih mampu menembus kolom perairan untuk melakukan fotosintesis oleh fitoplankton.



Gambar 3.1. General scheme of the carbon and oxygen cycle between chloroplast photosynthesis (left) and mitochondrial respiration (right) in eukaryotic algae (Hall and Rae, 1977 *dalam* Prézelin et al. 1991).

Sejumlah referensi mengelompokkan fitoplankton ke dalam beberapa kelas sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.1 dan contoh visual beberapa genus dari fitoplankton ditampilkan pada Gambar 3.2.

Tabel 3.1. Beberapa contoh genus fitoplankton dari masing-masing kelasnya

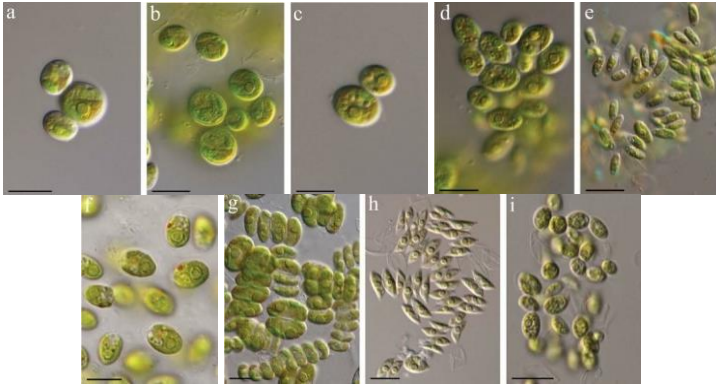
Kelas	Genus	
Bacillariophyceae	Achnanthes	Gomphonema
	Aulacoseira	Gyrosigma
	Cartuicula	Melosira
	Cocconeis	Navicula
	Coscinidiscus	Nitzschia
	Cyclotella	Pinnularia

Kelas	Genus	
	Cymatopleura Cymbella Diatoma Eunotia Fragilaria	Rhaicosphera Synedra Tabularia Thalassiosira
Charophyceae	Mougeotia	
Chlorophyceae	Actinastrum Ankistrodesmus Asterococcus Calodophora Chodatella Closterium Closteriopsis Coelastrum Coenocystis Cosmarium Crucigenia Euastrum Eudorina Gloeocystis Golenkinia Haematococcus	Keriochlamys Microsterias Mougeotia Oedogonium Pediastrum Polyedriopsis Pyrobotrys Quadrigula Scenedesmus Senastrum Staurostrum Stigeoclonium Tetraedron Tribonema Volvox
Chrysophyceae	Dinobryon	
Cocinodiscophyceae	Rhizosolenia	
Cryptophyceae	Cryptomonas	Rhodomonas
Cyanophyceae	Anabaena Anacystis Aphanocapsa Chroococcus Coccochloris Gleotrichia Lyngbya	Microcystis Oscillatoria Oscillatoria Phormidium Scytonema Spirulina Synechococcus

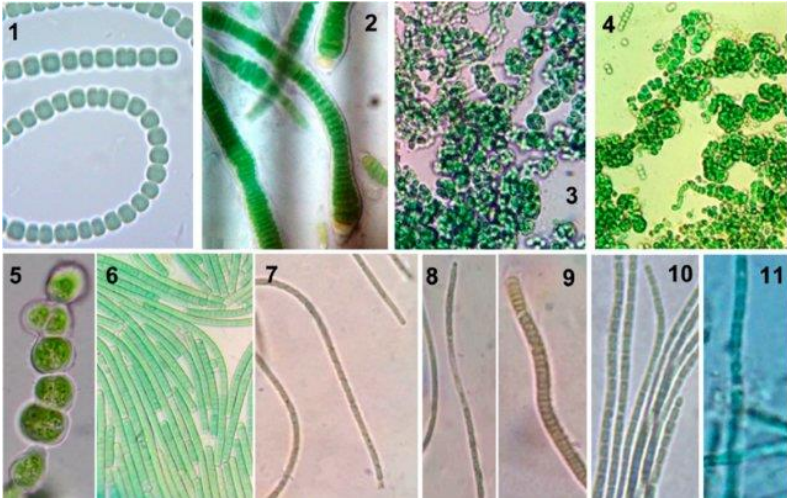
Kelas	Genus	
	Merismopedia	
Dinophyceae	Amphidinium Ceratum Dinophysis Glenodinium	Gonyaulax Heterocapsa Perinidium
Terbouxiophyceae	Botryococcus Crucigenia Chlorella	Dictyisphaerium Eremosphaera
Euglenoidea (Euglenophyceae)	Euglena Phacus	Trachelomonas
Zygnematophyceae	Cosmarium Closterium Onychonema	Spinoclosterium Spirogyra Staurostrum
Xanthophyceae	Aracnochloris Botrydiopsis	Centritractus



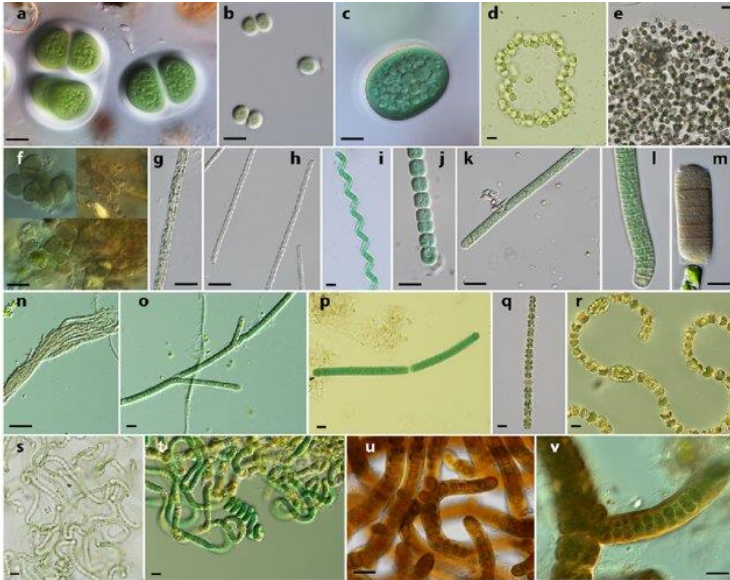
Gambar 3.2. Bacillariophyceae: a) *Synedra ulna*, b) *Nitzschia palea*, c) *Navicula gastrum*, d) *Gomphonema constrictum*, e) *Navicula cuspidate*, f) *Cymbella tumida*, g) *Fragilaria Crotonensis* (Tharik et al. 2021).



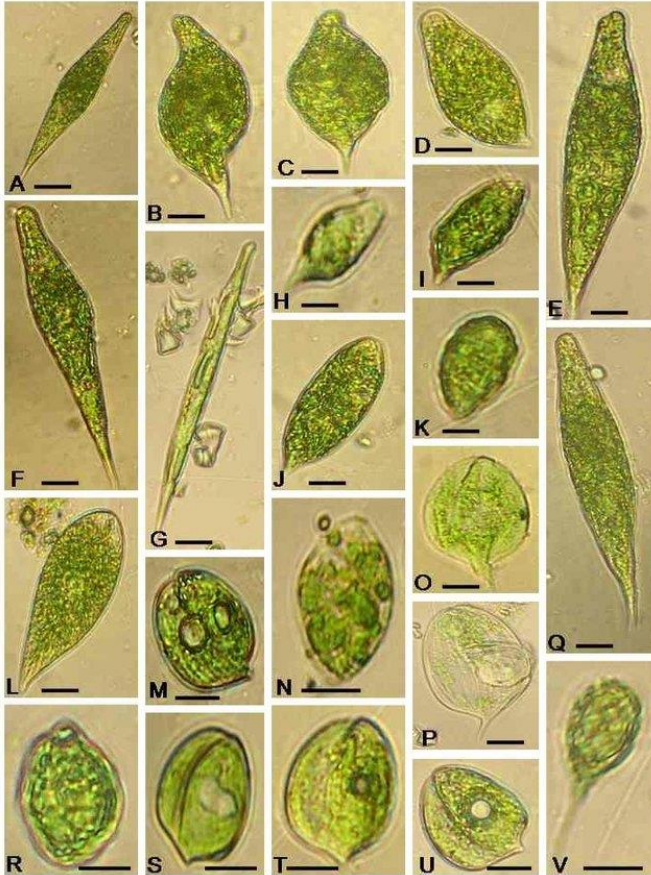
Gambar 3.3. Chlorophyceae. Chlamydomonadales (a–f); Sphaeropleales (g–h). *Chlorococcum sphacosum* (a), *C. minutum* (b), *C. ellipsoideum* (c), *C. ellipsoideum* (d), *C. ellipsoideum*, zoospores (e), *Chlamydomonas* sp. (f), *Desmodesmus* cf. *armatus* (g), *Acutodesmus obliquus* (h), *Scenedesmaceae* sp. (i). Scale bars, 10 μ m (Hodač et al. 2015).



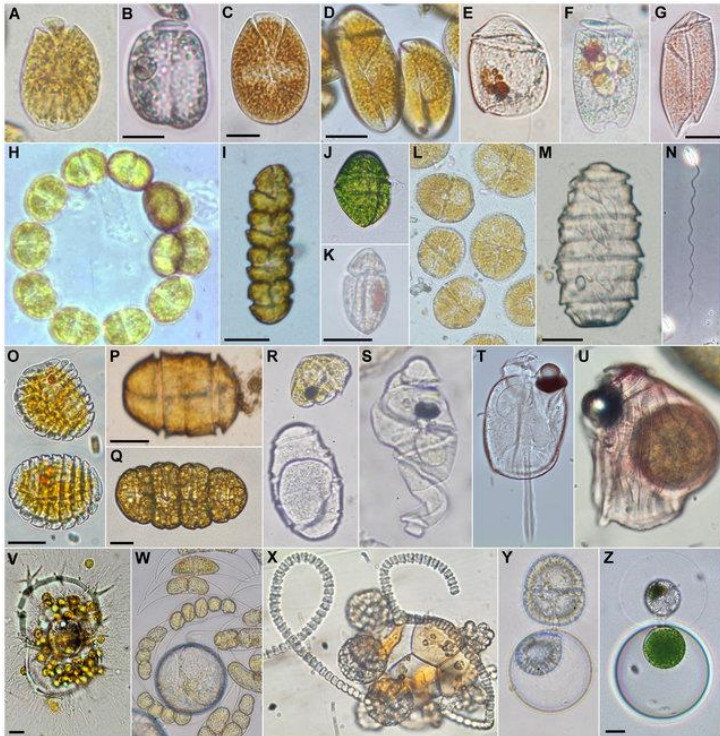
Gambar 3.4. Cyanophyceae. 1) *Anabaena variabilis*; 2) *Calothrix contarenii*; 3, *Chlorogloea microcystoides*; 4) *C. microcystoides*; 5) *Hyella gigas*; 6) *Kamptonema okenii*; 7) *L. africana*; 8) *L. africana*; 9) *L. ectocarpi*; 10) *L. foveolarum*; 11) *L. fragilis* (Shiels et al. 2019).



