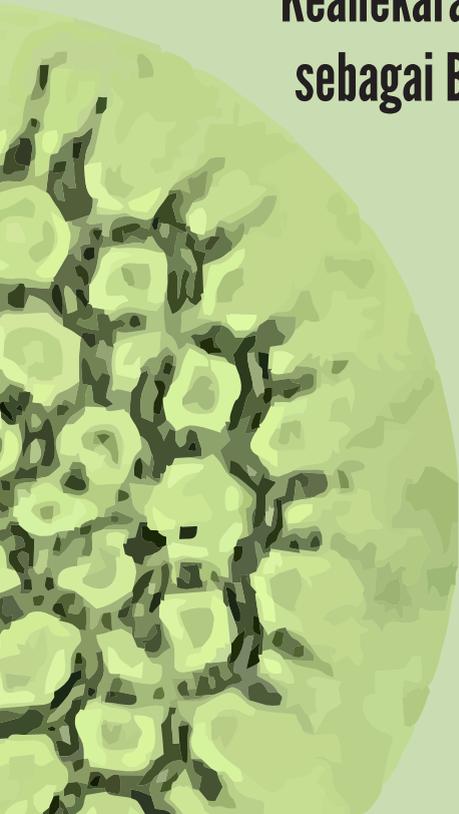


FITOPLANKTON

DANAU-DANAU DI Pulau Jawa

**Keanekaragaman dan Perannya
sebagai Bioindikator Perairan**

SULASTRI



FITOPLANKTON

DANAU-DANAU DI PULAU JAWA

**Keanekaragaman dan Perannya
sebagai Bioindikator Perairan**

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

FITOPLANKTON

DANAU-DANAU DI Pulau Jawa

**Keanekaragaman dan Perannya
sebagai Bioindikator Perairan**

SULASTRI

LIPI Press

© 2018 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Penelitian Limnologi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan/Sulastri-Jakarta: LIPI Press 2018.

xvi hlm. + 122 hlm.; 14,8 × 21 cm

ISBN 978-979-799-974-2 (cetak)
978-979-799-975-9 (*e-book*)

1. Fitoplankton
2. Danau

3. Pulau Jawa

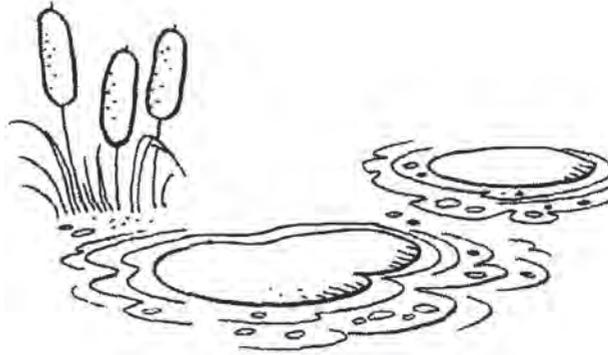
578.76598 2

Copy editor : Heru Yulistiyan
Proofreader : Martinus Helmiawan & Sarwendah Puspita Dewi
Penata isi : Nurhasanah Ridwan & Meita Safitri
Desainer sampul : Rusli Fazi

Cetakan pertama : September 2018



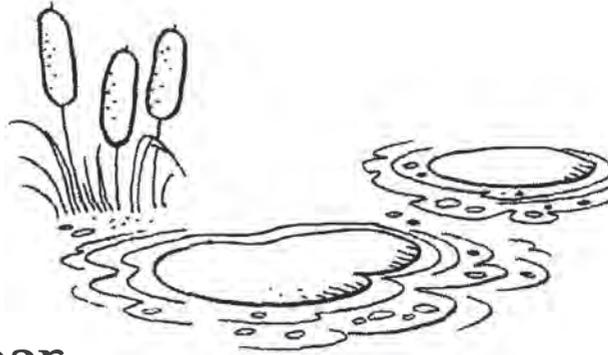
Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Jln. R.P. Soeroso No. 39, Menteng, Jakarta 10350
Telp: (021) 314 0228, 314 6942. Faks.: (021) 314 4591
E-mail: press@mail.lipi.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id
f LIPI Press
t @lipi_press



Daftar Isi

Daftar Gambar	vii
Pengantar Penerbit	xiii
Prakata	xv
Bab 1 Fitoplankton dan Hubungannya dengan Ekosistem Danau	1
Bab 2 Karakteristik Fisik, Kimiawi, dan Pemanfaatan Danau-Danau di Jawa	7
A. Kondisi Fisik Danau.....	7
B. Pemanfaatan Danau.....	11
C. Kualitas Air	14
Bab 3 Keanekaragaman dan Habitat Fitoplankton.....	19
A. Chrysophyta.....	22
B. Bacillariophyta.....	23
C. Chlorophyta	41
D. Cyanophyta	60
E. Pyrrophyta	70
F. Euglenophyta	72

Bab 4	Fitoplankton sebagai Indikator Status Trofik Perairan	77
	A. Pengambilan Sampel, Penentuan Jenis, dan Analisis Fitoplankton	78
	B. Karakteristik Fitoplankton Sebagai Penilai Status Trofik Perairan	83
	C. Status Trofik dan Karakteristik Fitoplankton Danau- Danau di Pulau Jawa	91
Bab 5	Peran Fitoplankton dalam Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumber Daya Perairan Danau	97
	Daftar Pustaka	101
	Lampiran	107
	Glosarium	109
	Indeks Subjek	115
	Indeks Taksonomi	119
	Biografi Penulis	121



Daftar Gambar

Gambar 2.1	Ranu Pakis, kedalaman 156 m.....	8
Gambar 2.2	Telaga Dringo di Dataran Tinggi Dieng	8
Gambar 2.3	Situ Patenggang; lahan sekitar danau dimanfaatkan untuk perkebunan teh	9
Gambar 2.4	Danau Rawa Pening	11
Gambar 2.5	Telaga Menjer (kiri) dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik, Ranu Grati (kanan) untuk budi daya ikan dalam karamba	12
Gambar 2.6	Ranu Pane, Area Wisata di Kawasan Konservasi....	13
Gambar 2.7	Situ Cileunca dimanfaatkan untuk keperluan irigasi	13
Gambar 2.8	Telaga Warna, danau kawah di dataran tinggi Dieng	16
Gambar 3.1	<i>Centrictactus belanophorus</i> (A); <i>Centrictactus</i> sp. (B)	23
Gambar 3.2	Skema Diagram <i>Centric Diatom</i> (A); <i>Pennate Diatom</i> (B), <i>Apical Axis</i> (aa), <i>Transpical Axis</i> (ta).....	24
Gambar 3.3	Skema Diagram Struktur <i>Pennate Diatom</i> (a) dan <i>Centric Diatom</i> (b).....	24

Gambar 3.4	Pola <i>Striae</i> dan Area Tengah <i>Valve</i> . <i>Striae Parallel</i> (a), <i>Striae Radial</i> (b), Area Tengah <i>Circular</i> (c), Area Tengah <i>Stauros</i> (d), <i>Striae Parallel</i> (e), cenderung <i>convergent</i> (f) pada ujungnya.....	25
Gambar. 3.5	Bentuk ujung <i>valve</i> . Lebar Membulat (a), <i>Cuneate</i> (b), <i>Sub-capitate</i> (c), <i>Capitate</i> (d), <i>Rostrate</i> (e), <i>Apiculate</i> (f)	25
Gambar 3.6	<i>Aulacoseira</i> sp. 1, Telaga Menjer (A); <i>Aulacoseira</i> sp. 2, Situ Gunung (B)	27
Gambar 3.7	<i>Achnanthes linearis</i> (A); <i>Achnanthes</i> sp. (B); <i>Fragilaria</i> sp. 1 (C); <i>Tabellaria</i> sp. (D); <i>Fragilaria</i> sp. 2 (E).....	28
Gambar 3.8	<i>Synedra ulna</i> 1 (A); <i>Diatoma elongatum</i> (B); <i>Synedra ulna</i> 2 (C); <i>Synedra</i> sp. 1 (D); <i>Synedra ulna</i> 3 (E); <i>Synedra</i> sp. 2 (F); <i>Synedra ulna</i> 4 (G)....	30
Gambar 3.9	<i>Navicula rhyncocephala</i> (A); <i>Navicula</i> sp. 1 (B); <i>Navicula</i> sp. 2 (C); <i>Navicula</i> sp. 3 (D); <i>Navicula</i> sp. 4 (F); <i>Stauroneis</i> sp. 1 (E); <i>Stauroneis</i> sp. 2 (G); <i>Caloneis</i> (H); <i>Frustulia</i> sp. (I), <i>Diploneis</i> sp. (J), <i>Craticula</i> sp. (K).....	33
Gambar 3.10	<i>Pinnularia viridis</i> (A); <i>Pinnularia</i> sp. 1 (B); <i>Pinnularia</i> sp. 2 (C); <i>Pinnularia interrupta</i> (D); <i>Pinnularia acrosphaeria</i> (E).....	34
Gambar 3.11	<i>Amphora</i> sp. 1, sp. 2 (I, J); <i>Cymbella</i> sp. 1, 2, 3 (A, C, G); <i>Encyonema</i> sp. (B); <i>Eunotia</i> sp. (H); <i>Eunotia gracile</i> (K, L); <i>Gomphonema olivaceum</i> (D, F); <i>Gomphonema</i> sp. (E).....	37
Gambar 3.12	<i>Cymatopleura</i> sp. (A); <i>Ephitemia</i> sp. (H); <i>Rhopalodia gibba</i> (F, G); <i>Stenopterobia</i> sp. (C); <i>Surirella tenera</i> (B, D); <i>Surirella robusta</i> (E).....	40
Gambar 3.13	<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (A, F, G, H); <i>Ankistrodesmus spiralis</i> (B, C); <i>Crucigenia</i> sp. (D); <i>Tetrastrum</i> sp. (E).....	43

Gambar 3.14	<i>Coelastrum cambricum</i> (A, E); <i>Coelastrum</i> sp. 1 (B); <i>Coelastrum proboscideum</i> (D); <i>Kirchneriella</i> <i>lunaris</i> (C); <i>Kirchneriella obesa</i> (G); <i>Dictyosphaerium</i> sp. (F)	45
Gambar 3.15	<i>Monoraphidium</i> sp. (A); <i>Nephrocytium</i> <i>obesum</i> (B); <i>Haematococcus</i> (C); <i>Oocystis</i> sp. 1, (D); <i>Oocystis Borgei</i> (E, F).....	46
Gambar 3.16	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>clathratum</i> (A); <i>Pediastrum simplex</i> var. <i>duodenarium</i> (B, F); <i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i> (C); <i>P. sculptatum</i> (D); <i>Pediastrum tetras</i> (E); <i>P. beradiatum</i> (G).....	48
Gambar 3.17	<i>Pediastrum</i> sp. 1 (A); <i>P. duplex</i> var. <i>rugulosum</i> (B); <i>P. beradiatum</i> 2 (C); <i>P. duplex</i> var. <i>reticulatum</i> (D); <i>P. simplex</i> 1 (F); <i>P. simplex</i> 2 (G); <i>P. tetras</i> 2 (E).....	48
Gambar 3.18	<i>Quadrigula</i> (A); <i>Selenastrum</i> sp. (B); <i>Tetraedron</i> <i>minimum</i> (C); <i>Selenastrum gracile</i> (D)	49
Gambar 3.19	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (A); <i>Scenedesmus</i> <i>Bernardii</i> (B); <i>Scenedesmus</i> sp. 1 (C); <i>S. denticulatus</i> (D); <i>S. bijuga</i> (E); <i>S. dimorphus</i> (F, G, K); <i>S. quadricauda</i> var. <i>maximum</i> (J); <i>S. quadricauda</i> var. <i>westii</i> (M); <i>S. quadricauda</i> (H); <i>Scenedesmus armatus</i> (chod) (I); <i>Scenedesmus</i> <i>quadricauda</i> var. <i>parvus</i> (I) <i>Scenedesmus longus</i> (L); <i>Scenedesmus arcuatus</i> (N); <i>Scenedesmus</i> sp. 3 (O).....	51
Gambar 3.20	<i>Pithophora</i> sp. (A); <i>Ulothrix</i> sp.1. (B), <i>Ulothrix</i> sp.2 (C).....	53

Gambar 3.21	<i>Cosmarium identatum</i> (A); <i>C. contractum</i> (B, C); <i>C. pyramidatum</i> (D); <i>Cosmarium</i> sp. 1 (E); <i>Cosmarium</i> sp 2. (F); <i>Cosmarium</i> sp. 3 (I); <i>C. obsoletum</i> (J); <i>C. quadrifarium</i> (G); <i>C. marginatum</i> (H); <i>C. angulatum</i> (K); <i>C. pseudoconnatum</i> (L) 54	54
Gambar 3.22	<i>Closterium</i> sp. 1 (A); <i>Closterium gracile</i> (B, C); <i>Closterium porrectum</i> (D) 55	55
Gambar 3.23	<i>Penium</i> sp. (A); <i>Closterium porrectum</i> (B, D, E); <i>Closterium striolatum</i> (C); <i>Pleurotaenium</i> sp. (F) 55	55
Gambar 3.24	<i>Staurastrum prionotum</i> (A); <i>S. playfairi</i> (B, C); <i>S. anatinoides</i> (D); <i>S. identatum</i> (E, F)..... 58	58
Gambar 3.25	<i>Staurastrum perundulatum</i> (A); <i>Staurastrum</i> sp. 1 (B); <i>Staurastrum</i> sp. 2 (C); <i>S. formosum</i> (C); <i>S. smithii</i> (D); <i>S. spiniceps</i> (E); <i>Staurastrum</i> sp. 3 (F) 58	58
Gambar 3.26	<i>Staurastrum sexangulare</i> (A); <i>S. sebaldi</i> (B,C); <i>S. tohopekaligense</i> (D, E); <i>Staurastrum</i> sp. 4 (F); <i>Staurastrum</i> sp. 5 (G)..... 59	59
Gambar 3.27	<i>Euastrum spinulosum</i> (A); <i>Staurastrum</i> <i>corniculatum</i> (B); <i>S. bifidum</i> (C); <i>S. gutwinskii</i> (D); <i>Staurastrum</i> sp. 6 (E); <i>S. gladiusum</i> (F)..... 59	59
Gambar 3.28	<i>Staurastrum saltan</i> (A, B, C); <i>Xanthidium hastiferum</i> (D, E) 60	60
Gambar 3.29	<i>Merismopedia tenuissima</i> (A, B); <i>Microcystis</i> <i>aeruginosa</i> (C, D, G, H); <i>Coelosphaerium</i> sp. (E); <i>Chroococcus</i> sp. (F) 64	64
Gambar 3.30	<i>Anabaena affinis</i> (A); <i>Anabaena</i> sp. 1 (B); <i>Anabaena aphanizomenon</i> (C); <i>Anabaena</i> sp. 2 (D); <i>Anabaena</i> sp. 3 (E)..... 65	65
Gambar 3.31	<i>Nodularia</i> sp. (A); <i>Cylindrospermopsis</i> <i>raciborskii</i> (B, C); <i>Cylindrospermopsis</i> sp. (D) 67	67