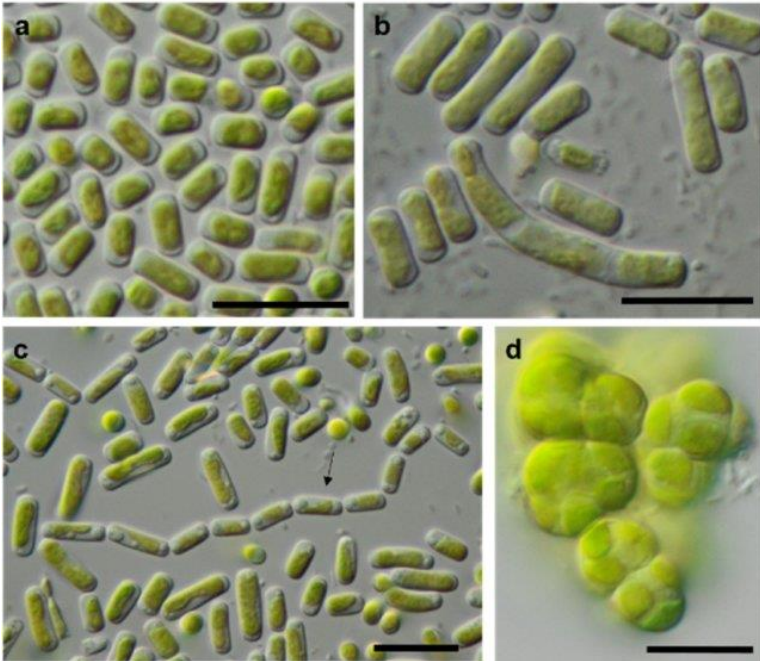
Gambar 3.5. Cyanophyceae. a) *Chroococcus subnudus*, b) *Ch. limneticus*, c) *Cyanothece aeruginosa*, d) *Snowella litoralis*, e) *Microcystis aeruginosa*, f) *Pleurocapsa minor*, g) *Planktothrix agardhii*, h) *Limnothrix redekei*, i) *Arthrospira jenneri*, j) *Johanseninema constrictum*, k) *Phormidium* sp., l-m) *Oscillatoria* sp., n) *Schizothrix* sp., o) *Tolypothrix* sp., p) *Katagnymene accurata*., q) *Dolichospermum planctonicum*, r) *Dolichospermum* sp., s) *Nostoc* sp., t) *Nodularia moravica*, u-v) *Stigonema* sp. (Dvořák et al. 2015).



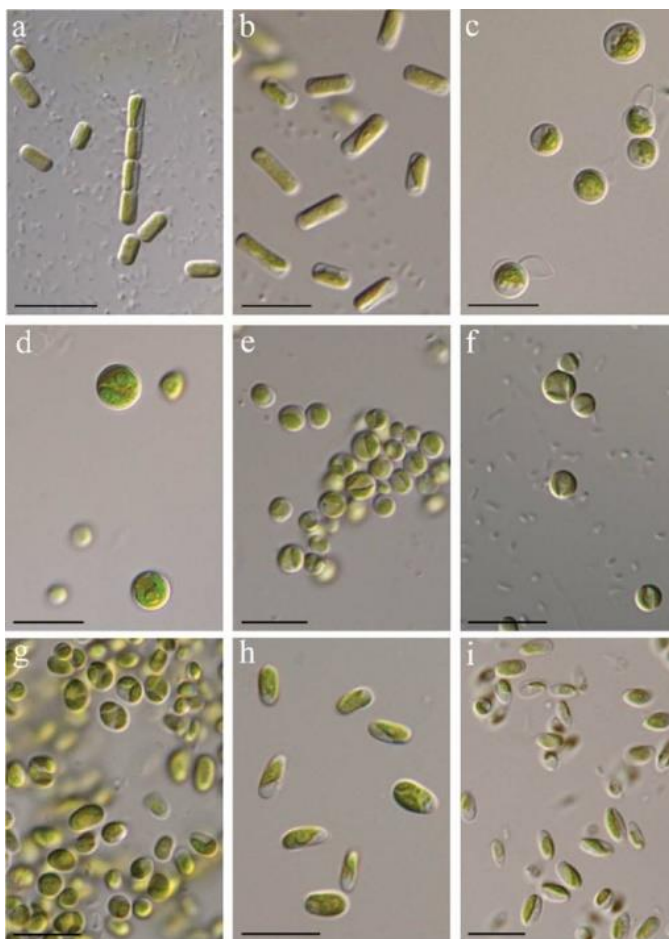
Gambar 3.6. Euglenophyceae. A) *Lepocinclis acus*, B-C) *Euglena gracilis*, D) *E. splendens*, F) *L. acus*, G) *E. acus* var. *angularis*, H) *L. marssonii*, I) *E. pisciformis*, J) *E. formisproxima*, K) *L. texta* var. *texta*, L) *E. geniculata*, M) *Phacus acuminatus*, N) *L. fusiformis*, O) *P. orbicularis*, P) *P. circulatus*, Q) *E. acus* var. *rigida*, R) *Trachelomonas kelloggii*, S) *P. alatus*, T) *P. angulatus*, U) *P. viguieri*, V) *P. nordstedtii*. (Scale bar: A, E-G, O, Q= 20 μ m; B-D, H-N, P, R-V= 10 μ m) (Satpati and Pal, 2017).



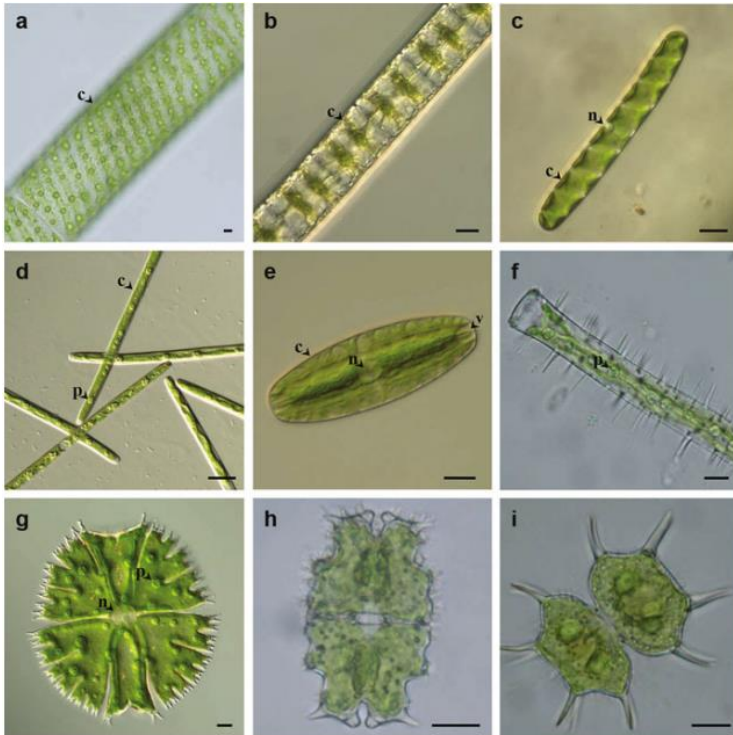
Gambar 3.7. Dinoflagellates. Amphidinioids and Gymnodiniales sensu stricto. A) Amphidinium (photosynthetic), B) Amphidinium (heterotrophic). C) Testudodinium, D) Togula, E) Ankistrodinium, F) Apicoporus, G) 'Amphidinium' scissum, H) *Gymnodinium catenatum*, I) *G. Impudicum*, J) *Lepidodinium viride*, K) *G. venator*, L) Spiniferodinium, M) *Polykrikos kofoidii*, N) Nematocyst O) *P. lebouriae*, P) *P. hartmannii*, Q) *Pheopolykrikos beauchampii*, R) *Warnowia* sp. with chloroplasts and Polykrikos, S) Nematopsides, T-U) Erythrospidinium, V) Gymnoxantella. W) Dissodinium, X) Chytriodinium, Y) Syltodinium, Z) Myxodinium. Scale bar = 20 μ m (Gómez, 2020).



Gambar 3.8. Trebouxiophyceae. (a,c) *Pseudostichococcus monallantoides*, (b) *P. monallantoides* SY-1-2-X, (d) *Diplosphaera chodatii* SY-1-2-K with cubic cell packages. Scale bars: 10 μm (Sommer et al. 2020).



Gambar 3.9. Trebouxiophyceae. *Stichococcus bacillaris* isolate WB74 (a), *Stichococcus* sp.4 SAG 2406 (b), *Chlorella* sp. RK52 (c), *Chlorella* sp. D11-2 (d), *Muriella terrestris* D6-DB2 (e), *Marvania* sp. WB67 (f), *Neocystis* cf. *mucosa* SAG 2405 (g), *Elliptochloris subsphaerica* WB5-D1e (h), *Coccomyxa* cf. *pringsheimii* WB32 (i). Scale bars, 10 μ m (Hodač et al. 2015).



Gambar 3.10. Zygnematophyta. (a) *Spirogyra* sp.; (b) *Zygnema* sp.; (c) *Spirotaenia condensata*; (d) *Roya obtusa* var. *montana*; (e) *Netrium digitus*; (f) *Gonatozygon aculeatum*; (g) *Micrasterias rotata*; (h) *Euastrum evolutum* var. *glaziovii*; (i) *Xanthidium cristatum* var. *hipparquii*. Structures: c chloroplast, n nuclear region at site of isthmus between semicells, p pyrenoid, v apical vacuole. Scale bar = 10 μm in each micrograph (Hall and McCourt, 2017).

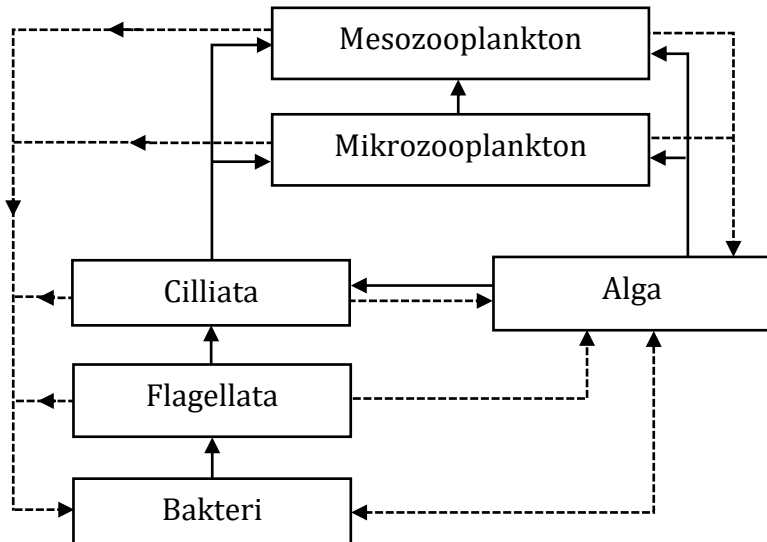
B. Zooplankton

Zooplankton adalah kelompok plankton hewani yang memiliki peranan penting di dalam terbentuknya suatu rantai atau jaring makanan di perairan. Zooplankton adalah konsumen tingkat pertama di suatu perairan yang memanfaatkan produsen primer, yaitu fitoplankton sebagai sumber makanannya. Zooplankton selanjutnya menjadi sumber makanan bagi konsumen II seperti ikan dan hewan lain.

Keberadaan zooplankton dapat mempengaruhi kesuburan perairan dan digunakan untuk mengetahui tingkat produktivitas suatu perairan, dan bermanfaat sebagai pakan alami bagi ikan di suatu perairan. Rantai atau jaring makanan menunjukkan adanya keterkaitan antara fito- dan zooplankton di dalam menciptakan kondisi perairan yang subur (Gambar 3.11).