Gambar 3.32	<i>Oscillatoria tenuis</i> (A–C).....	68
Gambar 3.33	<i>Oscillatoria tenuis</i> (A); <i>Oscillatoria</i> sp. 1 (B); <i>Oscillatoria</i> sp. 2 (C).....	68
Gambar 3.34	<i>Planktothrix</i> sp. 1 (A); <i>Planktothrix</i> sp. 2 (B); <i>Pseudoanabaena</i> sp. 1 (C); <i>Pseudoanabaena</i> sp. 2 (D).....	69
Gambar 3.35	<i>Peridinium</i> sp., (A); <i>Peridinium cinctum</i> (B, C, E); <i>Ceratium herudinella</i> (D).....	72
Gambar 3.36	<i>Euglena acus</i> (A); <i>Euglena</i> sp. 1 (B); <i>Phacus</i> <i>orbicularis</i> var. <i>caudatus</i> (C, F); <i>P. longicauda</i> (D); <i>Euglena</i> sp. 2 (E); <i>Phacus chloroplastes</i> 1 (G); <i>Phacus chloroplastes</i> 2 (H); <i>P. orbicularis</i> (I); <i>Phacus</i> sp. 1 (J); <i>Strombomonas</i> sp. (K); <i>P.</i> <i>Longicauda</i> var. <i>tortus</i> (L)	74
Gambar 3.37	<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>longispina</i> (A); <i>T. scabra</i> (B); <i>T. hispida</i> var. <i>coronate</i> (C); <i>T. dubia</i> (D); <i>T. lacustris</i> (E); <i>T. horrida</i> (F, L); <i>T.</i> <i>hispida</i> var. <i>punctata</i> (G, I); <i>T. superba</i> (H); <i>T. hispida</i> var. <i>papilata</i> (J); <i>Trachelomonas</i> sp. (M); <i>T. volvocina</i> (K, L).....	76
Gambar 4.1	Kondisi hipertrofik Danau Maninjau dengan gumpalan hijau pekat mengindikasikan tingginya biomassa fitoplankton.....	85



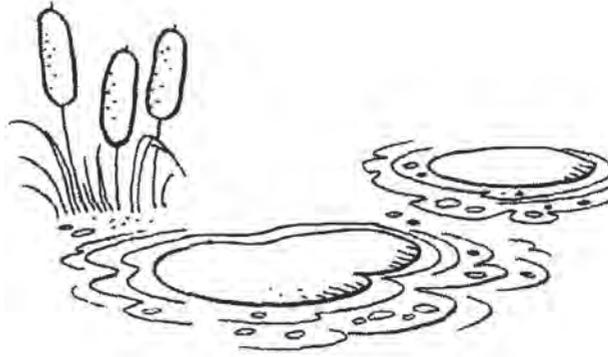
Pengantar Penerbit

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press mempunyai tanggung jawab untuk menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas LIPI Press untuk turut serta mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Buku ilmiah populer ini secara umum membahas keanekaragaman jenis fitoplankton yang berpotensi sebagai bioindikator ekosistem danau. Perairan danau memiliki peran yang sangat penting bagi masyarakat di sekitarnya, baik sebagai penyedia sumber daya, energi, maupun penghasilan ekonomi. Hal ini membuat kerusakan kualitas ekosistem danau akan berdampak negatif bagi masyarakat. Oleh karena itu, fitoplankton sebagai bioindikator menjadi penting bagi usaha-usaha pencegahan kerusakan dan konservasi ekosistem danau.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press



Prakata

Bismillahirrahmaanirrahiim

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas hidayah dan rahmat-Nya sehingga buku berjudul *Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa: Keanekaragaman dan Perannya Sebagai Bioindikator Perairan* telah selesai disusun. Materi buku ini berasal dari hasil penelitian danau-danau di Pulau Jawa yang dilakukan peneliti Pusat Penelitian Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Di samping itu, materi buku dilengkapi dari penelusuran beberapa pustaka. Isi buku ini mencakup kondisi lingkungan danau sebagai habitat fitoplankton dan keanekaragaman jenis fitoplankton yang ditemukan dari hasil penelitian. Selain itu, dalam buku ini disampaikan karakteristik habitat fitoplankton berdasarkan hasil kajian dan rujukan bahan pustaka.

Fitoplankton sangat dekat hubungannya dengan masalah lingkungan. Penyuburan perairan bisa menyebabkan *blooming* fitoplankton yang kemudian berdampak pada kerusakan habitat, penurunan kualitas air, dan kematian fauna. Oleh karena itu, di samping memperkenalkan keanekaragaman fitoplankton, buku ini menyampaikan peran fitoplankton sebagai bioindikator perairan yang mencakup teknik-teknik pengambilan sampel fitoplankton, metode

penentuan kepadatan dan indeks fitoplankton, serta karakteristik spesies indikator yang didasarkan hasil penelitian dan rujukan pustaka. Buku ini diharapkan dapat membantu para peneliti, mahasiswa, pelajar, dan pihak-pihak yang terlibat dalam pengelolaan perairan danau dalam mengenali dan mempelajari fitoplankton dan habitatnya serta dalam mengambil kebijakan pengelolaan danau.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pusat Penelitian Limnologi LIPI yang telah memberikan fasilitas dalam pengumpulan data serta semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, saran, ataupun fasilitas lain kepada penulis hingga penyusunan buku ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari buku ini masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif untuk penyempurnaan buku ini.

Bogor, Oktober 2017

Penulis



Bab 1

Fitoplankton dan Hubungannya dengan Ekosistem Danau

Perairan danau merupakan sumber daya ekologi yang penting bagi kehidupan biota perairan dan memberikan jasa lingkungan bagi kehidupan manusia. Perairan danau memiliki peran multifungsi, yakni sebagai penyedia air bersih dan air irigasi, pembangkit tenaga listrik, sarana perikanan tangkap dan budi daya ikan, serta pariwisata. Selain itu, perairan danau tidak hanya memberikan jasa ekonomi, tetapi juga memiliki nilai-nilai ilmu pengetahuan, estetika, budaya, olahraga dan spiritual, serta potensi sumber daya genetika yang dapat meningkatkan kualitas kehidupan manusia.

Pulau Jawa memiliki jumlah penduduk paling padat di Indonesia, yakni total 120.222.650 juta jiwa untuk Provinsi Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Jawa Barat saja (Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, 2016; Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2017; Badan Pusat Statistik Provinsi, Jawa Barat, 2017). Oleh karena itu,

potensi sumber daya perairan danau di Pulau Jawa menjadi sumber kehidupan utama bagi masyarakat di sekitarnya. Pemanfaatan sumber daya perairan danau di wilayah ini terus meningkat untuk memenuhi kehidupan masyarakat yang populasinya semakin padat. Di sisi lain, pemanfaatan di wilayah tangkapan air danau juga terus meningkat untuk mengembangkan wilayah permukiman, pertanian, perkebunan, dan perladangan guna memenuhi kebutuhan hidup penduduk. Penggunaan lahan di wilayah tangkapan air danau untuk permukiman, pertanian, perladangan, dan perkebunan menunjukkan kandungan unsur hara yang lebih tinggi di perairan pada beberapa danau di Jawa Barat (Sulastrı, 2008). Meningkatnya pemanfaatan sumber daya perairan danau dan wilayah tangkapan airnya sering menciptakan masalah baru, seperti pendangkalan, penurunan kualitas air, dan penyuburan perairan danau.

Danau-danau di Jawa umumnya digolongkan sebagai danau yang memiliki ukuran kecil, yakni kurang dari 10 km² (Uchida, 1997). Danau-danau kecil merupakan perairan dangkal sehingga masukan bahan-bahan organik dari daerah tangkapan air dan daratan sekitarnya akan mempercepat penyuburan perairan (Wetzel, 2001). Penyuburan perairan danau dicirikan oleh tingginya kandungan unsur hara dan meningkatnya biomassa fitoplankton. Konsekuensi dari penyuburan perairan atau eutrofikasi adalah penurunan kualitas air dan penurunan fungsi ekosistem perairan danau (Sulastrı, Sulawesty, & Nomosatriyo, 2015).

Berdasarkan pada laporan, danau alami di Pulau Jawa dan Bali berjumlah 31 danau (Nontji, 1994). Namun, inventarisasi jumlah danau alami di Jawa yang mencakup luasan dan kedalaman perairan belum banyak dilakukan. Selain danau alami, danau-danau buatan yang dibangun sejak zaman Belanda guna mengendalikan banjir, khususnya di wilayah Jawa Barat, juga banyak dijumpai.

Fitoplankton merupakan partikel kecil yang hidup melayang di perairan danau dan digolongkan ke dalam kelompok tumbuhan

(Reynolds, 1984). Ukuran fitoplankton paling kecil disebut *picoplankton*, yakni 0,2–2,0 μm . Selanjutnya, yang berukuran 2,0–20 μm disebut *ultraplankton* dan yang memiliki ukuran lebih besar disebut *microplankton*, berkisar 20–200 μm (Wetzel, 2001). Selanjutnya, Bellinger dan Sigeo (2010) memberikan nama kelompok ukuran sel atau diameter fitoplankton sebagai berikut: *picoplankton* (0,2–2,0 μm), *nanoplankton* (2,0–20 μm), *microplankton* (20–200 μm), dan *macroplankton* (>200 μm). Fitoplankton di perairan danau memiliki kelompok takson yang sangat beragam dan tiap takson mempunyai persyaratan fisiologi yang berbeda terhadap sifat fisika serta kimia perairan, seperti intensitas cahaya, temperatur, dan unsur hara (Wetzel, 2001). Di perairan danau, fitoplankton memiliki keanekaragaman yang tinggi dan toleransi yang luas terhadap kondisi lingkungan, tetapi karakteristik fitoplankton tertentu sering ditemukan di perairan danau dengan meningkatnya unsur hara (Wetzel, 2001).

Fitoplankton merupakan komponen primer dalam ekosistem perairan dan berperan penting dalam mendukung produktivitas serta aktivitas perikanan. Namun, tingkat populasi fitoplankton yang tinggi dapat menurunkan kesehatan ekosistem perairan danau. Perairan danau yang terus-menerus mendapat masukan unsur hara yang tinggi dari aliran air sungai di sekitarnya dan aktivitas perikanan budi daya di danau akan meningkatkan pertumbuhan fitoplankton dengan kepadatan yang tinggi (*blooming*). Jenis-jenis fitoplankton dari alga biru hijau (Cyanophyta), alga hijau (Chlorophyta), diatom (Bacillariophyta), Pyrrophyta, dan Euglenophyta akan berlimpah pada kondisi perairan tertentu karena adanya pengayaan unsur hara. Tingkat pengayaan unsur hara dapat mencerminkan status kesuburan (status trofik) perairan, yang dicirikan oleh tingkat kelimpahan atau biomassa fitoplankton (Carlson & Simpson, 1996; Vollenweider, 1968).

Umumnya status trofik suatu perairan diklasifikasikan berdasarkan status konsentrasi unsur hara anorganik. Danau dengan konsentrasi unsur hara yang rendah diklasifikasikan sebagai danau oligotrofik sampai mesotrofik, sedangkan danau yang kaya unsur hara diklasifikasikan sebagai danau eutrofik (Bellinger & Sigeo, 2010). Dalam hubungan tingkat konsentrasi unsur hara dengan produktivitas danau, Vollenweider (1968), yang dikutip Wetzel (2001), memberikan batasan konsentrasi total fosfor pada tiap status trofik perairan danau sebagai berikut: total fosfor untuk tingkat produktivitas ultra sampai oligotrofik, oligotrofik sampai mesotrofik, mesotrofik sampai eutrofik, serta eutrofik dan hipereutrofik masing-masing $<5 \mu\text{g/L}$, $5\text{--}10 \mu\text{g/L}$, $10\text{--}30 \mu\text{g/L}$, $30\text{--}100 \mu\text{g/L}$, dan $>100 \mu\text{g/L}$.

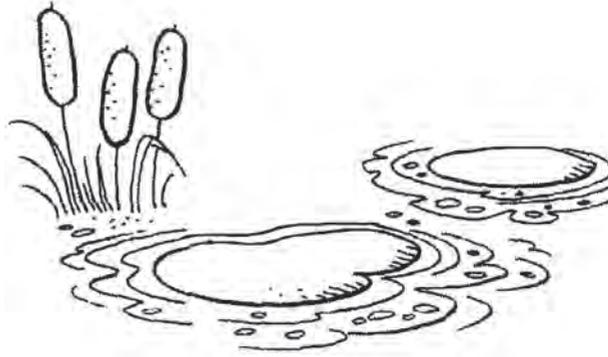
Fitoplankton sebagai komponen dasar dalam jaring-jaring makanan juga memiliki peran penting bagi trofik level berikutnya dan siklus biogeokimia pada ekosistem perairan danau. Oleh karena itu, perairan danau yang sehat memerlukan adanya keseimbangan antara struktur dan komposisi komunitas fitoplankton (Angermeier & Karr, 1994). Peningkatan unsur hara di perairan memberikan konsekuensi terhadap peningkatan biomassa, perubahan komposisi, dan dominansi species tertentu hingga terjadinya *blooming* fitoplankton. Efek selanjutnya adalah menurunkan kecerahan perairan, meningkatkan konsumsi oksigen untuk respirasi oleh fitoplankton itu sendiri dan organisme lain, serta menurunkan kualitas air di danau (Ryding & Rast, 1989; Wetzel, 2001). Di samping itu, *blooming* jenis-jenis fitoplankton beracun yang berasal dari alga biru hijau (*Cyanophyta*) dapat menimbulkan bau kurang sedap, kematian ikan dan fauna lain, serta mengganggu kesehatan masyarakat (Dokulil & Teubner, 2011). Jenis alga biru hijau ini umumnya berlimpah pada konsentrasi unsur hara yang tinggi (Roland, Bird, & Giani, 2005). Biomassa fitoplankton yang tinggi, selain dapat menurunkan fungsi ekologis perairan danau, bisa menurunkan jasa lingkungan yang dapat dimanfaatkan bagi kehidupan masyarakat di sekitarnya.

Kerusakan fungsi perairan danau sebagai sumber air baku dan air bersih, pangan, pasokan energi listrik, sarana pendidikan dan kebudayaan, serta pariwisata tidak hanya menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga dapat menimbulkan konflik sosial masyarakat pengguna di sekitarnya.

Sifat-sifat seperti karakteristik biomassa dan komposisi jenis-jenis fitoplankton memberikan peran penting dalam menilai perubahan kondisi lingkungan dan status trofik perairan danau. Penilaian status kesuburan perairan danau menggunakan fitoplankton dapat digunakan untuk mendeskripsikan efek aktivitas antropogenik terhadap perairan danau. Penilaian status kesuburan perairan merupakan upaya melaksanakan pengelolaan danau dan menentukan kebijakan pemanfaatannya. Permasalahan danau sangatlah kompleks karena terkait dengan berbagai faktor, mulai dari ekonomi, sosial, hingga peraturan. Oleh karena itu, dalam merumuskan permasalahan dan menentukan kebijakan pengelolaan danau, diperlukan kemampuan mengidentifikasi sebab-sebab terjadinya perubahan kondisi lingkungan perairan, misalnya perubahan warna dan kualitas air, kematian ikan, serta *blooming* fitoplankton. Perubahan kondisi lingkungan dan munculnya permasalahan perairan danau dapat dipelajari melalui pemahaman tentang karakteristik komposisi dan keanekaragaman fitoplankton serta habitatnya.