Zooplankton dapat ditemukan pada semua lapisan air karena memiliki kemampuan untuk bergerak secara vertikal maupun horizontal. Zooplankton bergerak ke arah dasar pada siang hari dan ke permukaan pada malam hari. Diversitas dan distribusi zooplankton bergantung pada ketersediaan makanan, faktor fisika-kimia perairan, predator, cemaran, pergerakan angin

yang memicu pergerakan air, serta interaksi faktor biotik dan abiotik lainnya.



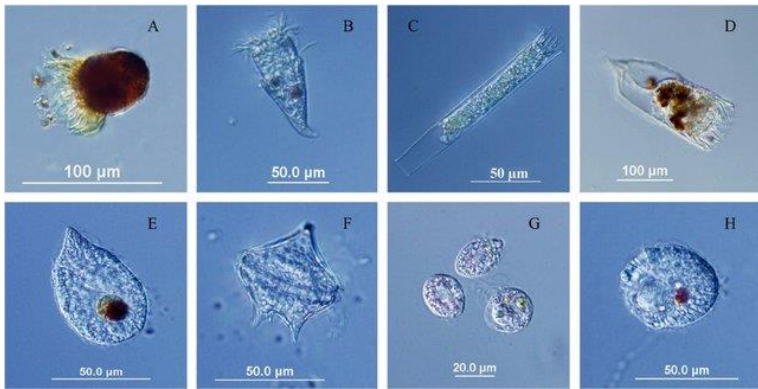
Gambar 3.11. Skema rantai atau makanan pada tingkat mikroorganisme.

Zooplankton dapat dikenali berdasarkan struktur morfologi antara lain ruas tubuh, keberadaan antena, keberadaan setae (duri pada ruas tubuh), dan ciri lainnya. Sejumlah referensi mengelompokkan zooplankton ke dalam beberapa kelas sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.2 dan contoh visual beberapa genus dari zooplankton ditampilkan pada Gambar 3.12.

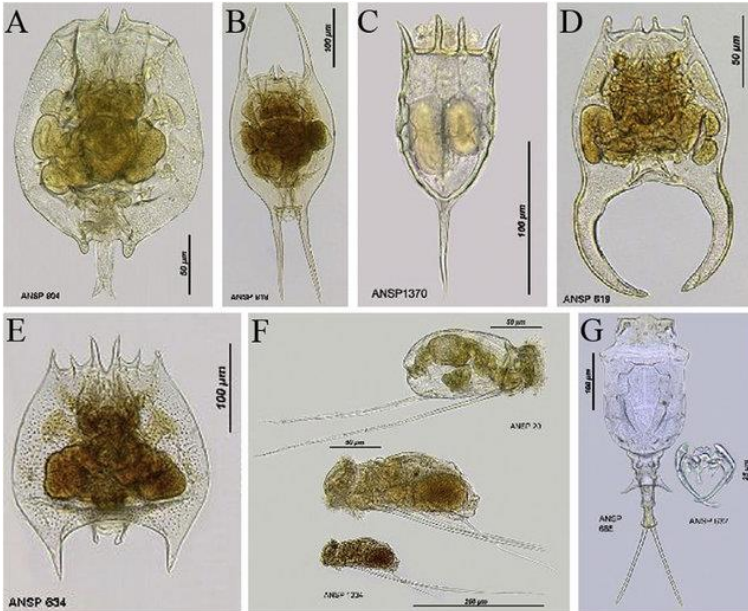
Tabel 3.2. Beberapa contoh genus zooplankton dari masing-masing kelasnya

Kelas	Genus	
Protozoa	Coleps Heliospora	Holosticha Lacrymaria
Cladocera	Bosmina	Moina
Crustacea	Acartea Acartia Balanus Calamus Calanus Calocalanus Canthocamptus Conchoecia Copepoda Corycaeus Cyclops Cyclops Cypridina Diastylis Euphausia Eurytemora Euterpina Eutytemora	Evadne Hyperoche Macrosetella Microsetella Nauplius Nauplius Oithona Oithona Oncaea Penaeus Penillia Pseudocalanus Sapphirina Tigriopus Tigriopus Tortanus Zoea
Gastropoda	Limacina	
Polychaeta	Sagitella	
Rotatoria	Brachionus Filnia Keratella Monostyla	Notholca Polyarthra Pterodina Trichocerca
Sagittoidea	Sagitta	
Sarcodina	Acanthometron	Globigerina
Cliaphora	Favella	

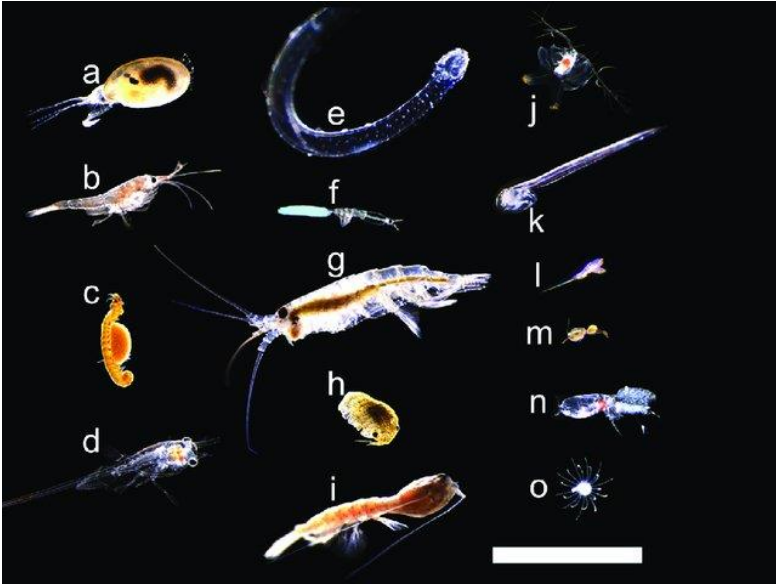
Kelas	Genus	
Maxillopoda	Sacculina	
Monogononta	Trichocerca	
Ciliata	Actinophyrius Amphorella Codonellopsis Eutintinnus Favella	Leprotintinnus Mesodinium Porosus Prorodon Tintinnopsis
Holothuroidea	Eteone Haploscoloplos Lepidonotus	Oikopleura Spiophanes
Mollusca	Limacina	Pinctada
Polychaeta	Polydora	Sabellaria



Gambar 3.12. Microzooplankton. (A) *Strombidium* sp, (B) *Spirostrombidium* sp., (C) *Eutintinnus pectinis*, (D) *Favella ehrenbergii* , (E) *G. spirale* , (F) *P. divergens* , (G) *O. marina* , (H) *Protoceratium* sp. (Almeda et al. 2014).



Gambar 3.13. Rotifer. A: *Brachionus angularis*; B: *B. diversicornis*; C: *Keratella cochlearis*; D: *B. forficula*; E: *B. quadridentatus* Hermann, 1783; F: *K. cochlearis*; G: *Trichotria tetractis* (Xiong et al. 2020).



Gambar 3.14. Zooplankton. Ostracods (a), mysids (b), polychaetes (c), decapods (d), chaetognaths (e), monstrilloid copepods (f), amphipods (g), isopods (h), and cumaceans (i), whereas the non-migrating taxa consisted of calanoid copepods (j), larvaceans (k), harpacticoid copepods (l), cyclopoid copepods (m), poecilostomatoid copepods (n), and hydrozoans (o). Scale bar 4 mm for all images, except for the harpacticoid copepod (2 mm) (Tanaka et al. 2021).

Beberapa contoh fitoplankton dan zooplankton menunjukkan keanekaragaman spesies plankton yang terdapat di suatu perairan. Keanekaragaman ini dapat

dimanfaatkan untuk berbagai keperluan sesuai dengan fungsi ekologisnya. Tahapan identifikasi menjadi langkah penting untuk mengetahui eksistensi plankton di suatu perairan dan menginterpretasikan hubungan keberadaan plankton dengan kondisi lingkungan tersebut.

C. Tugas Mandiri

Tugas mandiri diberikan sebagai bahan diskusi dan untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa tentang plankton.

1. Jelaskan beberapa contoh genus fitoplankton beserta klasifikasi atau taksonominya!
2. Jelaskan beberapa contoh genus zooplankton beserta klasifikasi atau taksonominya!

Daftar Pustaka

- Almeda, R., Hyatt, C., and Buskey, E.J., 2014. Toxicity of dispersant Corexit 9500A and crude oil to marine microzooplankton. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 106, pp.76-85.
- Amri, K., Ma'mun, A., Priatna, A., Suman, A., Prianto, E., and Muchlizar, M., 2020. Sebaran spasial, kelimpahan dan struktur komunitas zooplankton di estuari Sungai Siak serta faktor-faktor yang mempengaruhinya. *Akuatika Indonesia*, 5(1), pp.7-20.
- Apriadi, T., Muzammil, W., Melani, W.R., and Zulfikar, A., 2021. Buku Ajar Planktonologi. Umrah Press. Batam.
- Azani, N., Ghaffar, M.A., Suhaimi, H., Azra, M.N., Hassan, M.M., Jung, L.H., and Rasdi, N.W., 2021, November. The impacts of climate change on plankton as live food: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 869, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.
- Bucklin, A., Peijnenburg, K.T., Kosobokova, K.N., O'Brien, T.D., Blanco-Bercial, L., Cornils, A., Falkenhaus, T., Hopcroft, R.R., Hosia, A., Laakmann, S. and Li, C., 2021. Toward a global reference database of COI barcodes for marine zooplankton. *Marine Biology*, 168(6), p.78.
- Dvořák, P., Poulíčková, A., Hašler, P., Belli, M., Casamatta, D.A., and Papini, A., 2015. Species concepts and

- speciation factors in cyanobacteria, with connection to the problems of diversity and classification. *Biodiversity and Conservation*, 24, pp.739-757.
- Gómez, F., 2020. Diversity and classification of dinoflagellates. *Dinoflagellates: Classification Evolution Physiology and Ecological Significance*, pp.1-38.
- Hall, J.D., and McCourt, R.M., 2017. *Zygnematophyta. Handbook of the Protists*. J.M. Archibald et al. (eds.), Handbook of the Protists. 135-163.
- Hartina, S., and Trianto, M., 2020. Keanekaragaman zooplankton di perairan Danau Lindu Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal BIO-EDU*, 5(3), pp.129-139.
- Hodač, L., Brinkmann, N., Mohr, K.I., Arp, G., Hallmann, C., Ramm, J., Spitzer, K. and Friedl, T., 2015. Diversity of microscopic green algae (Chlorophyta) in calcifying biofilms of two karstic streams in Germany. *Geomicrobiology Journal*, 32(3-4), pp.275-290.
- Hodač, L., Brinkmann, N., Mohr, K.I., Arp, G., Hallmann, C., Ramm, J., Spitzer, K., and Friedl, T., 2015. Diversity of microscopic green algae (Chlorophyta) in calcifying biofilms of two karstic streams in Germany. *Geomicrobiology Journal*, 32(3-4), pp.275-290.
- Islam, M.S., Azadi, M.A., Nasiruddin, M., and Islam, M.S., 2020. Zooplankton abundance, diversity and its relationship with physicochemical parameters of three ponds in Chittagong University campus,

- Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(3), pp.626-632.
- Junaidi, M., Nurliah, N., and Azhar, F., 2018. Struktur komunitas zooplankton di perairan Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), pp.159-169.
- Mahmudin, M., and Sakaria, F.S., 2022. Keanekaragaman plankton di perairan Pelabuhan Biringkassi. *Jurnal Salamata*, 4(1), pp.18-22.
- Muhtadi, A., Yunasfi, Y., Rais, F.F., Azmi, N., and Ariska, D., 2015. Struktur komunitas biologi di Danau Pondok Lapan, Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 2(2), pp.83-89.
- Padang, A., Adriaanzs, J., and Sangadji, M., 2016. Komposisi dan Kepadatan Zooplankton di Teluk Ambon Dalam. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 9(1), pp.39-46.
- Prézelin, B.B., Tilzer, M.M., Schofield, O., and Haese, C., 1991. The control of the production process of phytoplankton by the physical structure of the aquatic environment with special reference to its optical properties. *Aquatic Sciences*, 53, pp.136-186.
- Sagala, E.P., 2013. Dinamika dan komposisi Chlorophyceae pada kolam pemeliharaan ikan gurame berumur satu tahun dalam kolam permanen di Kelurahan Bukit Lama, Kecamatan Ilir Barat 1 Palembang. *Prosiding SEMIRATA 2013*, 1(1): 235-242.

- Satpati, G.G., and Pal, R., 2017. Taxonomic diversity and SEM study of Euglenoids from brackish water ecosystems of Indian Sundarbans Biosphere Reserve. *Phykos*, 47(1), pp.105-122.
- Shiels, K., Browne, N., Donovan, F., Murray, P., and Saha, S.K., 2019. Molecular characterization of twenty-five marine cyanobacteria isolated from coastal regions of Ireland. *Biology*, 8(3), p.59.
- Sommer, V., Mikhailyuk, T., Glaser, K., and Karsten, U., 2020. Uncovering unique green algae and cyanobacteria isolated from biocrusts in highly saline potash tailing pile habitats, using an integrative approach. *Microorganisms*, 8(11), 1667.
- Tanaka, M., Genin, A., Endo, Y., Ivey, G.N., and Yamazaki, H., 2021. The potential role of turbulence in modulating the migration of demersal zooplankton. *Limnology and Oceanography*, 66(3), pp.855-864.
- Tharik, M.A., Saraswathi, S.V., Brinda, T., Ramasubramaniyam, S., and Kumaraguru, A., 2021. Checklist of phytoplankton in Vaduvor Bird Sanctuary, Tamil Nadu, India. *Quest Journals: Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, 7 (8), pp. 55-62.
- Xiong, W., Huang, X., Chen, Y., Fu, R., Du, X., Chen, X., and Zhan, A., 2020. Zooplankton biodiversity monitoring in polluted freshwater ecosystems: A technical review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 1, p.100008.

BAB 4.

ANALISIS PLANKTON

Pada Bab 4 di dalam buku ajar ini dijelaskan tentang teknik pengambilan sampel dan analisis plankton. Pada bagian ini memberikan ruang diskusi bagi mahasiswa membahas metode pengambilan sampel dan analisis plankton termasuk kelimpahannya sebagai dasar dan penerapan kajian planktonologi untuk riset maupun tujuan lainnya. Oleh karenanya, secara umum materi yang disampaikan pada Bab 4 ini diharapkan mendukung tercapainya tujuan instruksional umum, tujuan instruksional khusus, dan tugas mandiri sebagai bahan evaluasi bagi mahasiswa.

Tujuan Instruksional umum:

Mahasiswa mampu menjelaskan penerapan kajian planktonologi di dalam riset dan tujuan lainnya.

Tujuan Instruksional khusus:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang penentuan stasiun penelitian atau titik pengambilan sampel.

2. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang peralatan dan bahan yang digunakan di dalam pengambilan sampel
3. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang metode pengambilan dan pengawetan sampel.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang analisis sampel dan identifikasi sampel.
5. Mahasiswa mampu menghitung kelimpahan, keanekaragaman, indeks dominansi, indeks kemerataan, indeks kesamaan, dan indeks saprobik.
6. Mahasiswa mampu menginterpretasi kualitas perairan berdasarkan eksistensi plankton di perairan tersebut.

A. Penentuan Stasiun dan Titik Sampling

Sampel adalah bagian dari populasi dan memiliki sifat-sifat yang sama dari obyek penelitian sebagai sumber data. Pengambilan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan keterwakilan populasi yang diambil dalam penelitian. Pengambilan sampel (sampling) harus dilakukan secara acak dan sampel diambil dari populasi yang terdistribusi normal, kecuali sampling yang dilakukan untuk penelitian dengan tujuan tertentu (*purposive sampling*).

Penentuan stasiun dan titik sampling menjadi salah satu hal yang penting di dalam suatu penelitian. Hal ini dapat memberikan gambaran terhadap keterwakilan sampel dari populasi penelitian. Pemilihan stasiun penelitian dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa hal, yaitu:

1. Kesamaan atau perbedaan karakteristik lingkungan yang diamati.
2. Kesamaan atau perbedaan struktur atau komposisi spesies atau komunitas yang diamati.
3. Kesamaan atau perbedaan histori dari penelitian sebelumnya terkait kronosekuens lingkungan.

4. Kesamaan atau perbedaan variabel lainnya yang dapat mempengaruhi suatu parameter penelitian sesuai tujuan penelitian.

Penentuan stasiun penelitian pada prinsipnya harus merepresentasikan tujuan penelitian. Demikian pula titik sampling harus diambil sejumlah kebutuhan untuk mewakili stasiun penelitian.

- a. Penentuan stasiun dan titik sampling di perairan menggenang (lentik)

Pengambilan sampel di perairan menggenang seperti danau, waduk, kolong hasil penambangan, situ, rawa, dan sebagainya yang dijadikan stasiun penelitian harus mempertimbangkan luasan, aliran inlet dan outlet, aktivitas antropogenik, kedalaman, sedimen, dan vegetasi di perairan.

Pengambilan sampel dapat dilakukan dengan membagi perairan stasiun penelitian menjadi lima titik penelitian secara horizontal, yaitu bagian utara, selatan, barat, timur, serta bagian tengah. Jarak horizontal dari tepi perairan dapat disesuaikan dengan tujuan penelitian. Pengambilan sampel secara vertikal dapat dibagi menjadi tiga lapisan kolom air, yaitu bagian permukaan (1/4

bagian kedalaman dari permukaan), bagian tengah ($1/2$ bagian kedalaman dari permukaan, dan bagian dasar ($3/4$ bagian kedalaman dari permukaan) atau tepat di dasar perairan.

b. Penentuan stasiun dan titik sampling di perairan mengalir (lotik)

Pengambilan sampel di perairan mengalir seperti sungai yang dijadikan stasiun penelitian juga harus memperhatikan lebar sungai, panjang sungai yang diteliti, kedalaman, aktivitas antropogenik, sedimen, dan vegetasi di perairan.

Pengambilan sampel dapat dilakukan dengan membagi perairan stasiun penelitian menjadi tiga titik penelitian secara horizontal, yaitu $1/4$ bagian dari tepi sungai, $1/2$ bagian tengah dari tepi sungai, dan $3/4$ bagian dari tepi lain sungai, serta tiga titik secara horizontal, yaitu bagian permukaan ($1/4$ bagian kedalaman dari permukaan), bagian tengah ($1/2$ bagian kedalaman dari permukaan, dan bagian dasar ($3/4$ bagian kedalaman dari permukaan) atau tepat di dasar perairan.

Penentuan stasiun penelitian juga harus melihat sisi hulu, tengah, dan hilir dari sungai. Bagian hulu yang dimaksud adalah perairan sebelum terjadinya suatu

cemaran atau objek penelitian yang diamati sehingga menjadi perairan kontrol sebelum perairan mengalami perlakuan penelitian. Bagian tengah yang dimaksud adalah perairan yang menjadi objek penelitian seperti adanya cemaran atau aktivitas antropogenik sehingga menjadi perairan yang mengalami perlakuan penelitian. Bagian hilir yang dimaksud adalah perairan setelah terjadinya cemaran atau objek penelitian yang diamati sehingga menjadi perairan yang terdampak akibat perlakuan penelitian.

B. Peralatan sampling

Pengambilan sampel air dapat dilakukan dengan menggunakan *water sampler*, baik *Van Dorn water sampler* untuk sampel air pada kedalaman tertentu maupun *Kemmerer water sampler* untuk air permukaan.

Pengambilan sampel plankton menggunakan plankton net. Ukuran plankton net yang digunakan bergantung pada lokasi sampling dan ukuran plankton yang diamati. Ukuran plankton net dapat mempengaruhi jumlah plankton yang dapat diperangkap pada plankton net. Pemilihan ukuran plankton net juga memperhatikan luasan perairan yang dijadikan stasiun penelitian.

Plankton net yang umum digunakan adalah *tow net* yang dapat digunakan secara vertikal maupun horizontal di perairan tawar dan laut. Beberapa jenis plankton net lainnya yang juga digunakan pada berbagai keperluan adalah *wisconsin net*, *birge closing net*, *puget sound net*, dan *continuous plankton recorder*.

C. Metode Pengambilan dan Pengawetan Sampel

Pengambilan sampel dapat dilakukan secara komposit dari titik-titik sampling sesuai tujuan penelitian. Pengambilan air yang dianalisis dapat dilakukan dengan gayung, ember kecil, atau *water sampler* untuk selanjutnya air tersebut disaring ke dalam plankton net. Penyaringan sampel dilakukan secara hati-hati agar mengurangi resiko kerusakan morfologi plankton yang terjaring pada plankton net akibat adanya gesekan air yang disaring.

Pengambilan sampel air dapat dilakukan secara mendatar (horizontal), tegak (vertikal), maupun miring (oblique). Air sampel yang telah disaring menggunakan plankton net dipindahkan ke dalam botol sampel dan diberikan pengawet untuk mempertahankan kondisi sampel sama seperti di perairan.

Pengawetan dapat dilakukan dengan secara fisik melalui penyimpanan dengan suhu (± 5 °C) dalam keadaan gelap dengan botol yang terisi sebagian. Hal ini bertujuan untuk menghambat pertumbuhan plankton untuk sementara selama perjalanan ke laboratorium. Sampel yang diberi perlakuan ini harus diidentifikasi segera setelah tiba di laboratorium untuk memeriksa plankton dalam kondisi hidup.

Proses identifikasi plankton yang tidak mungkin untuk dilakukan pada hari yang sama harus memberi perlakuan tambahan pada sampel, yaitu bahan pengawet. Pengawet yang umum digunakan untuk mengawetkan fitoplankton adalah lugol, formalin, alkohol 95%, larutan mertiolat, fiksatif "M3", dan glutaraldehid. Pengawet yang umum digunakan untuk mengawetkan zooplankton adalah alkohol 95% yang ditambahkan ke sampel hingga konsentrasi akhir 70%, buffer formalin, dan fiksatif Bouin (Rosada dan Sunardi, 2021). Pembuatan beberapa jenis larutan untuk pengawetan fitoplankton dan zooplankton dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengawet Fitoplankton
 - a. Larutan lugol
 - a) Kalium iodide (KI) sebanyak 20 g dan kristal iodium sebanyak 10 g dilarutkan dalam 200 mL akuades yang mengandung 20 mL asam asetat glasial. Pencampuran ini menghasilkan larutan lugol yang bersifat asam.
 - b) Pembuatan lugol yang bersifat netral atau sedikit basa dapat dilakukan dengan cara melarutkan 10 g KI dan 5 g kristal iodium ke dalam 20 mL akuades, kemudian ditambahkan 50 mL akuades yang mengandung 5 g natrium asetat anhidrat.
 - c) Pengawetan sampel fitoplankton dilakukan dengan cara menambahkan 0,3 mL larutan lugol ke dalam 100 mL air sampel dan disimpan di tempat gelap.
 - d) Pengawetan sampel untuk waktu penyimpanan yang lama dilakukan dengan menambahkan 100 mL air sampel dengan 0,7 mL lugol dan dibiarkan selama 1 jam. Larutan tersebut diberi tambahan buffer formaldehida minimal 2,5%

dari konsentrasi akhir larutan setelah waktu 1 jam penyimpanan.

b. Formalin

- a) Larutan formalin dibuat dengan melarutkan 20 g natrium borat ($\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_4$) ke dalam 1 L formaldehid 37%.
- b) Pengawetan sampel dilakukan dengan cara penambahan 40 mL larutan formalin ke dalam 1 L air sampel setelah pengambilan.
- c) Pengawetan sampel dari air payau dan laut dilakukan dengan penyesuaian pH hingga mencapai pH 7,5 dengan natrium borat.

c. Alkohol 95%

- a) Penggunaan alkohol 95% dilakukan dengan perbandingan 6 : 3 : 1 (6 bagian air sampel, 3 bagian alkohol 95%, dan 1 bagian formalin).
- b) Pengawetan sampel dengan alkohol dapat juga dilakukan dengan menambahkan alkohol 95% ke dalam sampel hingga konsentrasi akhir 70%.