Buku ini menyajikan kondisi ekosistem, karakteristik morfologi keanekaragaman fitoplankton dan kondisi lingkungan hidupnya (habitatnya), peran fitoplankton sebagai bioindikator, serta penerapannya dalam menilai status trofik perairan danau di Pulau Jawa, khususnya fitoplankton yang mewakili danau alami yang berada di dataran tinggi, sedang, dan rendah danau-danau alami di Jawa. Belum banyak buku yang dipublikasikan di Indonesia mengenai keanekaragaman fitoplankton dan karakteristik habitatnya serta peran dan penerapannya sebagai penilai status kesuburan perairan danau, khususnya danau-danau di Pulau Jawa. Scott dan Prescott (1961)

telah memublikasikan buku tentang keanekaragaman fitoplankton, khususnya jenis-jenis dari famili Desmidiaceae (Desmid) yang berasal dari Pulau Jawa, Kalimantan, dan Sumatera. Namun, buku ini belum dilengkapi dengan informasi distribusi dan karakteristik habitatnya serta hanya memberikan ciri-ciri morfologi fitoplankton. Selanjutnya, Krieger (1933) memublikasikan fitoplankton, khususnya jenis-jenis dari famili Desmidiaceae, yang merupakan hasil Ekspedisi Sunda tentang Limnologi, Danau di Jawa, Sumatera, dan Bali. Buku ini diterbitkan dalam bahasa Jerman, yang isinya tentang ciri morfologi dan distribusi serta kaitannya dengan kondisi keasaman perairan (pH). Selanjutnya, Sachlan (1982) memublikasikan buku planktonologi, yang isinya memberikan ciri-ciri umum tentang fitoplankton, yang juga belum menjelaskan lokasi ditemukannya fitoplankton dan kondisi lingkungan hidupnya (habitatnya). Buku berjudul *Fitoplankton Danau-danau di Pulau Jawa, Keanekaragaman dan Perannya Sebagai Bioindikator Perairan* ini dipublikasikan, selain untuk melengkapi informasi buku fitoplankton yang sudah ada, juga untuk menambah pengetahuan di bidang fitoplankton dan karakteristik habitatnya di perairan danau.



Bab 2

Karakteristik Fisik, Kimiawi, dan Pemanfaatan Danau-Danau di Jawa

A. Kondisi Fisik Danau

Di Jawa Barat saja, khususnya di wilayah Jakarta, Bogor, Bekasi, dan Tangerang, ada lebih dari 200 situ dengan luas 1–160 ha (Bappeda Jawa Barat, 1986). Danau alami di Jawa dikenal dengan berbagai nama. Di Jawa Timur, danau disebut ranu, di Jawa Tengah disebut telaga, sedangkan di Jawa Barat disebut situ. Situ di Jawa Barat, selain danau alami, bisa berupa danau buatan yang dibangun untuk pengendali banjir. (Bappeda Jawa Barat, 1986). Danau-danau di Jawa umumnya dangkal dan tersebar di berbagai ketinggian dari permukaan laut. Danau terdalam di Jawa adalah Ranu Pakis di Kabupaten Lumajang, Jawa Timur, dengan kedalaman 156 m (Gambar 2.1). Danau yang letaknya mencapai ketinggian 2.099 m adalah Telaga Dringo, yang lokasinya di dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah (Gambar 2.2). Danau Dringo, karena letaknya di dataran



Sumber: Sulastri (2006)

Gambar 2.1 Ranu Pakis, kedalaman 156 m



Sumber: Sulastri (2006)

Gambar 2.2 Telaga Dringo di Dataran Tinggi Dieng

tinggi, terkadang tertutup awan dan di sekitarnya hanya ditumbuhi rumput serta tanaman hutan.

Penggunaan lahan di wilayah tangkapan air danau di Pulau Jawa telah banyak berkembang menjadi area permukiman, pertanian, dan perkebunan. Sebagai contoh, lahan di sekitar danau-danau di dataran tinggi Dieng banyak dimanfaatkan untuk perkebunan



Sumber: Sulastrri (2005)

Gambar 2.3 Situ Patenggang; lahan sekitar danau dimanfaatkan untuk perkebunan teh.

kentang, dan di beberapa wilayah lain di Jawa Barat dimanfaatkan untuk perkebunan teh, misalnya Situ Patenggang (Gambar 2.3). Namun, masih ada juga danau yang kondisinya alami, seperti di area konservasi, yang umumnya masih memiliki area hutan yang luas. Wilayah tangkapan air Danau Situ Lembang, misalnya wilayah tangkapan airnya dipertahankan alami karena dimanfaatkan untuk sarana pelatihan anggota Tentara Nasional Indonesia (TNI). Deskripsi kondisi fisik tentang penggunaan lahan di wilayah tangkapan air, luas, dan kedalaman perairan beberapa danau di Jawa tertera pada Tabel 2.1.

Sebagian danau di Pulau Jawa masuk ke kawasan konservasi yang dikelola Balai Konservasi Sumber Daya Alam Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Misalnya, Situ Gunung di Jawa Barat, Telaga Warna dan Pengilon di Jawa Tengah, serta Ranu Pane di Jawa Timur. Kawasan daratan di sekitar danau yang terletak di kawasan konservasi umumnya juga dilestarikan, sehingga kondisi daerah tangkapan airnya masih alami atau masih banyak dijumpai kawasan hutannya, seperti di Situ Gunung, Cisanti, dan Situ Patenggang (Tabel 2.1).



Tabel 2.1 Deskripsi Kondisi Fisik dan Pemanfaatan Danau

Nama Danau	Kabupaten	Ketinggian (m)	A (ha)	Z _{max} (m)	Pemanfaatan	Tata guna lahan DAS (%)					
						Hu	Se	Sa	L&K	Ru	Pe
Cisanti	Bandung	1.599	11,4	1,1	PT, W	77,7	0,2	0,0	0,0	22,0	0,0
Gunung	Sukabumi	1.049	10,8		PT, W	100,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
Lembang	Bandung	1.500		6	Pelatihan TNI	84,0	7,8	0,0	-	-	0,0
Patenggang	Bandung	1.000		4	W	24,9	10,8	0,0	61,9	-	2,2
Cileunca	Bandung	1.000		13	W	7,1	11,0	23,8	40,4	-	7,3
Gede	Tasikmalaya	400		5	I	21,49	26	36,4	0,3		9,3
Cangkuang	Garut	400		2	A	15,1	10,9	51,1	14.		8,1
Lengkong	Ciamis	700		3	W,PT	0,0	3,1	14,4	49,8		21,0
Remis	Kuningan	263	2,7	8,7	W	0,0	71,9	0,0	28,1	0,00	0,0
Nilem	Kuningan	227	1,1		-						
Menjer	Wonosobo	1.226	61,0	55,0	W, PT, PLTA, KJA	0,0	5,4	45,4	49,2	0,1	0,0

Keterangan: Hu = hutan; Se = semak; Sa = sawah; L = ladang; K = kebun; Ru = Rumpun; Pe = permukiman; PT = perikanan tangkap; W = wisata; TNI = Tentara Nasional Indonesia; I = irigasi; PLTA = pembangkit listrik tenaga air; KJA = karamba jaring apung

Sumber: Sulastri (2009)

Berkembangnya daerah tangkapan air untuk pengembangan pertanian dan permukiman menyebabkan danau-danau di Pulau Jawa mengalami pendangkalan dan penyuburan perairan atau eutrofikasi yang ditandai dengan tingginya kekeruhan, unsur hara, biomassa fitoplankton, dan tumbuhan air. Danau Rawa Pening (Gambar 2.4) merupakan salah satu contoh danau yang mengalami pendangkalan dan eutrofikasi yang diindikasikan oleh penutupan tumbuhan eceng gondok lebih dari 40% (Suprobowati, Hadisusanto, Gell, & Zawadski, 2012).



Sumber: Sulastri (2013)

Gambar 2.4 Danau Rawa Pening

B. Pemanfaatan Danau

Perairan danau di Jawa merupakan sumber daya perairan yang memiliki fungsi penting untuk mendukung kehidupan masyarakat. Penduduk Pulau Jawa, yang terpadat di Indonesia, memanfaatkan secara intensif sumber daya perairan danau dan sekitarnya untuk memenuhi kebutuhan hidup mereka. Oleh karena itu, keberadaan danau-danau di Jawa harus dilestarikan agar dapat mendukung kehidupan masyarakat secara berkelanjutan. Sumber daya perairan danau di wilayah ini tidak hanya dimanfaatkan untuk menyediakan air bersih, tetapi juga untuk pembangkit energi listrik, irigasi,



Sumber: Sulastri (2006)

Gambar 2.5 Telaga Menjer (kiri) dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik, Ranu Grati (kanan) untuk budi daya ikan dalam karamba.

perikanan, dan pariwisata (Tabel 2.1). Telaga Menjer, misalnya, selain dimanfaatkan untuk penyediaan air irigasi, digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, perikanan tangkap, dan perikanan budi daya dalam karamba jaring apung (KJA). Pemanfaatan perairan danau untuk perikanan budi daya dan perikanan tangkap telah banyak berkembang di danau-danau. Di Jawa, hal itu terjadi seperti di Ranu Pakis, Ranu Grati (Gambar 2.5), serta Danau Rawa Pening.

Danau-danau yang terletak di kawasan konservasi umumnya dimanfaatkan untuk pariwisata karena pemandangannya yang alami, misalnya Ranu Pane (Gambar. 2.6), Situ Gunung, dan Situ Patenggang.

Pemanfaatan danau untuk kegiatan wisata juga dikelola oleh masyarakat dengan berbagai daya tarik yang dikembangkan mereka dengan tujuan menarik kedatangan pengunjung. Di Situ Lengkong, misalnya, kedatangan wisatawan diharapkan dapat membantu konservasi sumber daya ikan melalui penebaran benih ke perairan danau. Benih ikan yang ditebarkan ke perairan danau telah disediakan masyarakat setempat. Adapun Situ Cileunca, selain dimanfaatkan untuk wisata, digunakan untuk kebutuhan irigasi (Gambar 2.7).



Sumber: Sulastri (2006)

Gambar 2.6 Ranu Pane, Area Wisata di Kawasan Konservasi



Sumber: Sulastri (2005)

Gambar 2.7 Situ Cileunca dimanfaatkan untuk keperluan irigasi.

C. Kualitas Air

Kualitas air danau-danau di Jawa bervariasi. Hal ini mencirikan adanya karakteristik sifat fisik dan kimiawi dari tiap perairan danau tersebut (Tabel 2.2) Suhu perairan yang rendah dijumpai di danau dataran tinggi, seperti danau-danau yang terletak di dataran tinggi Dieng (Telaga Warna, Telaga Menjer, Telaga Pengilon, dan Telaga Dringo). Demikian juga suhu yang lebih rendah, dijumpai di Ranu Pane dan Ranu Regulo, karena posisinya terletak lebih dari 2.000 m di atas permukaan laut (Tabel 2.1).

Kekeruhan air juga menunjukkan nilai yang bervariasi, bergantung pada tingkat produktivitas perairan dan karakteristik perairan danau. Nilai kekeruhan tertinggi dijumpai di Danau Telaga Warna, karena danau ini merupakan danau kawah yang perairannya banyak mengandung sulfur dan klorofil dari suatu bakteri (Sulastris, 2009). Sementara itu, nilai kekeruhan terendah dijumpai di Situ Lembang, yang merupakan perairan danau mesotrofik (Sulastris, 2009; Sulastris dkk., 2008).

Konduktivitas mencerminkan kandungan garam-garam ion di perairan, yang menunjukkan nilai yang bervariasi. Nilai tertinggi dijumpai di Telaga Warna karena danau kawah memiliki air yang banyak mengandung sulfur dan kaya ion sulfat (Tabel 2.2, Gambar 2.8). Telaga Dringo merupakan tipe danau tadah hujan dan tidak memiliki saluran air keluar, sehingga penurunan tinggi muka air terjadi melalui proses penguapan. Oleh karena itu, nilai konduktivitas tinggi bisa dipengaruhi oleh proses penguapan air di danau. Nilai pH terendah ditemukan di Telaga Warna. Kondisi ini sesuai dengan karakteristik danau kawah yang memiliki konsentrasi CO_2 tinggi yang menyebabkan air bersifat asam dan sebaliknya, konsentrasi alkalinitasnya tidak terdeteksi.

Tabel 2.2 Kondisi Kualitas Air Danau-Danau di Jawa

Parameter	Danau																		
	Rm	Ni	Cs	Gn	Cl	Cn	Lm	Pt	Gd	Ln	Mj	Md	Wn	Pg	Dr	Gt	Pk	Pn	Rg
pH	6,54	6,34	7,16	6,81	6,41	8,00	7,31	7,21	8,73	7,60	6,97	7,87	2,54	6,46	6,15	7,67	7,23	7,74	7,83
Konduktivitas (mS/cm)	0,129	0,135	0,157	0,034	0,059	0,364	0,018	0,046	0,353	0,033	0,147	0,179	1,276	0,110	0,581	0,333	0,318	0,061	0,007
Turbiditas (NTU)	40,67	18,87	10,74	10,94	31,26	23,38	5,39	22,22	18,71	18,20	9,07	34,00	47,47	33,94	15,00	11,47	12,50	12,34	12,00
Suhu (°C)	24,61	23,04	24,63	27,20	23,31	29,73	21,25	21,96	26,9	26,16	21,53	18,10	19,50	19,37	18,02	29,07	27,44	18,23	18,46
DO (mg/L)	8,97	6,24	8,04	6,99	8,68	6,86	7,63	8,53	9,70	7,59	8,45	5,36	0,67	8,71	3,74	7,06	1,47	-	-
Alkalinitas (mgCaCO ₃ /L)	70,89	70,06	71,94	23,03	23,1	142,84	4,89	17,78	97,44	19,65	52,93	63,36	0,00	43,77	40,70	226,06	219,31	26,82	2,28
CO ₂ (mg/L)	6,864	13,499	2,626	2,388	-	-	-	-	-	-	0,92	3,83	165,4	0,31	9,24	30,09	34,08	13,82	7,051
SO ₄ (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	229,1	16,59	7,67	-	-	-	-
N-NO ₃ (mg/L)	0,371	0,279	0,102	0,002	0,257	0,213	0,069	0,123	0,010	0,078	2,376	0,174	0,023	1,067	0,056	0,041	0,051	0,088	0,066
T-N (mg/L)	0,773	0,685	0,553	0,496	0,977	0,667	0,156	0,534	0,603	0,224	2,878	0,484	0,377	1,730	0,877	0,801	1,338	1,236	0,977
O-PO ₄ (mg/L)	0,044	0,055	0,021	0,015	0,014	0,015	0,008	0,028	0,010	0,012	0,012	0,010	0,023	0,010	0,006	0,003	0,112	0,004	0,016
T-P (mg/L)	0,068	0,065	0,038	0,025	0,054	0,049	0,015	0,067	0,052	0,035	0,042	0,229	0,252	0,052	0,026	0,046	0,167	0,110	0,022

Keterangan: Rm = Remis; Ni = Nilem; Cs = Cisanti; Gn = Gunung; Cl = Cileunca; Cn = Cangkuang; Lm = Lembang; Pt = Patenggang; Gd = Gede; Ln = Lengkonng; Mj = Menjer; Md = Merdada; Wn = Warna; Pg = Pengilon; Dr = Dringo; Gt = Grati; Pk = Pakis; Pn = Pane; Rg = Regulo.