2. Pengawet Zooplankton

a. Alkohol 95%

Pengawetan sampel dengan alkohol dapat juga dilakukan dengan menambahkan alkohol 95% ke dalam sampel hingga konsentrasi akhir 70%.

b. Buffer formalin

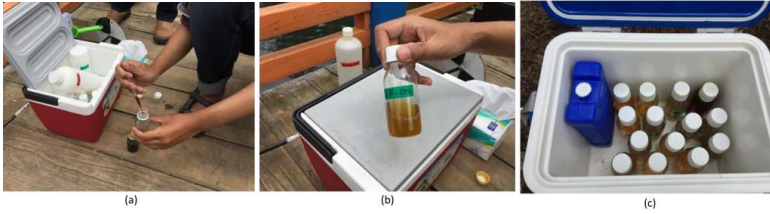
a) Buffer formalin dapat ditambahkan ke dalam air sampel hingga konsentrasi akhir mencapai 4-5%

b) Formalin digunakan selama 48 jam pertama pengawetan dan selanjutnya dipindahkan ke dalam alkohol 70%.

c. Fiksatif Bouin

a) Fiksatif Bouin adalah larutan asam pikrat jenuh dengan buffer formaldehida dan kalium karbonat yang mengandung asam asetat 5% (v/v).

b) Larutan fiksatif Bouin dimasukkan ke dalam sampel dengan perbandingan 1 : 19. Larutan ini juga dapat digunakan untuk microzooplankton yang bertubuh lunak.



Gambar 4.1. Contoh teknik pengawetan sampel plankton dengan lugol (Rosada dan Sunardi, 2021).

D. Analisis dan Identifikasi Sampel

Pencacahan plankton adalah satu proses perhitungan atau enumerasi individu di dalam sampel. Tahapan yang dilakukan di dalam analisis plankton adalah preparasi sampel, perhitungan, dan identifikasi spesies plankton.

1. Preparasi sampel

Preparasi sampel dilakukan dengan tujuan untuk memastikan plankton dapat dianalisis dengan mudah. Preparasi sampel dilakukan melalui pengenceran sampel atau pemekatan sampel sehingga komunitas plankton dapat diamati, dihitung, dan diidentifikasi.

a. Pengenceran dilakukan dengan menambahkan akuades bebas kontaminasi organisme lain ke dalam botol sampel. Hal ini bertujuan agar plankton

yang memiliki kepadatan tinggi dapat dianalisis dengan baik setelah dilakukan pengenceran. Tingkat pengenceran dilakukan bergantung pada kepekatan sampel awalnya. Pengenceran 10^1 dapat dilakukan dengan menambahkan 1 mL sampel ke dalam tabung berisi 9 mL akuades. Tabung pengenceran 10^1 dapat diencerkan menjadi 10^2 dengan cara mengambil 1 mL sampel dari tabung 10^1 dan kemudian dimasukkan ke dalam tabung ke-2 berisi 9 mL akuades, dan seterusnya.

- b. Pemekatan dilakukan apabila jumlah plankton di dalam sampel terlalu sedikit sehingga perhitungan sulit dilakukan.
 - a) Pemekatan fitoplankton dilakukan melalui teknik sedimentasi. Teknik sedimentasi dapat dilakukan dengan membiarkan sampel selama 0,5-1 jam/mm untuk sampel yang diawetkan dengan lugol. Sampel yang telah dipekatkan mengalami fase supernatan (cairan) dan fase natan (endapan). Supernatan dipindahkan secara perlahan dengan menggunakan pipet untuk menghindari terjadinya penyebaran acak

dari plankton yang telah pekat. Sampel yang telah dipisahkan dapat dihitung dan dianalisis.

- b) Pemekatan zooplankton dapat dilakukan dengan memindahkan kembali sampel yang telah diperoleh ke dalam botol lain untuk mereduksi volume.

2. Perhitungan

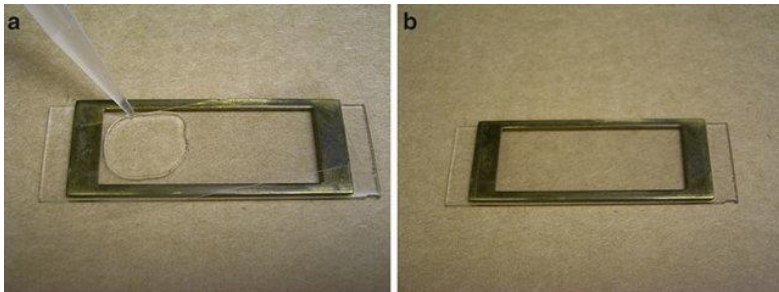
Sampel plankton yang telah diencerkan atau dipisahkan dapat dihitung dengan menggunakan berbagai metode pencacahan atau perhitungan dan kemudian dapat diobservasi dengan mikroskop. Metode perhitungan plankton dilakukan dengan menggunakan bilik hitung, penempelan kaca objek semi permanen, maupun kaca objek permanen.

Metode bilik hitung paling banyak digunakan karena relatif lebih mudah dilakukan. Metode ini memiliki tipe yang paling umum digunakan adalah Sedgwick-Rafter, Palmer-Maloney, Hemocytometer improved Neubauer, dan Petroff-Hausser.

a. Sedgwick-Rafter

Pengamatan dan perhitungan plankton dilakukan dengan menggunakan mikroskop pada pembesaran 40X

atau 100X. Penghitungan dengan metode Sedgwick-Rafter dilakukan dengan cara mengambil 1 mL air sampel dari botol 100 mL dan kemudian ditutup dengan gelas penutup. Penghitungan dilakukan dengan menghitung jumlah plankton yang terdapat dalam Sedgwick-Rafter. Sampel yang terlalu padat dapat dilakukan dengan pengenceran menggunakan akuades bebas organisme.



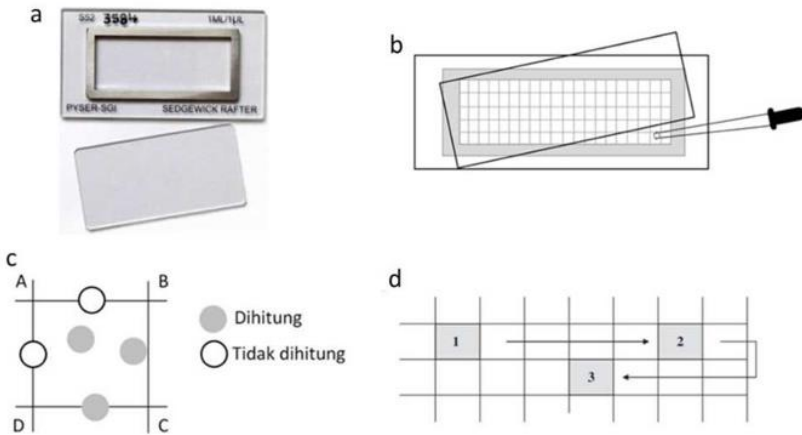
Gambar 4.2. Metode Sedgwick-Rafter. (a) pengisian sampel ke bilik Sedgwick-Rafter, (b) kaca penutup menutup sampel dengan rapat (Francoeur et al. 2013).

Kelimpahan plankton dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Bellinger dan Sigeo, 2015) dalam Rosada dan Sunardi, 2021, yaitu:

$$T = \frac{1000C}{pN}$$

Keterangan:

- T = jumlah plankton (sel/mL),
- C = jumlah plankton yang dihitung,
- N = jumlah bilik yang dihitung,
- p = faktor pengenceran (apabila dilakukan).

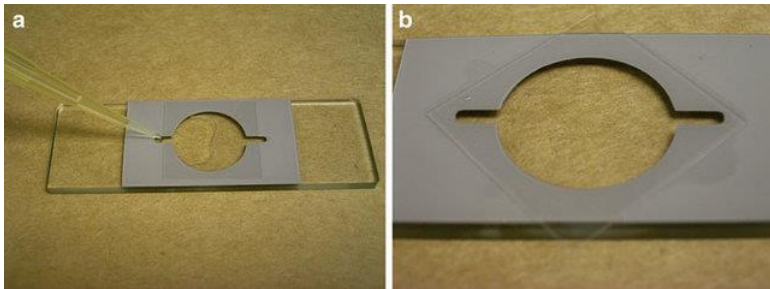


Gambar 4.3. Metode Sedgwick-Rafter. (a) desain bilik hitung Sedgwick-Rafter, (b) pengisian biliki dengan sampel plankton, (c) perhitungan dalam satu bilik, dan (d) arah perhitungan tiap baris (Rosada dan Sunardi, 2021).

b. Palmer-Maloney

Metode Plamer-Maloney adalah teknik perhitungan cepat, murah, dan dapat digunakan untuk menghitung sampel dengan densitas sel yang tinggi. Batas deteksi dari metode ini adalah 10.000 sel/L atau 10 sel/mL. Wadah

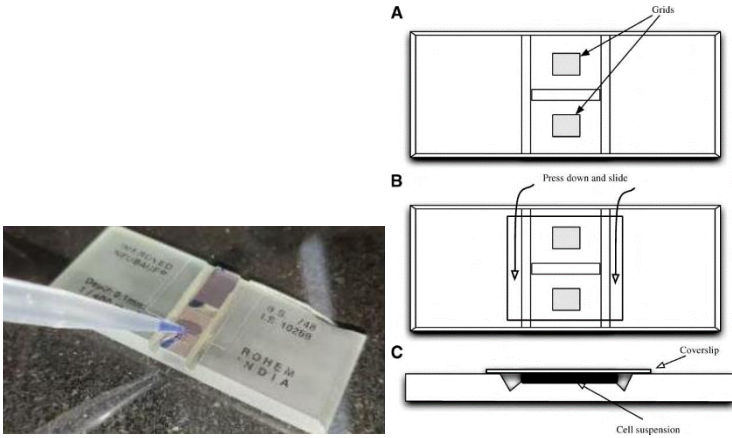
Palmer-Maloney memiliki bilik hitung berbentuk bundar dengan diameter 17,9 mm. Wadah ini dapat digunakan untuk menghitung sampel sebanyak 0,1 mL. Perhitungan jumlah sel/L dilakukan dengan mengalikan jumlah sel plankton yang diperoleh pada wadah Palmer-Maloney dengan 10.000.



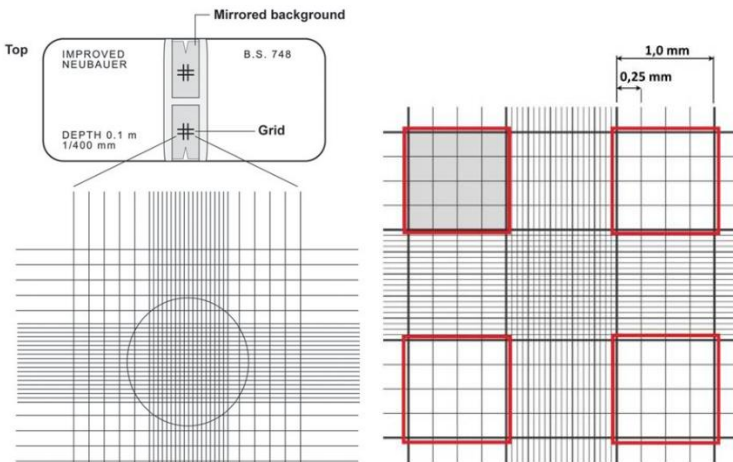
Gambar 4.4. Metode Palmer-Maloney. (a) pengisian sampel ke bilik Palmer-Maloney, (b) kaca penutup diputar untuk menutup sampel dengan rapat (Francoeur et al. 2013).

c. Hemocytometer *improved* Neubauer

Metode hemocytometer adalah salah satu teknik yang praktis dan paling banyak digunakan untuk menghitung sel atau organisme berukuran kecil dengan densitas yang tinggi. Alat ini dapat digunakan untuk menghitung organisme dengan ukuran 5-75 μm dengan batas deteksi 10^5 - 10^7 sel/L. Hemocytometer memiliki kedalaman 0,1 mm dengan *improved* Neubauer.



Gambar 4.5. Hemocytometer *improved* Neubauer (Tank et al. 2022) (kiri), serta (A) tampak atas, (B) kaca penutup, (C), tampak samping dengan sampel di dalam bilik (Quinlan, 2006) (kanan).

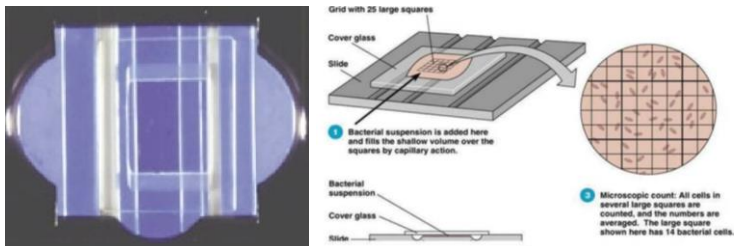


Gambar 4.6. Bilik hemocytometer *improved* Neubauer (Radić, 2015) (kiri) dan empat kotak terluar dari bilik hemocytometer (kanan) (Rosada dan Sunardi, 2021).

Perhitungan sel dilakukan dengan menghitung jumlah sel di keseluruhan empat kotak terluar. Kelimpahan sel dihitung dengan menggunakan rumus:
Jumlah sel = rerata sel 4 kotak $\times 10^4 \times$ faktor pengenceran

d. Petroff-Hausser *improved* Neubauer

Metode Petroff-Hausser sekilas serupa dengan hemocytometer. Petroff-Hausser memiliki kedalaman 0,02 mm yang dapat menampung volume sampel 2×10^5 mL dengan jumlah sel yang dapat diamati sebanyak 10^5 - 10^8 sel/L.



Gambar 4.7. Bilik Petroff-Hausser *improved* Neubauer (Duveiller et al. 1997) (kiri) dan kotak perhitungan dari bilik Petroff-Hausser (Rosada dan Sunardi, 2021) (kanan).

Perhitungan sel dilakukan dengan menghitung jumlah sel pada kotak tersebut. Kelimpahan sel dihitung dengan menggunakan rumus:

Jumlah sel = sel terhitung \times faktor pengenceran $\times 50.000$

Ringkasan kesamaan maupun perbedaan dari keempat metode perhitungan jumlah atau kelimpahan plankton ditampilkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Perbandingan antarmetode dalam perhitungan plankton

Bilik Hitung	Sedgwick Rafter	Palmer Maloney	Haemocytometer	Petroff Hauser
Cakupan	Kultur dan jumlah sel tinggi	Kultur dan jumlah sel sangat tinggi seperti pada kondisi <i>blooming</i>	Kultur dan konsentrasi sel organisme kecil ekstrem	Kultur dan konsentrasi sel organisme kecil ekstrem
Rentang Ukuran Plankton	Net plankton	Nanoplankton	Pikoplankton dan nanoplankton (5-75 μm)	Pikoplankton (<1-5 μm)
Volume Sampel/ Pengamatan	1 mL	0,1 mL	0,0018 mL	2×10^{-5} mL
Rentang Deteksi	Limit Deteksi (LD) 1000 sel/L	LD 10.000 sel/L	LD 10.000.000 sel/L	LD 100.000.000 sel/L
Kelebihan	Perkiraan cepat konsentrasi sel tinggi	Perkiraan cepat konsentrasi sel sangat tinggi	Perkiraan cepat konsentrasi sel ekstrem	Perkiraan cepat konsentrasi sel ekstrem
Kekurangan	Hasil akurat didapatkan hanya ketika sampel mengandung sel dengan kepadatan tinggi	Hasil akurat didapatkan hanya ketika sampel mengandung jumlah sel dengan kepadatan sangat tinggi	Hasil akurat didapatkan hanya ketika sampel mengandung jumlah sel dengan kepadatan ekstrem	Hasil akurat didapatkan hanya ketika sampel mengandung jumlah sel dengan kepadatan ekstrem

Sumber: Rosada dan Sunardi (2021).

3. Identifikasi spesies

Identifikasi spesies plankton dapat dilakukan secara manual dengan mengacu pada berbagai buku indentifikasi antara lain Freshwater Biology (Edmondson, 1959), A Textbook of Algae (Kamat, 1976), How to Know the Freshwater Algae 3rd edition (Prescott et al. 1978), Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrate (Thorp and Covich, 2001),

Zooplankton Methodology, Collection & Identification – A Field Manual (Goswami, 2004), Plankton: A Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality (Suthers and Rissik, 2008), Freshwater Algae: Identification, Enumeration, and Use as Bioindicators (Bellinger and Sigeo, 2015), and Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification (Wehr et al. 2015) (Rosada dan Sunardi, 2021).

Beberapa referensi lainnya yang dapat dirujuk adalah Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan (Sulasti, 2018), Buku Ajar Planktonologi (Apriadi et al. 2021), dan sebagainya. Referensi online yang dapat digunakan sebagai rujukan antara lain:

- https://dornsife.usc.edu/assets/sites/291/docs/HABWatch/3_Plankton_Guide_2010rev.pdf;
- <https://www.ccap.ac.uk/catalogue/>;
- <http://oceandatacenter.ucsc.edu/PhytoGallery/phytolist.html>;
- <https://www.inaturalist.org>;
- <http://nordicmicroalgae.org/taxon/>;
- dan sebagainya.

E. Perhitungan Kuantitas Sampel

Informasi numerik dari komunitas plankton dalam suatu habitat sangat penting. Perhitungan jumlah dan indeks eksistensi plankton di perairan menjadi dasar untuk mempelajari fungsi ekosistem dan indikator kualitas perairan. Kelimpahan, keanekaragaman, indeks dominansi, indeks pemerataan, indeks kesamaan, dan indeks saprobik menjadi metode perhitungan kuantitatif sampel plankton.

1. Analisis kelimpahan (*abundance*)

Plankton diamati menggunakan SRC (Sedgwick Rafter-counting Cell) dengan pembesaran 10 x 10 di bawah mikroskop. Kelimpahan plankton menggunakan SRC dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (APHA, 1995 *dalam* Aryati et al. 2018).

$$N = \frac{n}{p} \times \frac{l_{SR}}{l_p} \times \frac{V_1}{V_{SRC}} \times \frac{1}{V_T}$$

Keterangan:

- N = kelimpahan plankton (sel/L),
- n = jumlah plankton yang tercacah (sel),
- p = jumlah lapang pandang yang diamati,
- l_{SR} = luas total lapang pandang Sedgwick Rafter (1000 mm²),
- l_p = luas lapang pandang Sedgwick Rafter yang diamati (mm²),

- V_i = volume air sampel yang terkonsentrasi (mL),
 V_{SRC} = volume Sedgwick-Rafter (1 mL),
 V_T = volume air yang disaring (L).

2. Analisis keanekaragaman (*diversity index*)

Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener adalah suatu ukuran keanekaragaman atau diversitas yang menggabungkan kekayaan jenis (jumlah jenis suatu komunitas) dan kelimpahan relatifnya. Keanekaragaman jenis plankton dihitung dengan menggunakan persamaan Shannon dan Wiener (Parsons et al. 1977 *dalam* Munthe et al. 2012):

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i ; P_i = n_i/N$$

Keterangan:

- H' = indeks diversitas,
 n_i = jumlah sel plankton jenis ke- i ,
 N = jumlah total sel plankton.

Interpretasi indeks diversitas (keanekaragaman) yang dihitung berdasarkan indeks Shannon-Wiener (H') dikelompokkan menjadi tiga kriteria, yaitu:

$H' < 1$ berarti keanekaragaman spesies rendah;

$1 < H' < 3$ berarti keanekaragaman spesies sedang;

$H' > 1$ berarti keanekaragaman spesies tinggi.

Indeks diversitas Shannon-Wiener dapat digunakan untuk menilai kualitas suatu lingkungan perairan dengan menentukan tingkat pencemarannya. Kualitas perairan berdasarkan indeks diversitas Shannon-Wiener dapat dikategorikan menjadi empat, yaitu (Lee et al. 1978 dalam Rosada dan Sunardi, 2021):

$H' < 1$ berarti perairan tercemar berat;

$1 < H' < 1,5$ berarti perairan tercemar sedang;

$1,5 < H' < 2,0$ berarti perairan tercemar ringan;

$H' > 2$ berarti perairan tidak tercemar.

Gisti et al. (2005) menjelaskan indeks Shannon-Wiener bahwa perairan dikatakan tidak tercemar atau bersih apabila $H' > 3$, perairan tercemar sedang apabila $1 < H' < 3$, dan perairan tercemar berat apabila $H' < 1$.

3. Indeks keseragaman atau pemerataan (*evenness index*)

Keseragaman atau pemerataan menunjukkan kelimpahan relative dari suatu spesies dalam suatu komunitas dan pola persebaran biota. Indeks keseragaman atau pemerataan menggunakan indeks Pielou (E) (1966) dengan rumus (Rosada dan Sunardi, 2021):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

- E = indeks kemerataan,
- H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener,
- S = jumlah spesies dalam komunitas.

Munthe et al. (2012) menjelaskan Poole (1974) dalam Supono (2008) perhitungan keseragaman jenis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Keterangan:

- E = indeks keseragaman spesies,
- H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener,
- H_{max} = log₂ S,
- S = jumlah spesies dalam komunitas.

Indeks keseragaman berkisar 0-1, yaitu E > 0,6 : keseragaman spesies tinggi 0,6 ≥ E ≥ 0,4 : keseragaman sedang E < 0,4 : keseragaman rendah (Munthe et al. 2012). Munira dan Dobo (2019) menjelaskan lebih detail bahwa indeks dominansi (C) dengan kisaran:

0,00 ≤ E ≤ 0,50 menunjukkan komunitas tertekan,

0,50 < E ≤ 0,75 menunjukkan komunitas labil,

0,75 < E ≤ 1,00 menunjukkan dominansi stabil.