Sumber: Sulastri dkk. (2009)



Sumber: Djati M. (2004)

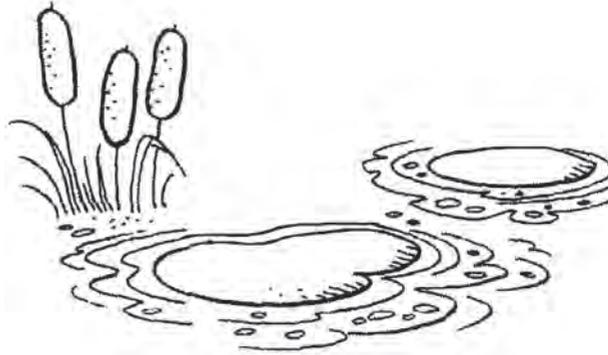
Gambar 2.8 Telaga Warna, Danau Kawah di Dataran Tinggi Dieng

Nilai pH tertinggi dijumpai di Situ Cangkuang dan Situ Gede, yang umum dijumpai pada danau dangkal dan produktif. Demikian juga nilai oksigen terlarut (DO) yang tinggi ditemukan di Situ Gede, yang umum dijumpai di danau dangkal dan produktif (Sulastri dkk., 2008). Alkalinitas tertinggi dijumpai di danau dataran rendah, yakni Ranu Pakis dan Ranu Grati (Sulastri dkk., 2009).

Konsentrasi unsur hara perairan danau juga menunjukkan nilai yang bervariasi. Sumber unsur hara di perairan danau bisa berasal dari luar atau dalam sistem perairan. Dari luar sistem perairan danau, unsur hara bisa berasal dari masukan di wilayah tangkapan airnya. Seperti dilaporkan Gergel, Turner, & Kratz (1999) dan Knoll, Vanni, & Renwick (2003), penggunaan lahan di wilayah tangkapan air memengaruhi kualitas air di danau. Oleh karena itu, danau-danau di wilayah urban menunjukkan peningkatan konsentrasi unsur hara nitrat dan fosfat serta mendorong penyuburan perairan. Di Situ Lembang, 84% lahan di wilayah tangkapan airnya dimanfaatkan untuk hutan. Hal ini menunjukkan nilai unsur hara nitrat, total nitrogen, fosfat, dan total fosfor konsentrasinya rendah (Sulastri

dkk., 2008). Demikian juga Situ Gunung, wilayah tangkapan airnya dimanfaatkan 100% untuk hutan. Hal ini menunjukkan konsentrasi unsur haranya juga rendah. Konsentrasi nitrat dan total nitrogen yang tinggi di Telaga Menjer dan Pengilon juga ditunjukkan oleh tingginya penggunaan lahan di sekitarnya untuk sawah dan perkebunan. Ranu Pakis, meskipun 91% wilayah tangkapan airnya dimanfaatkan untuk hutan, memiliki nilai konsentrasi unsur hara nitrogen dan fosfor yang cukup tinggi. Tingginya konsentrasi unsur hara nitrogen dan fosfor di Ranu Pakis bisa berasal dari dalam sistem perairan itu sendiri. Diketahui, selain dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat di sekitarnya, danau ini digunakan untuk kegiatan budi daya ikan dalam karamba jaring apung (KJA). Aktivitas budi daya ikan dalam KJA ini dapat memberi masukan bahan organik dan berpengaruh terhadap peningkatan unsur hara di perairan.

Unsur hara merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton sehingga peningkatan unsur akan mendorong pertumbuhan fitoplankton dan meningkatkan produktivitas perairan. Respons biologi terhadap peningkatan unsur hara dari wilayah tangkapan air di antaranya perubahan komposisi fitoplankton di perairan danau (Elliot & Sorrel, 2002). Namun, suksesi fitoplankton di perairan danau tidak hanya dipengaruhi oleh unsur hara, tapi juga suhu, intensitas cahaya, dan kecerahan perairan. Oleh karena itu, karakteristik sifat fisik dan kimia perairan danau dapat memberikan gambaran tentang komposisi dan biomassa fitoplankton di suatu perairan.



Bab 3

Keanekaragaman dan Habitat Fitoplankton

Fitoplankton memiliki bentuk sel yang sangat beragam, dari sel tunggal sederhana hingga sel berkoloni dengan struktur yang kompleks. Contoh bentuk sel tunggal yang sederhana dan tidak bergerak misalnya *Selenastrum*, sedangkan bentuk sel berkoloni tidak bergerak misalnya *Scenedesmus*. Sel fitoplankton juga ada yang bergabung membentuk koloni yang linier, disebut filamen. Filamen yang bercabang misalnya *Cladophora*, sedangkan yang tidak bercabang contohnya *Ulothrix*. Alga air tawar dapat dikelompokkan menjadi 10 divisi atau filum ditinjau dari beberapa karakter sel, seperti warna, morfologi, sifat pergerakan, jenis pigmen, struktur kloroplas, dan dinding sel. Filum alga air tawar tersebut, ditinjau dari penampakan mikroskopis, seperti warna, bentuk sel, pergerakan sel, atau koloni, tertera pada Tabel 3.1. Hanya sebagian kecil alga merah (Rhodophyta) dan alga cokelat (Phaeophyta) yang menempati perairan tawar, masing-masing 3% dan kurang dari 1%. Rhodophyta sangat sedikit memiliki sifat planktonic, sedangkan Phaeophyta hidup

di dasar perairan dan umumnya menempati perairan laut (Harris, 1986; Wehr & Sheath, 2003). Oleh karena itu, alga Rhodophyta dan Phaeophyta jarang dan tidak ditemukan sebagai fitoplankton di perairan danau. Beberapa filum fitoplankton yang ditemukan di perairan danau di Pulau Jawa adalah Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Pyrrophyta, dan Euglenophyta.

Fitoplankton merupakan kelompok organisme mikroskopis berfotosintesis yang menempati berbagai macam tipe habitat perairan. Perairan danau merupakan salah satu habitat fitoplankton air tawar yang memiliki variasi kondisi lingkungan ditinjau dari komponen fisik, fisika, dan kimia, seperti ukuran dan kedalaman, kecerahan, pH, kandungan ion, unsur hara, serta tingkat pencemaran dan tingkat kesuburan perairan. Variasi kondisi lingkungan danau menciptakan heterogenitas habitat bagi organisme seperti fitoplankton dan memiliki hubungan dengan keanekaragaman jenisnya (Pęczuła, 2013). Spesies atau kelompok takson fitoplankton memiliki perbedaan kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan habitatnya. Hubungan kondisi kualitas air danau dengan distribusi fitoplankton di perairan telah lama diteliti, seperti yang dilaporkan Gasse dkk. dalam Harris (1986) dalam mengklasifikasi komunitas diatom danau-danau di Afrika. Hasilnya menunjukkan bahwa komposisi diatom memiliki hubungan dengan sejumlah sifat fisika-kimia perairan, termasuk suhu, alkalinitas, konduktivitas, pH, dan rasio monovalen serta divalen kation. Selanjutnya, jenis-jenis ordo Desmidiaceae dan Volvocales memiliki hubungan positif dengan kondisi pH (Jindal, Thakun, Singh, & Ahluwalia, 2014). Kemampuan adaptasi kelompok alga biru hijau untuk tumbuh pada pH yang tinggi dikaitkan dengan berlimpahnya dan tingginya persentase alga biru hijau (Cyanophyta) tersebut di perairan eutrofik pada musim panas (Harris, 1986; Sulastri dkk., 2015). Suatu penelitian juga menyimpulkan bahwa rendahnya unsur hara, sedikitnya kelimpahan alga biru hijau (Cyanophyta), serta tingginya kelimpahan jenis-jenis dari famili Desmidiaceae



pada suatu perairan danau menjadi ciri suatu perairan oligotrofik (Jindal dkk., 2014). Hubungan komposisi jenis fitoplankton dan kondisi lingkungan di habitatnya memberikan peran penting bagi fitoplankton sebagai penilaian status dan kualitas perairan danau serta pengelolaan perairan danau.

Tabel 3.1 Filum utama pada fitoplankton perairan tawar ditinjau dari penampakan mikroskopis.

No.	Filum	Tipe warna	Penampakan morfologi sel	Pergerakan sel atau koloni sel
1.	Chrysophyta	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni.	Beberapa jenis pergerakan menggunakan flagela.
2.	Bacillariophyta/ Diatom	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni berbentuk filamen.	Meluncur pada substrat.
3.	Chlorophyta/ Alga hijau	Hijau rumput	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal, koloni atau koloni berbentuk filamen.	Beberapa jenis bersel tunggal atau koloni pergerakan menggunakan flagela.
4.	Cyanophyta/ Alga biru hijau	Biru hijau	Mikroskopis atau mudah dilihat, biasanya berbentuk koloni.	Menggunakan gelembung gas atau beberapa dapat meluncur.
5.	Dinophyta/ Pyrrhophyta/ Dinoflagelata	Merah kecokelatan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal	Seluruhnya menggunakan flagela.
6.	Euglenophyta	bermacam-macam warna	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal.	Umumnya menggunakan flagella.

No.	Filum	Tipe warna	Penampakan morfologi sel	Pergerakan sel atau koloni sel
7.	Xanthophyta/ Alga kuning kehijauan	Kuning kehijauan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal atau filamen.	Zoospora dan gamet berfilamen.
8.	Cryptophyta/ Cryptomonas	Bermacam-macam warna	Mikroskopis berbentuk sel tunggal.	Tidak melakukan pergerakan.
9.	Rhodophyta/ Alga merah	Merah	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal atau koloni.	Tidak melakukan pergerakan.
10.	Phaeophyta/ Alga cokelat	Cokelat	Mudah dilihat, terdiri atas beberapa sel (multicellular), dilengkapi dengan bantalan dan lapisan kulit pada perakaran.	Tidak melakukan pergerakan.

Sumber: John dkk. (2002) dalam Bellinger & Sigee (2010)

A. Chrysophyta

Chrysophyta dikenal memiliki sejumlah variasi bentuk morfologi, namun beberapa ciri umum dari *phylum* ini adalah adanya pigmen berwarna kuning kehijauan atau kecokelatan yang didominasi oleh karotenoid. Cadangan makanannya lebih dominan minyak dibandingkan zat tepung. Selanjutnya, Chrysophyta memiliki dinding sel yang rangkap. Morfologi sel terdiri dari sel tunggal, koloni, filamen bercabang, dan tipe sel tidak bergerak, berakar atau bergerak menggunakan flagela (Prscott, 1951). Yang termasuk kelas Chrysophyta adalah Xantophyceae dan Chrysophyceae.

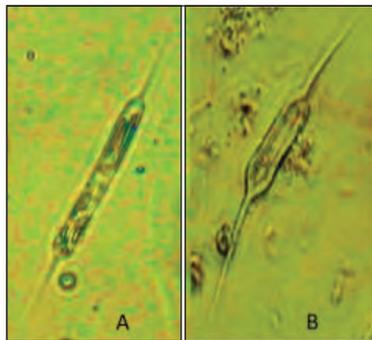
1. *Centrictactus*

Karakteristik: *Centrictactus* termasuk dalam kelas Xanthophyceae yang dicirikan oleh pigmen berwarna kuning kecokelatan. Jenis-jenis *Centrictactus* berbentuk silinder yang lurus, terdapat duri memanjang pada kedua ujung selnya, sifat hidupnya soliter (Gambar 3.1 bagian A dan 3.1 bagian B). Ukuran panjang sampai 40 μm dan diameter 5–12 (15) μm (Prescott, 1951).

Distribusi: Situ Gunung, Rawa Pening

Habitat: Perairan distrofik dan mesotrofik danau-danau kecil atau kolam dengan suhu 27,1–27,2°C, konduktivitas 30–261 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,81–7,70, dan alkalinitas 23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastris, Harsono, Suryono, & Ridwansyah, 2008; Sulastris, Takamura, & Yuniarti, 2012; Sulastris, Henny, & Handoko, 2016.



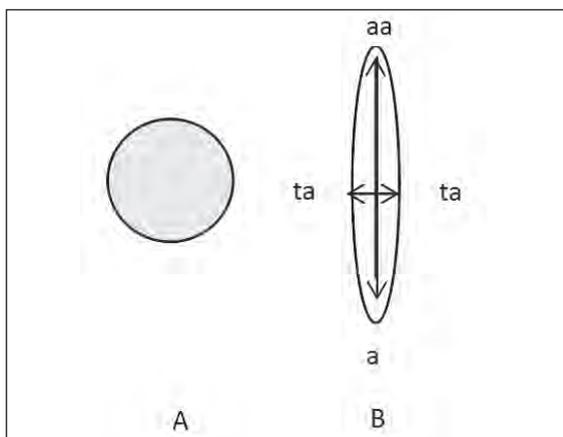
Sumber: Sulastris (2006); Sulastris (2010)

Gambar 3.1 *Centrictactus belanophorus* (A); *Centrictactus* sp. (B)

B. Bacillariophyta

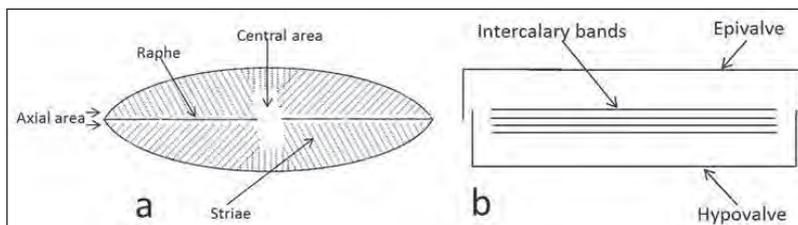
Bacillariophyta atau diatom adalah fitoplankton yang dicirikan oleh adanya dinding sel dari silikat, atau disebut *frustule*. Diatom dapat dipisahkan menjadi dua kelompok utama, yakni *centric diatom*

dan *pennate diatom*. *Centric diatom* memiliki bentuk *valve radial* dengan jari-jari yang simetris (Gambar 3.2 bagian A), sedangkan *pennate diatom* ialah diatom berbentuk *valve* seperti jarum yang memiliki dua sisi simetris. *Pennate diatom* memiliki berbagai bentuk morfologi yang deskripsinya berdasarkan pada dua macam aksis, yakni *apical axis* yang memanjang paralel dengan *valve* atau disebut *longitudinal axis* dan *axis* yang tegak lurus terhadap *apical axis* atau disebut *transpical axis* (Gambar 3.2 bagian B). *Pennate diatom* dapat dipisahkan menjadi *araphid diatom*, yakni diatom yang tidak memiliki struktur *raphe*, serta *raphid diatom* atau diatom yang mempunyai struktur *raphe*.