4. Analisis indeks dominansi (*dominance index*)

Indeks dominansi menjelaskan suatu pola dominansi spesies tertentu di perairan. Indeks dominansi dihitung berdasarkan indeks dominansi Simpson (C) dengan rumus Odum (1996) dalam Munthe et al. (2012):

$$C = \frac{1}{\sum_{i=1}^S [n_i/N]^2}$$

Keterangan:

- C = indeks dominansi Simpson,
- n_i = jumlah sel plankton jenis ke- i ,
- N = jumlah total sel plankton.

Indeks dominansi Simpson (C) bernilai antara 0-1, yaitu $0 < C \leq 0,5$ berarti tidak ada spesies atau komunitas yang mendominasi spesies atau komunitas lainnya atau diartikan semua organisme dalam kondisi stabil serta $0,5 < C < 1$ berarti ada spesies atau komunitas yang mendominasi atau diartikan semua organisme dalam kondisi labil akibat suatu tekanan ekologis (Munthe et al. 2012). Munira dan Dobo (2019) menjelaskan lebih detail bahwa indeks dominansi (C) dengan kisaran:

$0,00 \leq C \leq 0,50$ menunjukkan dominansi rendah,

$0,50 < C \leq 0,75$ menunjukkan dominansi sedang,

$0,75 < C \leq 1,00$ menunjukkan dominansi tinggi.

5. Analisis indeks kesamaan (*similarity index*)

Indeks kesamaan digunakan untuk mengetahui suatu perubahan yang terjadi di habitat berbeda diantara anggota komunitas plankton dengan membandingkan komunitas plankton dari dua komunitas plankton yang diduga berbeda. Perhitungan indeks kesamaan (S) dapat dilakukan dengan indeks kesamaan Sorensen (Magurran, 2004 *dalam* Rosada dan Sunardi, 2021):

$$S = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Keterangan:

- S = indeks kesamaan Sorensen,
- a = jumlah spesies sama yang terdapat di kedua habitat,
- b = jumlah spesies yang terdapat di habitat ke-1, tetapi tidak di habitat ke-2,
- c = jumlah spesies yang terdapat di habitat ke-2, tetapi tidak di habitat ke-1.

Indeks kesamaan Sorensen berkisar antara 0-1 yang berarti semakin besar nilai indeks menunjukkan komposisi suatu spesies semakin seragam dari satu habitat dengan lainnya (Rosada dan Sunardi, 2021). Munira dan Dobo (2019) menjelaskan lebih detail bahwa indeks kesamaan Sorensen (S) dengan kisaran:

$0 \leq S \leq 25$ menunjukkan tidak sama,
 $26 \leq S \leq 50$ menunjukkan kurang sama,
 $51 \leq S \leq 75$ menunjukkan cukup sama,
 $76 \leq S \leq 95$ menunjukkan hamper sama,
 $96 \leq S \leq 100$ menunjukkan sama.

6. Analisis indeks saprobik (*saprobic index*)

Indeks saprobik digunakan untuk mengetahui status pencemaran suatu perairan dengan indikator keberadaan plankton. Perhitungan plankton digunakan sebagai indikator karena berperan penting di dalam menentukan tingkat produktivitas primer suatu lingkungan perairan. Plankton yang digunakan adalah komunitas plankton yang dominan di perairan. Dresscher dan Mark (1976) dalam Rosada dan Sunardi (2021) menjelaskan rumus perhitungan indeks saprobik (IS), yaitu:

$$IS = \frac{C + 3D + B - 3A}{A + B + C + D}$$

Keterangan:

S = indeks saprobik,
A = jumlah kelompok Cyanophyta (fitoplankton)
atau Cilliata (zooplankton),

- B = jumlah kelompok Dinophyta (fitoplankton) atau Euglena (zooplankton),
- C = jumlah kelompok Chlorophyta (fitoplankton) atau Chlorococcales dan Diatom (zooplankton),
- D = jumlah kelompok Chrysophyta (fitoplankton) atau Peridinae, Chrysophyceae, dan Conjugaceae (zooplankton).

Komunitas plankton dapat digunakan untuk mengindikasikan tingkat pencemaran dan fase saprobik suatu perairan. Hubungan antara indeks saprobik dengan tingkat pencemaran perairan (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Hubungan antara indeks saprobik dengan tingkat pencemaran perairan

Bahan Pencemar	Tingkat Pencemaran	Fase Saprofik	Koefisien Saprofik (x)
Banyak Senyawa Organik	Sangat Berat	Polisaprobik	-3,0 s/d -2,0
		Poli/α – Mesosaprobik	-2,0 s/d -1,5
	Cukup Berat	α – Meso/ polisaprobik	-1,5 s/d -1,0
		α – Mesosaprobik	-1,0 s/d -0,5
Senyawa Organik+Anorganik	Sedang	α/ β - Mesosaprobik	-0,5 s/d 0,0
		β/ α - Mesosaprobik	0,0 s/d +0,5
	Ringan	β - Mesosaprobik	+0,5 s/d +1,0
		β - Meso/oligosaprobik	+1,0 s/d +1,5
Sedikit Senyawa Organik+Anorganik	Sangat ringan	Oligo/ β - Mesosaprobik	+1,5 s/d +2,0
		Oligo/saprobik	+2,0 s/d +3,0

Sumber: Dahuri (1997) dalam Rosada dan Sunardi (2021).

Sagala (2011) menjelaskan polisaprobik adalah suatu fase perombakan atau dekomposisi bahan-bahan organik yang dilakukan oleh jasad renik. Fase α-

mesosaprobik adalah suatu fase saprobik yang berlangsung pada tahap awal dan fase saprobik yang berlangsung pada tahap lanjut dilakukan oleh kelompok Ciliata. Fase oligosaprobik adalah fase yang dilakukan oleh beberapa jasad renik. Beberapa kelompok berperan dalam saprobitas sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Organisme penyusun tingkat saprobita

Kelompok saprobitas	Organisme penyusun							
	Ciliata				Euglenophyta			
Polisaprobik (A)	1. <i>Epistylis</i> sp.	3. <i>Vorticella</i> sp.	5. <i>Cyclodonella</i> sp.	7. <i>Ciliata</i> sp.				
	2. <i>Bursaridium</i> sp.	4. <i>Favella</i> sp.	6. <i>Tetrahymena</i> sp.	8. <i>Coleps</i> sp.				
α-Mesosaprobik (B)	1. <i>Euglena</i> sp.	3. <i>Phacus</i> sp.	4. <i>Trachelomonas</i> sp.	5. <i>Peranema</i> sp.				
	2. <i>Calanidium</i> sp.							
β-Mesosaprobik (C)	Chlorococcales				Diatomae			
	1. <i>Cheracium</i> sp.	12. <i>Dispora</i> sp.	1. <i>Coscinodiscus</i> sp.	20. <i>Cocconeis</i> sp.				
	2. <i>Chlorococcum</i> sp.	13. <i>Tetrademus</i> sp.	2. <i>Melosira</i> sp.	21. <i>Amphipleura</i> sp.				
	3. <i>Chroderia</i> sp.	14. <i>Actinastrum</i> sp.	3. <i>Cyclotella</i> sp.	22. <i>Anomaloneis</i> sp.				
	4. <i>Ankistrodesmus</i> sp.	15. <i>Tetrastrum</i> sp.	4. <i>Biddulphia</i> sp.	23. <i>Caloneis</i> sp.				
	5. <i>Chlorella</i> sp.	16. <i>Microcystis</i> sp.	5. <i>Hydrocera</i> sp.	24. <i>Diplooneis</i> sp.				
	6. <i>Coelastrum</i> sp.	17. <i>Chroococcus</i> sp.	6. <i>Triceratium</i> sp.	25. <i>Frustula</i> sp.				
	7. <i>Scenedesmus</i> sp.	18. <i>Aphanocapsa</i> sp.	7. <i>Caetoceros</i> sp.	26. <i>Gyrosigma</i> sp.				
	8. <i>Pediastrum</i> sp.	19. <i>Merismopedia</i> sp.	8. <i>Rhizolenia</i> sp.	27. <i>Navicula</i> sp.				
	9. <i>Tetraedron</i> sp.	20. <i>Polycystis</i> sp.	9. <i>Diatomae</i> sp.	28. <i>Neridium</i> sp.				
	10. <i>Pediastrum simplex</i>	21. <i>Coelosphaerium</i> sp.	10. <i>Asterionella</i> sp.	29. <i>Pinnularia</i> sp.				
	11. <i>Pediastrum duplex</i>			30. <i>Pleurosigma</i> sp.				
			11. <i>Ceratoneis</i> sp.	31. <i>Rhopalodia</i> sp.				
			12. <i>Fragilaria</i> sp.	32. <i>Bacillaria</i> sp.				
			13. <i>Synedra</i> sp.	33. <i>Cylindrotheae</i> sp.				
			14. <i>Tabellaria</i> sp.	34. <i>Nitzschia</i> sp.				
			15. <i>Achnanthes</i> sp.	35. <i>Campylodiscus</i> sp.				
			16. <i>Stephanodiscus</i> sp.	36. <i>Surirella</i> sp.				
			17. <i>Fragilaria capucina</i>	37. <i>Planctoniella</i> sp.				
			18. <i>Climacosphenia moniligera</i>					
			19. <i>Cymbella</i> sp.					
Oligosaprobik (D)	Peridiniidae		Conjugales					
	1. <i>Peridinium</i> sp.	2. <i>Cerattium</i> sp.	1. <i>Mougeotia</i> sp.	7. <i>Clasterium</i> sp.				
			2. <i>Mougeotiopsis</i> sp.	8. <i>Cosmarium</i> sp.				
			3. <i>Spirogyra</i> sp.	9. <i>Desmidium</i> sp.				
			4. <i>Zygnema</i> sp.	10. <i>Dolidium</i> sp.				
			5. <i>Zygonium</i> sp.	11. <i>Arthrodesmus</i> sp.				
			6. <i>Bambusina</i> sp.	12. <i>Cylindrocystis</i> sp.				

Sumber: Ilham et al. (2021).

F. Interpretasi Hasil Analisis

Interpretasi hasil pengamatan, perhitungan, dan identifikasi plankton dihubungkan dengan tujuan penelitian atau analisis. Keberadaan plankton dapat

mengindikasikan suatu cemaran atau kerusakan ekologis, produktivitas perairan, dan interkorelasi dengan faktor-faktor lingkungan lainnya. Keanekaragaman spesies, struktur komunitas, dan fungsional plankton dapat berubah akibat proses adaptasi dengan perubahan faktor lingkungan yang terjadi di habitatnya. Tingkat ketercemaran suatu lingkungan dapat juga dihubungkan dengan fase saprobik, yaitu (Apriadi et al. 2021):

1. Polisaprobik adalah suatu kondisi saprobitas pencemaran perairan dengan tingkat pencemaran berat atau tinggi, oksigen terlarut rendah di dalam perairan, populasi bakteri padat, kesuburan rendah, dan tidak cocok untuk budidaya perairan.
2. Mesosaprobik adalah suatu kondisi saprobitas perairan dengan tingkat pencemaran sedang hingga berat atau tinggi, kandungan oksigen terlarut tinggi di dalam perairan, populasi bakteri menurun, dan kesuburan masih sulit dimanfaatkan secara intensif.
3. Mesosaprobik adalah suatu kondisi saprobitas perairan dengan tingkat pencemaran sedang hingga ringan, kandungan oksigen terlarut tinggi di dalam perairan, populasi bakteri sangat menurun, dan menghasilkan produk akhir nitrat.

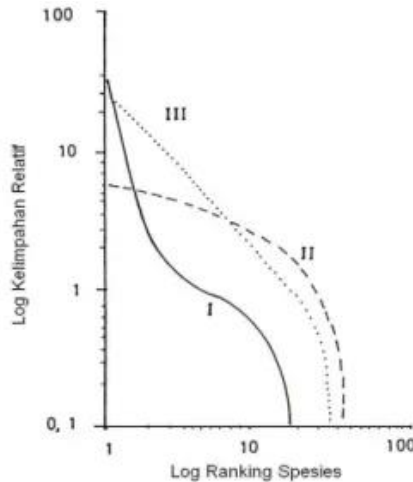
4. Oligosaprobik adalah suatu kondisi saprobitas perairan dengan tingkat pencemaran ringan atau belum tercemar, penguraian bahan organik terjadi sempurna, kandungan oksigen terlarut tinggi di dalam perairan, dan populasi bakteri sangat rendah.

Suatu kondisi lingkungan dapat menyebabkan terjadinya suksesi, yaitu proses perubahan struktur dan komposisi spesies atau komunitas sehingga terjadi keseimbangan lingkungan dalam kurun waktu tertentu. Suksesi dapat terjadi akibat perubahan lingkungan fisik dan adaptasi suatu komunitas di lingkungan tersebut.

Hubungan antara tingkat perkembangan plankton dengan lingkungan memunculkan model grafik suksesi frontier yang terdiri atas 3 stadium, yaitu:

- Stadium 1 = produktivitas biologi rendah, kondisi labil (kompetisi antarspesie tinggi), dan tingkat ketahanan hidup minimum.
- Stadium 2 = Produktivitas biologi tinggi, kondisi stabil (matang), kompetisi trofik rendah, tingkat ketahanan hidup maksimum.

- Stadium 3 = Produktivitas biologi menurun, kondisi masih baik, diversitas menurun, kompetisi trofik sedang, dan tingkat ketahanan hidup sedang.



Gambar 4.8. Grafik suksesi (Apriadi et al. 2021).

G. Tugas Mandiri

Tugas mandiri diberikan sebagai bahan diskusi dan untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa tentang analisis plankton.

1. Jelaskan metode-metode yang digunakan untuk pencacahan plankton!
2. Jelaskan perbedaan dari metode-metode tersebut!
3. Jelaskan tingkat ketercemaran suatu perairan berdasarkan indeks diversitas Shannon-Wiener!

DAFTAR PUSTAKA

- Apriadi, T., Muzammil, W., Melani, W.R., and Zulfikar, A., 2021. Buku Ajar Planktonologi. Umrah Press. Batam
- Ardiyanto, B., Insan, A.I., and Widyartini, D.S., 2020. Keanekaragaman dan dominansi rumput laut hidrokoloid pada substrat yang berbeda di perairan Pantai Karang Tengah Nusakambangan Cilacap. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(3), pp.350-359.
- Arywati, R., Ulqodry, T.Z., Surbakti, H., and Ningsih, E.N., 2018. Populasi fitoplankton skeletonema di estuaria Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), pp.269-275.
- Dharmaji, D., Asmawi, S., Yunandar, Y., and Amalia, I., 2021. Analisis Kelimpahan dan Keanekaragaman Perifiton di Sekitar Karamba Jaring Apung Sungai Barito Kalimantan Selatan. *Rekayasa*, 14(3), pp.307-318.
- Duveiller, E., Fucikovsky, L., and Rudolph, K., 1997. The Bacterial Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management. CIMMYT. Mexico.
- Francoeur, S.N., Rier, S.T., and Whorley, S.B., 2013. Methods for sampling and analyzing wetland algae. In. *Wetland Techniques: Volume 2: Organisms*, pp.1-58. Springer
- Gisti, R., Taufikurahman., Situmorong, M., Delima, A., Cemara, B., Husnul, N., and Nunung., 2005.

- Keanekaragaman makrobentos di Sungai Cikapundung, Bandung. *Ekologi dan Biodiversitas Tropika*, 4(3), pp.83-90.
- Ilham, T., Hasan, Z., Andriani, Y., Herawati, H. and Sulawesty, F., 2020. Hubungan antara struktur komunitas plankton dan tingkat pencemaran di Situ Gunung Putri, Kabupaten Bogor. *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 27(2), pp. 79-92.
- Munira., and Dobo, J., 2019. Biodiversitas ikan padang lamun di taman wisata Perairan Laut Banda, Maluku. *Munggai: Jurnal Ilmu Perikanan dan Masyarakat Pesisir*, 5(1), pp.35-46.
- Munthe, Y.V., Aryawati, R., and Isnaini., 2012. Struktur komunitas dan sebaran fitoplankton di perairan Sungsang Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 4(1), pp.122-130.
- Quinlan, L.R., 2006. Phosphoinositides, inositol phosphates, and phospholipase C in embryonic stem cells. In *Methods in Molecular Biology*, vol. 329: *Embryonic Stem Cell Protocols: Volume 1: Isolation and Characterization*, pp.127-149. Humana Press Inc., Totowa, Amerika.
- Radić, K., 2015. *Nitric oxide synthase expression and activity in cell models relevant to human pathophysiology* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Pharmacy and Biochemistry. Department of biochemistry and molecular biology).

- Rosada, K.K., and Sunardi., 2021. Metode Pengambilan dan Analisis Plankton. UNPAD Press. Bandung.
- Sagala, E.P., 2011. Indeks saprobik komunitas dalam menentukan tingkat pencemaran di perairan laut antara Muara Sungai Benu dan Pulau Betet, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatra Selatan. *Maspari Journal*, 2(1), pp.11-18.
- Sulasti., 2018. Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan. LIPI Press. Jakarta.
- Tank, U., Jawdekar, A., and Tiku, A., 2022. Comparative evaluation of the efficacy of aloe vera juice, amla juice, and milk as storage media in maintaining the periodontal ligament cell viability: An in-vitro study. *International Journal of Health Sciences*, 6(S5), pp.4514-4528.

GLOSARIUM

- Autotrof : organisme produsen yang mampu melakukan proses fotosintesis
- Heterotrof : organisme yang tidak mampu melakukan proses fotosintesis
- Fotosintesis : proses pembentukan senyawa organik dari senyawa anorganik dengan bantuan sinar matahari melalui proses $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ menjadi $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ (bahan organik) dan O_2 sebagai produk fotosintesis.
- Fitoplankton : plankton nabati yang memiliki fungsi sebagai organisme autotrof
- Zooplankton : plankton hewani yang memiliki fungsi sebagai organisme heterotrof
- Plankton net : alat untuk mengumpulkan plankton dari suatu perairan
- Planktonologist : ahli dalam bidang plankton

INDEKS

A		H	
Abisal	17	Hemocytometer	78, 81, 82
Afotik	13, 15	Heterotrof	8, 9, 11, 224, 25
Analisis keanekaragaman	87		
Analisis kelimpahan	86		
Autotrof	8, 9, 24, 25, 30, 101		
B		I	
Batial	16, 17	Indeks dominansi	66, 86, 89, 90
Bentos	6, 9, 11, 33	Indeks kesamaan	66, 86, 91
		Indeks saprobik	66, 86, 92, 93
D		L	
Dekomposer	8, 9, 32, 37	Lentik	13, 68
		Limnetik	13
F		Litoral	13, 16
Fitoplankton	10, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 41, 42, 43, 54, 56, 58, 59, 72, 73, 77, 85, 92, 93	Lotik	13, 69
Fotik	15		
Fotosintesis	8, 15, 16, 24, 25, 30, 31, 37, 42	M	
		Mesosaprobik	94, 95
		N	
		Nekton	9, 10, 11, 14, 16, 33

Neritik	16, 33		
Neuston	9, 10, 12, 34		
O			
Oligosaprobik	94, 96		
P			
Palmer-Maloney	78, 80, 81		
Perifiton	6, 9, 11, 12, 14		
Petroff-Hausser	78, 83		
Pleuston	9, 10, 12		
Polisaprobik	93, 95		
Profundal	13		
		S	
		Sedgwick-Rafter	78, 80, 87
		T	
		Twilight	15
		Y	
		Yufotik	13
		Z	
		Zooplankton	24, 25, 28, 29, 31, 32, 34, 37, 41, 42, 54, 55, 58, 59, 72, 75, 78, 85, 92, 93

“Sesungguhnya, dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang, terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.”
(QS. Ali-‘Imran: 190-191).

PENULIS



Andri Kurniawan, lahir di Kota Pangkalpinang, 5 September 1984. Pendidikan tinggi yang ditempuh penulis adalah D3 Agroteknologi Hasil Perikanan, Institut Pertanian

Bogor; S1 Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Brawijaya; S2 Budidaya Perairan, Universitas Brawijaya; dan S3 Biologi (Mikrobiologi), Universitas Jenderal Soedirman. Penulis menjadi dosen di Jurusan Akuakultur Universitas Bangka Belitung sejak tahun 2011 hingga sekarang. Bidang keahlian penulis adalah mikrobiologi lingkungan, penyakit ikan, dan urban akuakultur.

Penulis telah menghasilkan beberapa karya berupa buku dan artikel penelitian yang dipublikasikan secara nasional maupun internasional. Sejumlah publikasi penulis dapat disitasi pada laman:

- <https://scholar.google.co.id/citations?user=Ztobt1QAAAAJ&hl=id>
- <https://www.researchgate.net/profile/Andri-Kurniawan-3>



Eva Prasetiyono, lahir di Bangka, 18 Februari 1984. Pendidikan tinggi yang ditempuh penulis adalah S1 Manajemen Sumberdaya Perikanan, Universitas Padjadjaran dan S2 Ilmu Akuakultur, Institut Pertanian Bogor. Penulis adalah dosen di Jurusan Akuakultur dengan bidang keahlian manajemen perairan yang aktif dan produktif menulis buku serta menerbitkan beberapa artikel penelitian di jurnal nasional dan internasional. Sejumlah publikasi penulis dapat disitasi pada laman:

- <https://scholar.google.com/citations?user=hoOQaCIAAAAJ&hl=id>
- <https://www.researchgate.net/profile/Eva-Prasetiyono-2>



Denny Syaputra, lahir di Kota Pangkalpinang, 6 Desember 1979. Pendidikan tinggi yang ditempuh penulis adalah S1 Teknologi Hasil Perikanan, Institut Pertanian Bogor dan S2 Teknologi Hasil Perikanan, Institut Pertanian Bogor. Penulis adalah dosen di Jurusan Akuakultur, Universitas Bangka Belitung dari tahun 2006-sekarang. Bidang keahlian penulis adalah teknologi hasil perikanan. Penulis juga produktif menulis mengajar dan melakukan penelitian yang telah dipublikasikan pada jurnal nasional maupun prosiding internasional. Sejumlah publikasi penulis dapat disitasi pada laman:

- <https://scholar.google.com/citations?user=OG9TsOEAAAAJ&hl=id>

Buku ajar ini memberikan gambaran singkat tentang eksistensi plankton di suatu perairan. Diversitas fitoplankton dan zooplankton dapat mengindikasikan kualitas suatu perairan dan juga perubahan yang terjadi di lingkungan tersebut.

Semoga buku ajar ini bermanfaat untuk memperkaya pemahaman mahasiswa dan pembaca lainnya tentang keberadaan makhluk hidup di lingkungan perairan.