Sumber Ilustrasi: Gell, Sonneman, Deid, Illman, & Sincock (1999)

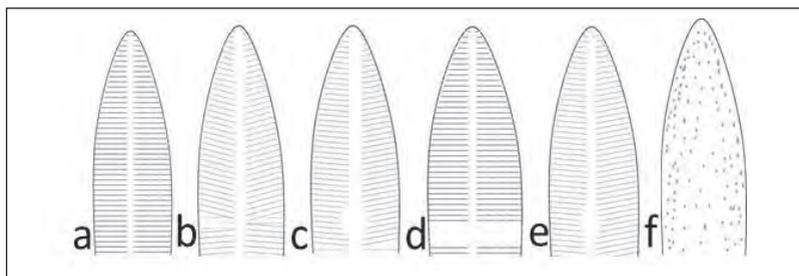
Gambar 3.2 Skema Diagram *Centric Diatom* (A); *Pennate Diatom* (B), *Apical Axis* (aa), *Transpical Axis* (ta)



Sumber Ilustrasi: Gell dkk. (1999)

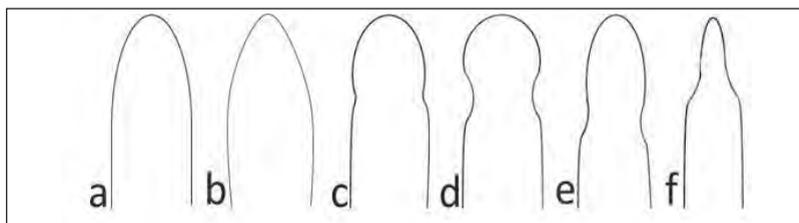
Gambar 3.3 Skema Diagram Struktur *Pennate Diatom* (a) dan *Centric Diatom* (b)

Diatom yang memiliki struktur *raphe* dapat dikelompokkan lagi menjadi *monoraphid* dan *biraphid diatom*. *Raphe* adalah struktur seperti celah yang memanjang pada *longitudinal axis* (Gambar 3.3). Berbagai ragam ciri morfologi yang digunakan untuk membedakan berbagai genus dan jenis *pennate diatom* antara lain pola *striae* (garis-garis halus pada *valve*). *Striae* merupakan lobang-lobang halus tersusun memotong *valve* dan membentuk area tengah *valve* (Gambar 3.4) dan bentuk ujung *valve* (Gambar 3.5.) Berdasarkan pada kedekatan ciri morfologi, *pennate diatom* juga dapat dikelompokkan menjadi *symmetrical naviculoid diatom* (memiliki bentuk simetris dan mendekati bentuk perahu), *eunotioid & asymmetrical naviculoid diatom*, serta *keeled & canalled raphid diatom* (diatom yang memiliki celah dan saluran pada *raphe*).



Sumber Ilustrasi: Gell dkk. (1999)

Gambar 3.4 Pola *Striae* dan Area Tengah *Valve*; *Striae Parallel* (a), *Striae Radial* (b), Area Tengah *Circular* (c), Area Tengah *Stauros* (d), *Striae Parallel* (e), Cenderung *Convergent* (f) pada Ujungnya



Sumber Ilustrasi: Gell dkk. (1999)

Gambar. 3.5 Bentuk ujung *valve*; Lebar Membulat (a), *Cuneate* (b), *Sub-capitate* (c), *Capitate* (d), *Rostrate* (e), *Apiculate* (f)

1. *Centric Diatom*

Centric diatom merupakan kelompok diatom yang memiliki *valve* berbentuk radial dengan jari-jari yang simetris. Masing-masing jenis memiliki struktur morfologi *valve* yang bervariasi dan memiliki fungsi tertentu untuk beradaptasi pada lingkungannya, misalnya fungsi menempel pada substrat untuk jenis yang hidup di dasar perairan. Umumnya, jenis yang memiliki sifat melayang pada perairan dilengkapi struktur semacam duri pada ujung *valve*, misalnya *Aulacoseira* sp. Selanjutnya, beberapa jenis lainnya membentuk koloni, sel berikatan antara sel yang satu dengan sel yang lainnya agar dapat melayang di perairan, seperti jenis-jenis dari marga *Cyclotella*.

a. *Aulacoseira*

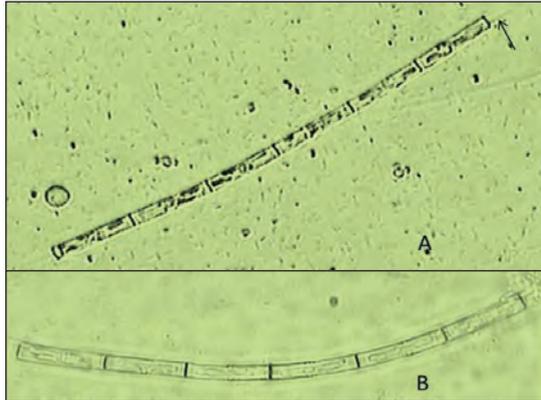
Karakteristik: *Aulacoseira* sebelumnya diklasifikasikan dalam genus *Melosira* dan sekarang dipisahkan dengan nama *Aulacoseira* (Gambar 3.6 bagian A dan Gambar 3.6 bagian B). *Aulacoseira* berbentuk silinder, *valve* berbentuk radial (melingkar). Dari penampakan *girdle* sel berbentuk segi empat, ukuran panjang lebih besar daripada lebar. Dalam beberapa jenis, terdapat *sulcus* atau goresan melingkar di bagian tengah sel. Permukaan dinding sel dicirikan oleh kumpulan pori-pori yang besar (*areolae*). Sel membentuk rangkaian memanjang atau filamen. Filamen lurus atau membengkok serta terdapat duri memanjang pada ujung sel seperti yang ditunjukkan tanda panah pada Gambar 3.6 bagian A. Ukuran diameternya 4–20 μm .

Distribusi: Situ Lembang, Situ Patenggang, Situ Gunung, Telaga Menjer, Rawa Pening.

Habitat: Perairan danau kecil sampai sedang, teraduk atau sensitif terhadap stratifikasi suhu menempati perairan mesotrofik sampai eutrofik dengan suhu 21,29–27,1°C, pH 6,87–7,70, konduktivitas 18–261 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–52,93 mgCaCO_3/L .



Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Sulastrı dkk., 2012; Sulastrı dkk., 2016, Padısák, Crossetti, & Naselli-Flores 2009; Reynold, Huszar, Kruk, Naselli-Flores, & Melo, 2002.



Sumber: Sulastrı (2006)

Gambar 3.6 *Aulacoseira* sp. 1, Telaga Menjer (A);
Aulacoseira sp. 2, Situ Gunung (B)

2. *Raphid* dan *Araphid Pennate Diatom*

Pennate diatom dapat dipisahkan menjadi *araphid diatom*, yakni diatom yang tidak memiliki struktur *raphe* dan *raphid diatom* atau diatom yang mempunyai struktur *raphe*. Diatom yang memiliki struktur *raphe* dapat dikelompokkan lagi menjadi *monoraphid* dan *biraphid diatom*. *Monoraphid diatom* diwakili oleh jenis-jenis dari ordo Achnanthes yang terdiri dari famili Achnanthesiaceae, Cocconeidaceae. Salah satu jenis dari famili Achnanthesiaceae contohnya adalah *Achnanthes* sp. *Araphid diatom* diwakili oleh jenis-jenis dari ordo Fragilariales dan Tabellariales yang morfologinya berbentuk sel tunggal, koloni atau zig-zag. Contohnya adalah jenis-jenis dari genus *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Synedra*, *Diatoma*, dan *Asteronella*.

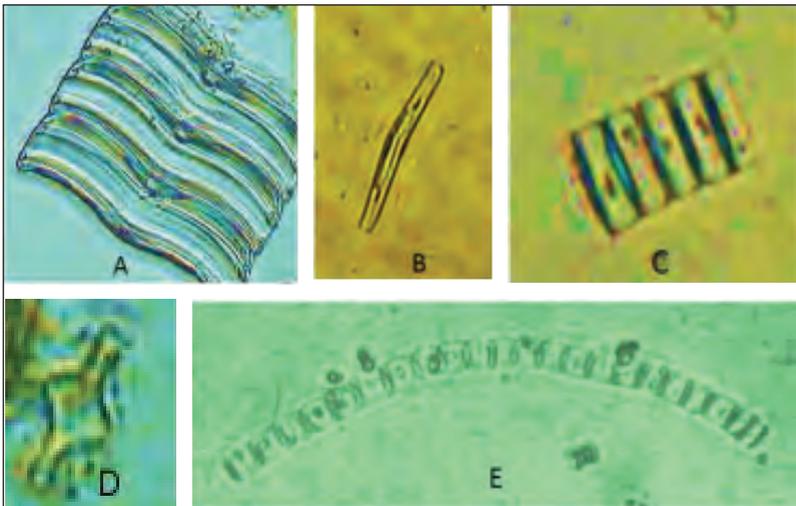
a. *Achnanthes*

Karakteristik: *Achnanthes* termasuk famili Achnanthesales, dikelompokkan dalam *monoraphid diatom*. *Achnanthes* memiliki bentuk *valve* linier atau *lanceolate* dan *raphe* cekung. Sel soliter atau membentuk rangkaian yang pendek. Jenis yang ditemukan di Jawa adalah *Achnanthes linearis* dan *Achnanthes* sp. (Gambar 3.7 bagian A & Gambar 3.7 bagian B).

Distribusi: Telaga Nilem, Situ Gunung.

Habitat: Perairan danau mesotrofik dengan suhu 24,04–27,20 °C, konduktivitas 30–130 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,34–6,81, dan alkalinitas 23–70,06 mg CaCO_3/L .

Sumber: Kingston, 2003; Sulastrri, 2009.



Sumber: Sulastrri (2006)

Gambar 3.7 *Achnanthes linearis* (A); *Achnanthes* sp. (B); *Fragilaria* sp. 1 (C); *Tabellaria* sp. (D); *Fragilaria* sp. 2 (E)

b. *Fragilaria*

Karakteristik: *Fragilaria* termasuk dalam famili Fragilariaceae, secara morfologi dikelompokkan dalam *araphid diatom* (diatom tanpa *raphe*). *Fragilaria* memiliki bentuk linier sampai *lanceolate*. Sel membentuk rangkaian seperti pita. *Fragilaria* sp.1 (Gambar 3.7 bagian E) dan *Fragilaria* sp. (Gambar 3.7 bagian C).

Ukuran: Panjang 0–170 μm dan lebar 2–5 μm .

Distribusi: Telaga Nilem, Situ Lembang

Habitat: *Fragilaria* cenderung menempati lingkungan yang netral hingga alkali. *Fragilaria construens* menempati perairan danau kecil sampai sedang yang mesotrofik dan eutrofik dengan suhu 21,29–23,04 °C, konduktivitas 18–130 $\mu\text{m}/\text{cm}$, pH 6,36–7,31, dan alkalinitas 4,89–70,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Van Vuuren, Taylor, Van Ginkel, & Gerber, 2006; Padisák, 2009; Reynold dkk., 2002.

c. *Tabellaria*

Karakteristik: merupakan salah satu jenis dari famili Tabellariaceae. Jenis ini tergolong *araphid diatom*, dapat dijumpai dalam bentuk kumpulan sel atau koloni, membentuk rangkaian seperti pita atau membentuk zig-zag. Sel tanpa *costae* atau *septa* yang melingkari pada dinding sel. Bila sel terpisah dari rangkaian *valve*, terlihat bagian tengah dan ujung *valve* membesar (Gambar 3.7 bagian D).

Ukuran: Panjang 6–130 μm dan lebar 4–8,5 μm .

Distribusi: Telaga Nilem, Jawa Barat

Habitat: Berbagai jenis *Tabellaria* memiliki kondisi lingkungan perairan optimum, dari alkali sampai dengan asam. Ditemukan di perairan mesotrofik dengan suhu 23,04°C, konduktivitas 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,34, dan alkalinitas 70,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Sulastrı dkk., 2008; Vuuren dkk., 2006.

d. *Diatoma*

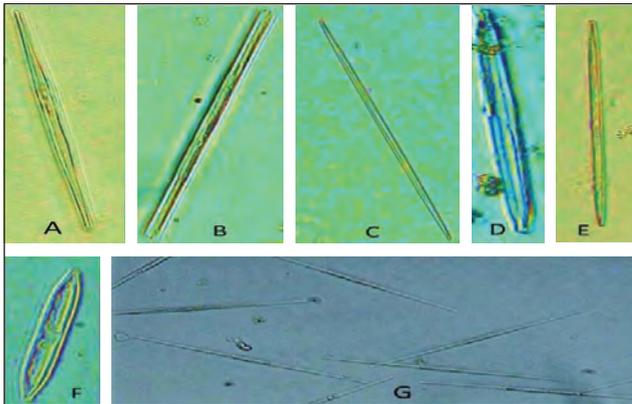
Karakteristik: memiliki bentuk zig-zag atau seperti pita berkoloni atau seperti bentuk pita berfilamen. Sel tidak memiliki *raphe*, bentuk *valve* linier sampai elips, ujungnya membulat. *Valve* berbentuk simetris terhadap aksis yang memanjang (*longitudinal axis*) atau aksis yang melingkar (*transpical axis*) dengan *striae* melingkar. Spesies *Diatoma elongatum* sering ditemukan di danau-danau di Jawa (Gambar 3.8 bagian B).

Ukuran: Panjang 8–75 μm dan lebar 7–18 μm .

Distribusi: Situ Cisanti, Telaga Nilem, Telaga Menjer, Telaga Pengilon, Ranu Pane, Ranu Pakis.

Habitat: Perairan danau, kondisi eutrofik yang moderat dengan suhu 21,53–27,44°C, pH 6,34–7,74, konduktivitas 60–320 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dan alkalinitas 26,82–219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigege, 2010; Vuuren dkk., 2006; Kingston, 2003; Sulastris, 2009.



Sumber: Sulastris (2006)

Gambar 3.8 *Synedra ulna* 1 (A); *Diatoma elongatum* (B); *Synedra ulna* 2 (C); *Synedra* sp. 1 (D); *Synedra ulna* 3 (E); *Synedra* sp. 2 (F); *Synedra ulna* 4 (G)

e. *Synedra*

Karakteristik: Sel yang ditemukan bisa bersifat tunggal atau berkoloni. Individu sel berukuran panjang, sempit, dan berbentuk seperti jarum. Sel biasanya linier atau mengarah linier-*lanceolate* dengan ujung berbentuk *capitate* (Gambar 3.8 bagian A dan C-G). *Striae* berpori-pori, melingkari *valve*.

Ukuran: Panjang 60–500 μm dan lebar 5–9 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Situ Cisanti, Situ Lembang, Situ Cileunca, Situ Patenggang, Situ Lengkong, Ranu Pakis, Ranu Pane, Ranu Grati, Telaga Remis, Situ Gede, Situ Cangkuang, Telaga Nilem, Telaga Pengilon, Telaga Menjer.

Habitat: *Synedra* memiliki toleransi kondisi kualitas air yang luas, menempati perairan oligotrofik, mesotrofik, dan eutrofik, serta kaya akan bahan organik dengan suhu 21,29–28,92°C, pH 6,34–8,73, konduktivitas 18–320 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Gell dkk., 1999; Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009.

• Diatom yang menyerupai bentuk perahu yang simetris (*Symmetrical Naviculoid Diatom*)

Symmetrical naviculoid diatom adalah jenis-jenis *pennate diatom* yang memiliki bentuk *valve* menyerupai perahu yang dicirikan oleh bentuk yang simetris terhadap *longitudinal axis* dan *transpical axis*. Genus yang termasuk grup *symmetrical naviculoid diatom* antara lain *Navicula*, *Caloneis*, *Diploneis*, *Pinnularia*, *Frustulia*, dan *Craticula*.

a. *Caloneis*

Karakteristik: *Valve lanceolate* sampai elips, berbentuk simetris terhadap *apical axis* dan *transverse axis*. *Striae* halus paralel satu sama lain, berlubang-lubang (*punctate*), dan terputus oleh garis memanjang sepanjang tepian *valve*. Area tengah dari *valve* berbentuk elips (Gambar 3.9 bagian H).

Distribusi: Ranu Pane.

Habitat: Umumnya ditemukan di perairan yang bersifat alkali dengan suhu 18,23°C, konduktivitas 60 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,74, dan alkalinitas 26,82 mgCaCO_3/L .

Sumber: Gell dkk., 1999; Sulastri, 2009.

b. *Craticula*

Karakteristik: *Valve lanceolate*, ujung sel berbentuk *capitate*, *striae* paralel dan sangat halus, sel berisi dua lempengan seperti kloroplas.

Ukuran: Panjang 9,5–170 μm dan lebar 3–35 μm (Gambar 3.9 bagian K).

Distribusi: Danau Rawa Pening.

Habitat: Ditemukan di perairan eutrofik, beberapa jenis memiliki toleransi terhadap perairan tercemar bahan organik yang tinggi dengan suhu 26,4–27,1°C, konduktivitas 170–261 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,09–7,70.

Sumber: Vuuren dkk., 2006; Sulastri dkk., 2016; Sulastri dkk., 2012.

c. *Diploneis*

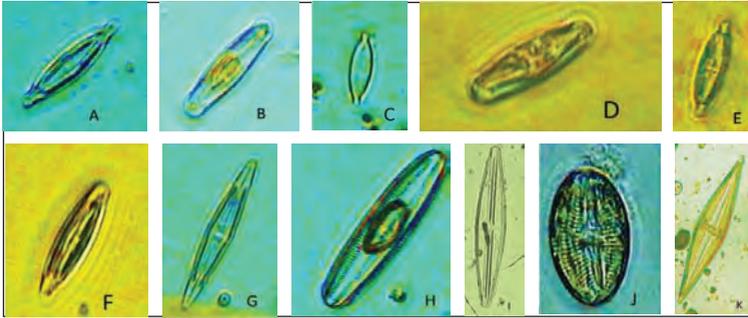
Karakteristik: *Valve* berbentuk elips atau *panduriform*. Pada *raphe*, terdapat semacam saluran (kanal) memanjang dan ada kemungkinan berpori. *Striae* terdiri atas *alveola* (lubang-lubang) yang strukturnya kompleks (Gambar 3.9 bagian J).

Ukuran: Panjang 10–130 μm dan lebar 10–60 μm .

Distribusi: Telaga Nilem.

Habitat: Lingkungan perairan danau dangkal oligotrofik dengan suhu 23,04°C, konduktivitas 130 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,34, dan alkalinitas 70,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastri, 2009.



Sumber: Sulastrri (2005, 2006, 2010)

Gambar 3.9 *Navicula rhynchocephala* (A); *Navicula* sp. 1 (B); *Navicula* sp. 2 (C); *Navicula* sp. 3 (D); *Navicula* sp. 4 (F); *Stauroneis* sp. 1 (E); *Stauroneis* sp. 2 (G); *Caloneis* (H); *Frustulia* sp. (I), *Diploneis* sp. (J), *Craticula* sp. (K)

d. *Frustulia*

Karakteristik: *Valve* berbentuk *lanceolate* atau *rhombic*. *Striae* memiliki pori-pori yang sangat halus dan berpola paralel. Terdapat garis tengah yang jelas pada *raphe* (Gambar 3.9 bagian I).

Distribusi: Situ Lengkong.

Habitat: Menempati perairan danau eutrofik, memiliki nilai konduktivitas yang rendah, kaya karbon organik terlarut dengan suhu 26,15°C, konduktivitas 33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 7,6, dan alkalinitas 19,65 mgCaCO_3/L .

Sumber: Sulastrri dkk., 2008; Kociolek & Spaulding, 2003.

e. *Navicula*

Karakteristik: *Valve* berbentuk linier sampai *lanceolate* yang ujungnya bulat, *capitate*, atau *rostrae*. *Striae* berlubang-lubang (*punctate*) yang berbentuk garis. *Striae* paralel, memanjang, atau radial. Area *axis* lebih tebal. Struktur bagian tengah *valve* sangat bervariasi; radial atau tidak ada (Gambar 3.9 bagian A, B, C, D, dan F).

Ukuran: Panjang 6–42 μm dan lebar 4–1 μm .

Distribusi: Ranu Pane, Ranu Pakis, Situ Cisanti.

Habitat: Perairan danau oligotrofik sampai eutrofik dengan suhu 18,23–27,44°C, pH 7,16–7,23, konduktivitas 60–320 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 70,94–219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Gell dkk., 1999; Sulastri, 2009; Vuuren dkk., 2006.

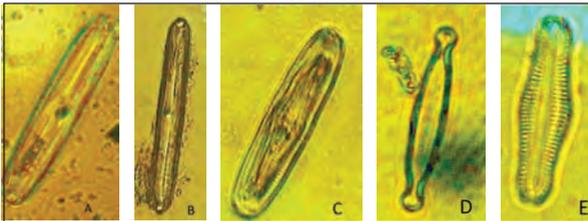
f. *Stauroneis*

Karakteristik: *Valve lanceolate* atau elips yang ujungnya membulat atau *capitate*. Bagian area tengah *valve* menebal dan memanjang hampir sampai ke bagian tepi *valve*. *Striae* berbentuk sejajar dan kadang radial serta berpori-pori. *Axial* berarea menyempit atau melebar (Gambar 3.9 bagian E dan G).

Distribusi: Pakis.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 27,44°C, pH 7,23, konduktivitas 320 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Kociolek & Spaulding, 2003; Gell dkk., 1999; Sulastri, 2009.



Sumber: Sulastri (2006)

Gambar 3.10 *Pinnularia viridis* (A); *Pinnularia* sp. 1 (B); *Pinnularia* sp. 2 (C); *Pinnularia interrupta* (D); *Pinnularia acrosphaeria* (E)

g. *Pinnularia*

Karakteristik: *Valve* berbentuk linier, *lanceolate*, atau elips, bentuk ujungnya membulat, *capitate*, atau *rostrae*. *Striae* halus atau

kasar dan berpori. Area tengah *valve* melebar sampai ke arah tepi. *Raphe* lurus atau membentuk kurva, ujungnya berbentuk seperti pancing (Gambar 3.10 bagian A–E).

Ukuran: Panjang 24–110 μm dan lebar 5–18 μm .

Distribusi: Ranu Pane, Telaga Nilem, Situ Gunung, Situ Cisanti, dan Situ Lembang.

Habitat: Perairan yang miskin sampai kaya unsur hara dengan suhu 18,23–27,20°C, konduktivitas 18–150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,34–7,74, dan alkalinitas 4,89–70,89 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Gell dkk., 1999; Sulastris dkk., 2008; Sulastris, 2009; Vuuren dkk., 2003.

- ***Eunotioid dan asymmetrical naviculoid diatom***

Kelompok ini mencakup jenis-jenis diatom yang memiliki bentuk tidak simetris terhadap *apical axis* dan *transpical axis*.

a. *Amphora*

Karakteristik: *Valve* simetris pada *apical axis* dan tidak simetris pada *transpical axis*. Dilihat dari posisi dorsal dan ventral, *valve* berbentuk *scresentic* (berbentuk seperti irisan jeruk), ujungnya berbentuk bulat atau *capitate*. *Striae* bervariasi, dari yang berlubang-lubang halus sampai kasar, berbentuk paralel, atau radial, terpisahkan oleh *raphe* dan kurang jelas pada bagian ventral. Posisi *raphe* terletak pada sisi ventral dari *valve*. Dari penampakan *girdle*, sel memiliki bentuk yang lebar yang ujungnya membulat (Gambar 3.11 bagian I dan J).

Distribusi: Telaga Nilem dan Situ Cisanti.

Habitat: Ditemukan di perairan *hard water*, kaya konsentrasi ion dengan suhu 23,04–24,63°C, pH 6,34–7,16, konduktivitas 130–150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dan alkalinitas 70,06–71,94 mgCaCO_3/L .

Sumber: Gell dkk., 1999; Kociolek & Spaulding, 2003; Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastri, 2009.

b. *Cymbella*

Karakteristik: *Valve* simetris terhadap *transpical axis* dan tidak simetris terhadap *apical axis*. *Valve* berbentuk seperti irisan jeruk. Posisi *raphe* terletak di bagian tengah *valve*, membentuk kurva atau lurus, ujungnya membelok ke arah dorsal. *Cymbella* memiliki morfologi yang bervariasi, baik ukuran maupun bentuknya (Gambar 3.11 bagian A, C, dan G).

Ukuran: Panjang 20–220 μm dan lebar 7–32 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Situ Pakis.

Habitat: Umumnya di perairan danau yang rendah konsentrasi unsur hara dan bahan pencemar organik, tapi ada juga jenis-jenis yang menempati perairan pada konsentrasi unsur hara dan sifat kimia yang sangat luas dengan suhu 27,20–27,44°C, konduktivitas 30–320 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,81–7,25, dan alkalinitas 23,3–219,3 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastri, 2009, Vuuren dkk., 2006; Kociolek & Spaulding, 2003).

c. *Encyonema*

Karakteristik: *Valve* simetris terhadap *transpical axis* dan tidak simetris terhadap *apical axis*. Bagian tepi dorsal sangat melengkung, sedangkan bagian tepi ventral hampir lurus dan ujung *raphe* membelok ke arah ventral (Gambar 3.11 bagian B).

Distribusi: Situ Cisanti.

Habitat: Suhu air (24,63°C), pH (7,16), konduktivitas (150 $\mu\text{S/cm}$), alkalinitas (71,94 mgCaCO_3/L).

Sumber: Kociolek & Spaulding, 2003; Sulastri, 2009.

d. *Eunotia*

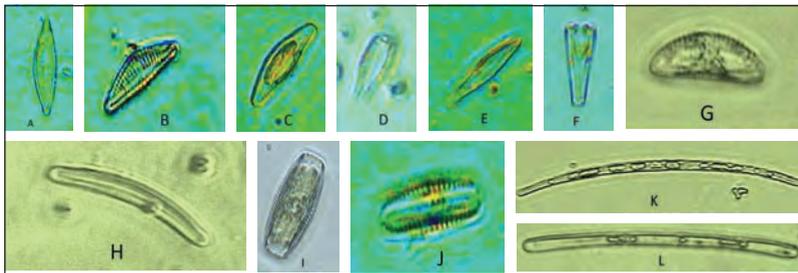
Karakteristik: *Apical axis* tidak simetris, sedangkan *transpical axis* simetris. Bagian tepi *valve* sangat halus dan bagian dorsal berbentuk cembung, sedangkan bagian ventral lurus atau cekung. *Raphe* sangat pendek atau hanya sebagian yang terlihat (Gambar 3.11 bagian H, K, dan L).

Ukuran: Panjang 10–200 μm dan lebar 2–15 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Situ Lembang, Telaga Dringo, Telaga Warna, Telaga Remis.

Habitat: Beberapa jenis menempati perairan oligotrofik dan ditemukan di perairan dengan pH yang sangat asam, seperti di Telaga Warna, dengan suhu 18,20–27,20°C, pH 2,54–7,31, konduktivitas 18–1.290 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dan alkalinitas tidak terdeteksi–70,89 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigee, 2010; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Vuuren dkk., 2006.



Sumber: Sulastrı (2005, 2006)

Gambar 3.11 *Amphora* sp. 1, sp. 2 (I, J); *Cymbella* sp. 1, 2, 3 (A, C, G); *Encyonema* sp. (B); *Eunotia* sp. (H); *Eunitia gracile* (K, L); *Gomphonema olivaceum* (D, F); *Gomphonema* sp. (E)

e. *Gomphonema*

Karakteristik: Sel tidak simetris terhadap *transpical axis* dan simetris terhadap *apical axis*. *Valve* berbentuk seperti pemukul atau *lanceolate*. Dari penampakan *girdle*, sel secara melintang tidak simetris. Area *axis* sempit, *raphe* lurus atau berombak. Area tengah bulat (Gambar 3.11 bagian D, E, dan F).

Ukuran: Panjang 8–120 μm dan lebar 3,5–17 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Situ Cisanti, Telaga Remis, Ranu Pane, Telaga Pengilon.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 18,23–27, 20°C, pH 6,81–83, konduktivitas 30–150 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 23,03–71,94 mg CaCO_3/L .

Sumber: Sulastri, 2009, Vuuren dkk., 2006.

- **Jenis-jenis diatom yang memiliki semacam lunas dan saluran pada bagian *raphe* (*Keeled & Canalled Raphid Diatom*)**

Jenis-jenis yang termasuk kelompok *keeled dan canalled raphid diatom* diwakili oleh ordo *Bacillariales*, *Rhopalodiales*, dan *Surirellales*. Semua jenis dari ordo ini memiliki struktur dan sistem *raphe* yang kompleks yang terdapat pada dinding sel. Pada genus *Surirella*, contohnya, terdapat semacam lunas (*keel*) pada *raphe* yang mengelilingi dinding sel.

a. *Cymatopleura*

Karakteristik: *Valve* berbentuk elips yang ujungnya bulat atau meruncing atau umumnya berbentuk seperti kacang. *Striae* sangat halus dan polanya paralel melingkari sel. *Raphe* sempit, terletak pada lunas (*keel*) yang mengelilingi tepian sel (Gambar 3.12 bagian A).

Ukuran: Panjang 30–300 μm dan lebar 10–90 μm .

Distribusi: Situ Patenggang.

Habitat: Umumnya ditemukan di perairan yang memiliki konduktivitas tinggi dengan suhu 21,96°C, konduktivitas 46 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,21, alkalinitas 21,96 mgCaCO_3/L .

Sumber: Gell dkk., 1999; Sulastri dkk., 2008; Vuuren dkk., 2006.

b. *Epithemia*

Karakteristik: *Valve* berbentuk seperti irisan jeruk yang ujungnya bulat, *rostrate*, atau *sub-capitate*. Bagian tepi ventral agak lurus atau cekung, sedangkan bagian tepi dorsal berbentuk cembung. *Striae* kasar dan berlubang lubang, tersusun melingkar dengan *costae*. *Raphe* pendek terdapat pada bagian ventral dan pada bagian tengah membentuk kurva ke arah dorsal (Gambar 3.12 bagian H).

Distribusi: Situ Patenggang.

Habitat: Umumnya ditemukan di perairan bersifat basa dengan suhu 21,96°C, konduktivitas 46 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,21, dan alkalinitas 21,96 mgCaCO_3/L .

Sumber: Gell dkk., 1999; Sulastri dkk., 2008.

c. *Rhopalodia gibba*

Karakteristik: *Valve* memiliki penampakan yang jelas antara dorsal dan ventral, linier seperti irisan jeruk dan berbentuk elips dilihat dari sisi *girdle*. *Striae* kasar, banyak lubang dan berbatasan dengan *costae* (bagian yang menebal dan lebih tinggi pada permukaan sel). *Raphe* sempit, umumnya terletak di bagian dorsal (Gambar 3.12 bagian F dan G).

Ukuran: Panjang 22–300 μm dan lebar 12–40 μm .

Distribusi: Situ Gunung.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 27,20°C, konduktivitas 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,81, dan alkalinitas 23,03 mgCaCO_3/L (Sulastrı, 2008).

Sumber: Gell dkk., 1999; Sulastrı dkk., 2008; Vuuren dkk., 2006.

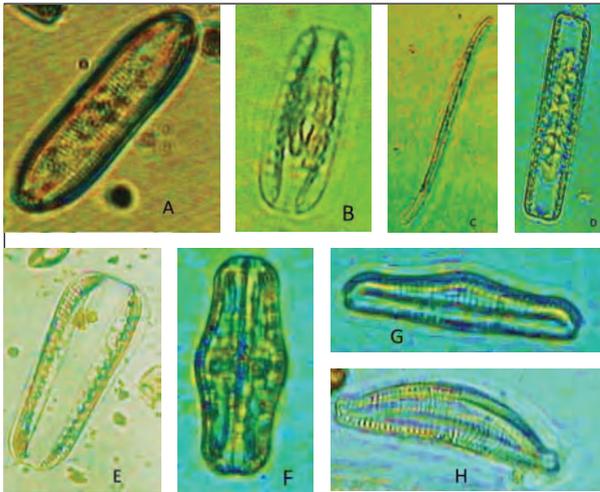
d. *Stenopterobia*

Karakteristik: *Valve* berbentuk seperti huruf S (*sigmoid*), relatif panjang dan sempit terdapat saluran di sepanjang tepi sel (Gambar 3.12 bagian C).

Distribusi: Situ Lembang, Situ Gunung.

Habitat: Umumnya di perairan asam dengan suhu 21,29–27,20°C, konduktivitas 18–30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,81–7.3, dan alkalinitas 4,89–23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Lowe, 2003; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009.



Sumber: Sulastrı (2005, 2006, 2010)

Gambar 3.12 *Cymatopleura* sp. (A); *Ephitemia* sp. (H); *Rhopalodia gibba* (F, G); *Stenopterobia* sp. (C); *Surirella tenera* (B, D); *Surirella robusta* (E)

e. *Surirella*

Karakteristik: *Valve* liner atau elips sampai melebar, ujungnya membulat. Dilihat dari sisi *girdle*, *valve* seperti rata atau cekung. *Striae* halus dan berlubang, sering dibatasi tepian sel yang tebal (Gambar 3.12 bagian B, D, dan E).

Ukuran: Panjang 16–120 μm dan lebar 12–45 μm .

Distribusi: Ranu Regulo, Situ Cisanti, Telaga Nilem, Rawa Pening.

Habitat: Beberapa jenis memiliki toleransi terhadap perairan yang kaya nutrisi dengan suhu 24,63, 23,04, dan 27,1°C; konduktivitas 130, 150, dan 260 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 6,34, 7,16, dan 7,70; serta alkalinitas 71,94 dan 70,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2021010; Sulastri, 2009; Sulastri dkk., 2016; Vuuren dkk., 2006.

C. Chlorophyta

Chlorophyta, atau disebut juga alga hijau, tergolong kelas Chlorophyceae, yang memiliki berbagai ragam morfologi dan sifat hidup. Jenis-jenis alga hijau dapat ditemukan mulai dalam bentuk sel tunggal sederhana tidak bergerak sampai berbentuk koloni yang tersusun secara teratur dan yang berbentuk filamen atau rangkaian sel yang memanjang.

1. Chlorophyta Berbentuk Coccoid dan Tidak Bergerak

a. *Ankistrodesmus*

Karakteristik: Sel soliter atau bergabung membentuk spiral atau bertumpuk terdiri atas 4–32 sel. Individu sel berbentuk seperti jarum yang kedua ujungnya meruncing lurus (*lunate*) atau membentuk seperti kurva. Sel sempit dan meruncing pada ujungnya (Gambar 3.13 bagian A, B, C, F, G, dan H).

Ukuran: Panjang 25–60 μm dan lebar 1–6 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Situ Lengkong, Ranu Pane, Ranu Regulo.

Habitat: Menempati perairan danau yang jernih mesotrofik sampai eutrofik dengan suhu 18,23–27,20°C, konduktivitas 10–33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,16–7,83, dan alkalinitas 18,46–23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.

b. *Crucigenia*

Karakteristik: Sel berkoloni, terdiri atas 4 sampai 8 atau 16 sel. Sel berbentuk segi empat. Rangkaian ikatan sel rata seperti lempengan dan bisa lebih dari satu ikatan. Sel melekat pada *mucilage* (Gambar 3.13 bagian D).

Ukuran: Panjang 3–15 μm dan lebar 2–12 μm .

Distribusi: Situ Cileunca, Situ Patenggang, Situ Cangkuang, Ranu Grati.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 21,96–29,07°C, konduktivitas 46–353 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,41–7,87, dan alkalinitas 17,78–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009; Vuuren dkk., 2006.

c. *Tetrastrum*

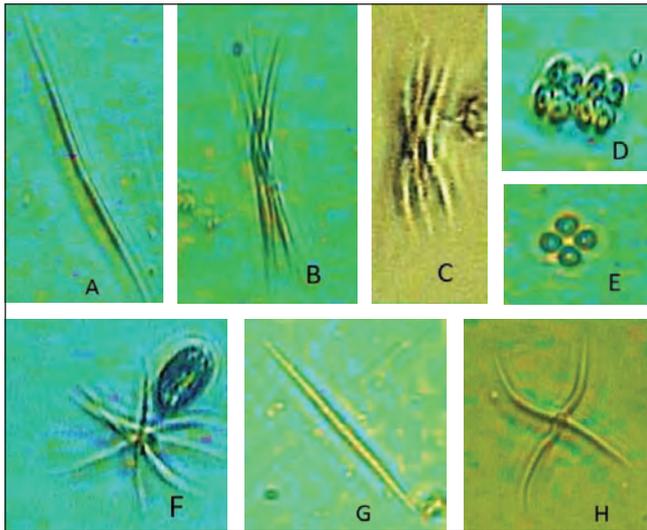
Karakteristik: Sel berkoloni terdiri atas empat sel yang bergabung membentuk lempengan (*plate*), berbentuk segi empat dan berukuran kecil. Individu sel berbentuk oval atau berbentuk seperti jantung (Gambar 3.13 bagian E).

Ukuran: 2–12 μm .

Distribusi: Situ Gunung.

Habitat: Perairan danau dangkal teraduk dengan suhu 27,20°C, konduktivitas 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,81, dan alkalinitas 23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padısák dkk., 2009.



Sumber: Sulastrı (2005, 2006)

Gambar 3.13 *Ankistrodesmus falcatus* (A, F, G, H); *Ankistrodesmus spiralis* (B, C); *Crucigenia* sp. (D), *Tetrastrum* sp. (E)

d. *Coelastrum*

Karakteristik: Sel berkoloni, berbentuk seperti bola, piramida, atau poligonal. Terdiri atas 4 sampai 36, 64, atau 128 sel. Di sekeliling sel terdapat tonjolan yang tumpul (Gambar 3.14 bagian A, B, D, dan E).

Ukuran: 2–30 μm dan koloni bisa 100 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Siltu Lembang, Situ Cileunca, Situ Patenggang, Situ Lengkong, Ranu Grati, Rawa Pening.

Habitat: Perairan mesotrofik sampai eutrofik danau besar, danau kecil, ataupun kolam dengan suhu 21,96–29,07°C, konduktivitas 46–353 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,41–7,67, dan alkalinitas 17,78–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott 1951; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Sulastrı dkk., 2012; Sulastrı dkk., 2016; Vuuren dkk., 2006; Reynold dkk., 2002.

e. *Dictyosphaerium*

Karakteristik: Sel membentuk koloni membulat atau tidak teratur, terdiri atas 4–64 sel yang dilekatkan oleh *mucilage*. Kumpulan sel dihubungkan oleh semacam benang bercabang yang garisnya kurang begitu jelas. Individu sel berbentuk bulat atau oval (Gambar 3.14 bagian F).

Ukuran: individu sel berdiameter 1–10 μm dan koloni berdiameter 10–100 μm .

Distribusi: Ranu Grati.

Habitat: Perairan danau dalam meso-eutrofik dengan suhu 29,07°C, konduktivitas 330 μm , pH 7,67, dan alkalinitas 226 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Round, 1984; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.

f. *Kirchneriella*

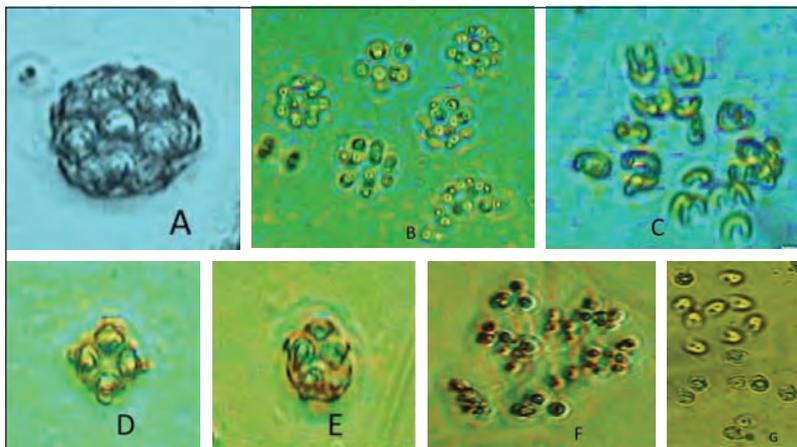
Karakteristik: Sel berkoloni dan berbentuk bulat, *ovoid* (bulat telur), atau berkoloni yang tersusun tidak teratur dan terbungkus *mucilage*. Koloni sel terdiri atas 4–16 individu sel. Individu sel berbentuk kurva atau seperti bulan sabit. Tiap sel diisi oleh sepasang kloroplas (Gambar 3.14 bagian C dan G).

Ukuran: Panjang 6–30 μm dan lebar 1–12 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Ranu Grati.

Habitat: Perairan danau teraduk sampai kolom dalam pada status meso-eutrofik dengan suhu 27,20–29,07°C, konduktivitas 30–330 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,81–7,67, dan alkalinitas 23,03–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastrı, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.



Sumber: Sulastrri (2006)

Gambar 3.14 *Coelastrum cambricum* (A, E); *Coelastrum* sp. 1 (B); *Coelastrum proboscideum* (D); *Kirchneriella lunaris* (C); *Kirchneriella obesa* (G); *Dictyosphaerium* sp. (F)

g. *Haematococcus*

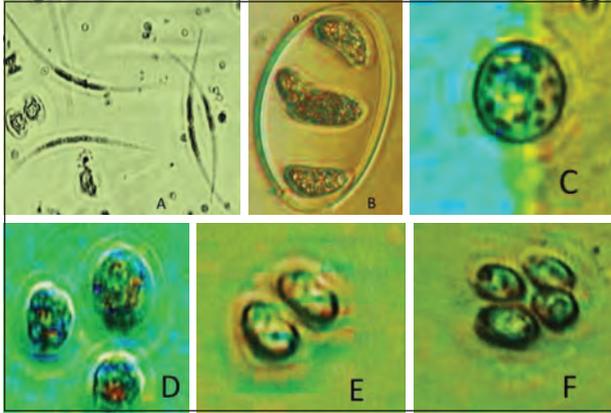
Karakteristik: Sel berbentuk bulat seperti bola atau oval. Terdapat *mucilage* yang tebal pada dinding sel. Terdapat pigmen hijau pada kloroplas, berbentuk seperti mangkok (Gambar 3.15 bagian C).

Ukuran: Diameter 8–30 μm .

Distribusi: Situ Gunung

Habitat: Perairan danau kecil dengan suhu 27,20°C, konduktivitas 30 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,81, dan alkalinitas 23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigee, 2010; Vuuren dkk., 2006; Sulastrri 2009.



Sumber: Sulastrı (2005, 2006)

Gambar 3.15 *Monoraphidium* sp. (A); *Nephrocytium obesum* (B); *Haematococcus* (C); *Oocystis* sp. 1, (D); *Oocystis Borgei* (E, F)

h. *Monoraphidium*

Karakteristik: Sel soliter dan tidak melekat pada *mucilage* serta tidak membentuk koloni. Sel berbentuk seperti jarum, ujungnya meruncing, melengkung, dan membentuk kurva (Gambar 3.15 bagian A). Tiap sel memiliki kloroplas tunggal yang mengisi hampir semua sel.

Ukuran: Panjang 2–182 μm dan lebar 1–8 μm .

Distribusi: Ditemukan berlimpah di Situ Lengkong.

Habitat: Menempati perairan danau dangkal yang eutrofik sampai hipereutrofik, sensitif terhadap kekurangan unsur hara dengan suhu 26,15°C, konduktivitas 33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 7,6, dan alkalinitas 19,65 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellingier & Sigeer, 2010; Vuuren dkk., 2006; Sulastrı dkk., 2008; Padisák dkk., 2009; Reynolds dkk., 2002.

i. *Nephrocytium*

Karakteristik: Sel berbentuk koloni, oval (*ovate*), atau oblong-elipsoid, terdiri atas 4–8 sel, terletak di dalam induk sel yang memiliki dinding sel yang tebal. Sel berlubang dengan satu sisi cekung dan sisi lainnya cembung (Gambar 3.15 bagian B).

Ukuran: Diameter sel 14–28 μm dan panjangnya 30–49 μm .

Distribusi: Situ Gunung.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 27,20°C, konduktivitas 30 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,81, dan alkalinitas 23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastri, 2009.

j. *Oocystis*

Karakteristik: Sel soliter atau membentuk koloni yang terletak dalam suatu induk sel. Sel berbentuk ovoid (bulat telur) atau ovoid elipsoid, berlubang-lubang agak besar atau kecil (Gambar 3.15 bagian D, E, dan F).

Ukuran: Panjang 12–50 μm dan lebar 7–46 μm .

Distribusi: Ranu Pakis, Ranu Grati.

Habitat: Perairan danau kolom airnya teraduk sampai dalam pada tingkat mesoeutrofik dengan suhu 27,44–29,07°C, konduktivitas 320–330 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,23–7,87, dan alkalinitas 219,31–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Sulastri, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.

k. *Pediastrum*

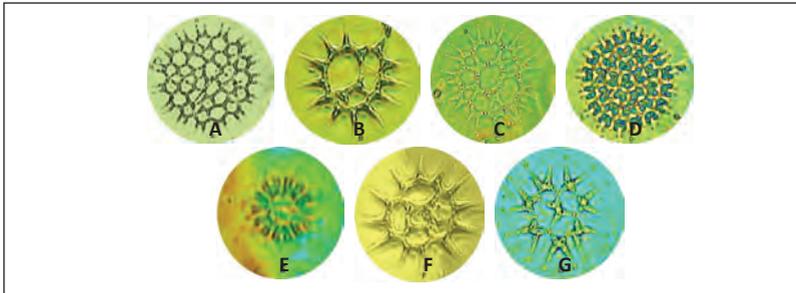
Karakteristik: Sel datar berbentuk seperti piring. Melingkar dan berkoloni serta bebas mengapung. Koloni sel terdiri atas 4–64 individu sel. Di sekeliling koloni sel, terdapat satu atau dua cuping (*lobe*). Koloni sel tersusun seperti membentuk jaringan yang berlubang-lubang. Bagian dalam sel memiliki bentuk yang sama, sedangkan bagian tepi berbeda-beda (Gambar 3.16 bagian A–G dan Gambar 3.17 bagian A–G).

Ukuran: 8–32 μm .

Distribusi: Situ Lengkong, Rawa Pening, Telaga Menjer, Ranu Pakis, Situ Lembang, Situ Patenggang, Situ Gede.

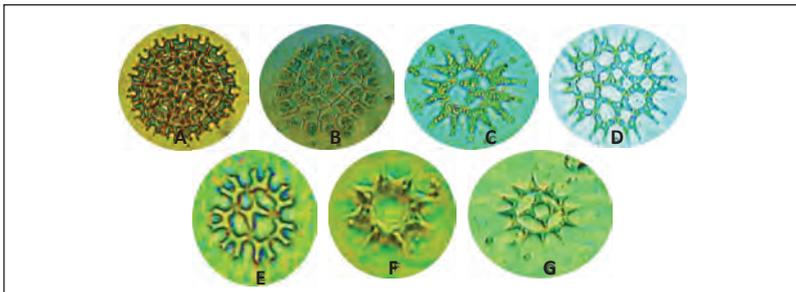
Habitat: Pada umumnya perairan danau dangkal, kolom airnya teraduk, atau tidak ada stratifikasi suhu dengan suhu 21,29–28,92°C, pH 6,87–8,73, konduktivitas 18–320 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastris, 2009; Sulastris dkk., 2008; Sulastris dkk., 2016; Sulastris dkk., 2012; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.



Sumber: Sulastris (2005, 2006)

Gambar 3.16 *Pediastrum duplex* var. *clathratum* (A); *Pediastrum simplex* var. *duodenarium* (B, F); *Pediastrum duplex* var. *gracillimum* (C); *P. sculptatum* (D); *Pediastrum tetras* (E); *P. beradiatum* (G)



Sumber: Sulastris (2005, 2006)

Gambar 3.17 *Pediastrum* sp. 1 (A); *P. duplex* var. *rugulosum* (B); *P. beradiatum* 2 (C); *P. duplex* var. *reticulatum* (D); *P. simplex* 1 (F); *P. simplex* 2 (G); *P. tetras* 2 (E)

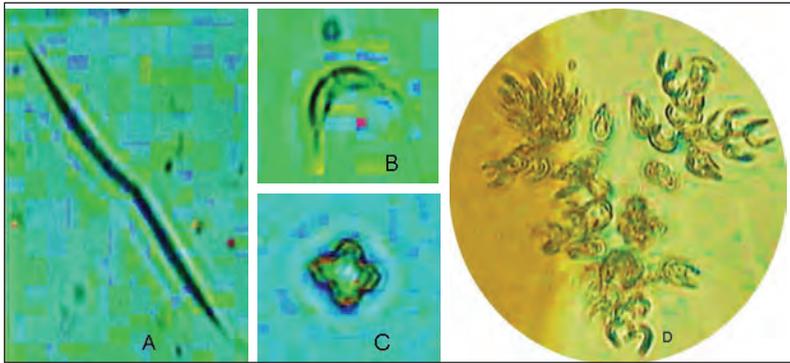
l. Quadrigula

Karakteristik: Sel berkoloni terdiri atas 2 atau 4 sampai 8, memanjang berbentuk silindris. Terbungkus dalam induk sel yang terdiri atas *mucilage* (Gambar 3.18 bagian A).

Distribusi: Situ Lembang.

Habitat: Perairan mesotrofik dengan suhu 21,29°C, konduktivitas 18 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,3, dan alkalinitas 4,89 mgCaCO_3/L .

Sumber: Sulastris dkk., 2008; Shubert, 2003.



Sumber: Sulastris (2005, 2006)

Gambar 3.18 *Quadrigula* (A); *Selenastrum* sp. (B); *Tetraedron minimum* (C); *Selenastrum gracile* (D)

m. Tetraedron

Karakteristik: Sel soliter, rata berbentuk segi empat atau piramida, sudut sel memiliki 3, 4, atau 5 sudut yang ujungnya tumpul atau membulat, atau kadang-kadang ada tonjolan atau duri pada ujungnya (Gambar 3.18 bagian D).

Ukuran: Diameter 5–25 μm .

Distribusi: Ranu Grati, Ranu Pakis, Ranu Pane, Telaga Pengilon, Situ Gede, Situ Lembang.

Habitat: Perairan danau, danau dangkal yang kolom airnya teraduk atau tidak ada stratifikasi suhu, serta kolam dengan suhu 18,23–29,07°C, pH 6,87–8,73, konduktivitas 18–330 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alkalinitas 4,89–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padiśák dkk., 2009.

n. *Selenastrum*

Karakteristik: Sel berkoloni terdiri atas 6 sampai 12 atau 32, berbentuk seperti bulan sabit, membentuk kurva, ujungnya runcing seperti duri, sering berkelompok, tapi tidak terbungkus *mucilage* atau soliter terpisah dari grup. Tiap sel berisi kloroplas tunggal. (Gambar 3.18 bagian C dan E).

Ukuran: Panjang 13–15 μm dan lebar 2 – 8 μm .

Distribusi: Situ Gunung.

Habitat: Perairan danau kaya nutrisi, ditemukan di perairan kolam atau danau dengan suhu 27,20°C, konduktivitas 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 6,81, dan alkalinitas 23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010, Sulastri dkk., 2008.

o. *Scenedesmus*

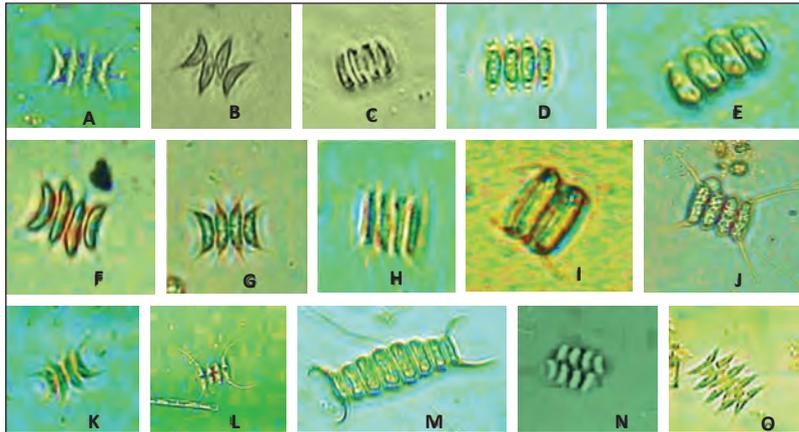
Karakteristik: Sel berbentuk silinder memanjang, berkoloni, bergabung, dan berdampingan satu sama lain, membentuk segi empat datar. Koloni terdiri atas 2, 4, 8, dan 18. Sel tertata secara linier atau zig-zag dalam satu atau dua baris. Sel juga bisa berbentuk *ovoid*, *oblong*, atau bulan sabit (*crescent-shaped*), yang ujungnya membulat atau meruncing. Beberapa jenis ada yang memiliki duri terletak pada ujung koloninya. Dinding sel ada yang halus, bergerigi, atau berduri (Gambar 3.19 bagian A–O).

Ukuran: Panjang 5–30 μm dan lebar 2–10 μm dan bisa mencapai 100 μm bila terdapat duri pada ujung sel.

Distribusi: Ranu Pane, Ranu Pakis, Ranu Grati, Telaga Menjer, Situ Patenggang, Situ Cileunca, Situ Lengkong, Situ Lembang, Situ Cangkung, Situ Cisanti, Situ Gunung, Rawa Pening.

Habitat: Perairan danau, kolam, atau sungai. Ditemukan di perairan mesotrofik dan berlimpah di perairan eutrofik serta hipertrofik dengan suhu 21,29–29,07°C, pH 6,87–7,87, konduktivitas 18–330 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastris dkk., 2008; Sulastris, 2009; Sulastris dkk., 2012; Sulastris dkk., 2016.



Sumber: Sulastris (2005, 2006, 2010)

Gambar 3.19 *Scenedesmus acuminatus* (A); *Scenedesmus Bernardii* (B); *Scenedesmus* sp. 1 (C); *S. denticulatus* (D); *S. bijuga* (E); *S. dimorphus* (F, G, K); *S. quadricauda* var. *maximum* (J); *S. quadricauda* var. *westii* (M); *S. quadricauda* (H); *Scenedesmus armatus* (chod) (I); *Scenedesmus quadricauda* var. *parvus* (I); *Scenedesmus longus* (L); *Scenedesmus arcuatus* (N); *Scenedesmus* sp. 3 (O)

2. *Chlorophyta* Berbentuk Filamen

a. *Pithophora*

Karakteristik: Filamen bercabang dan bebas mengapung. Sel berbentuk silinder dan membesar seperti tong dengan dinding yang tebal. Kloroplas membentuk *parietal net* atau padat menutupi seluruh sel. Akinet memiliki dinding sel yang tebal, berbentuk seperti tong atau oval dan posisinya di ujung filamen (Gambar 3.20 bagian A).

Ukuran: Diameter 70–140 μm dan panjang 70–380 μm .

Distribusi: Telaga Menjer.

Habitat: Umumnya ditemukan di perairan danau atau kolam dengan suhu 21,33°C, konduktivitas 150 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,97, dan alkalinitas 52,93 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; John, 2003; Sulastri, 2009.

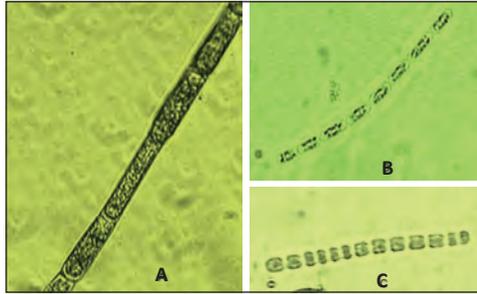
b. *Ulothrix*

Karakteristik: Sel tidak bercabang, berbentuk silinder. Dinding sel tipis atau tebal, terdapat kloroplas berbentuk parietal yang mengisi sekitar tiga perempat sel atau memanjang mengisi seluruh sel (Gambar 3.20 bagian B dan C).

Distribusi: Situ Cileunca, Situ Lembang.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 21,29–23,31°C, konduktivitas 18–59 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,97–7,31, dan alkalinitas 4,89–52,93 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; John, 2003; Sulastri, 2009.



Sumber: Sulastrri (2005, 2006)

Gambar 3.20 *Pithophora* sp. (A); *Ulothrix* sp.1. (B), *Ulothrix* sp.2 (C)

3. Desmid

a. *Cosmarium*

Karakteristik: *Cosmarium* memiliki bentuk morfologi dan ukuran yang sangat bervariasi. Setiap sel dibagi menjadi dua bagian yang disebut semi-sel. Semi-sel memiliki bentuk dan ukurannya sama. Semi-sel terbentuk karena adanya penyempitan pada bagian tengah sel. Tiap semi-sel berbentuk seperti bola, oval, elips, atau piramida. Pada tiap semi-sel terdapat paling sedikit terdiri 1 kloroplas dan 2 atau 4 *pyrenoid* dalam kloroplas (Gambar 3.21 bagian A–L).

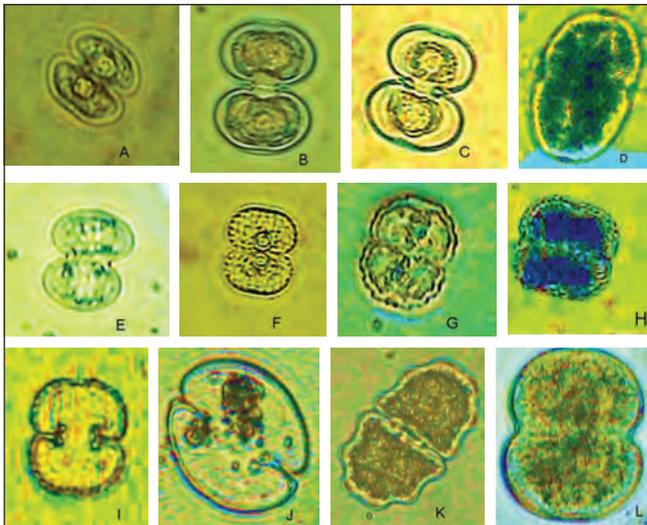
Ukuran: Panjang 10–200 μm dan lebar 6–140 μm .

Distribusi: Ranu Grati, Ranu Pakis, Ranu Pane, Telaga Menjer, Situ Cisanti, Situ Gunung, Situ Lembang, Situ Patenggang, Situ Lengkong.

Habitat: Memiliki sebaran yang luas, perairan asam, dan alkali, perairan danau dangkal, serta danau dalam oligo-mesotrofik dan eutrofik, yang tidak terstratifikasi suhu (teraduk secara terus-menerus) atau kadang-kadang teraduk, pada kondisi kolom air terstratifikasi menempati lapisan *epilimnion*.

Kondisi lingkungan: Suhu 18,23–29,07°C, pH 6,46–7,67, konduktivitas 18–330 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–226,06, mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellingier & Sigeo, 2010; Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009, Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.



Sumber: Sulastri (2005, 2006)

Gambar 3.21 *Cosmarium identatum* (A); *C. contractum* (B, C); *C. pyramidatum* (D); *Cosmarium* sp. 1 (E); *Cosmarium* sp. 2. (F); *Cosmarium* sp. 3 (I); *C. obsoletum* (J); *C. quadrifarium* (G); *C. marginatum* (H); *C. angulatum* (K); *C. pseudoconnatum* (L)

b. *Closterium*

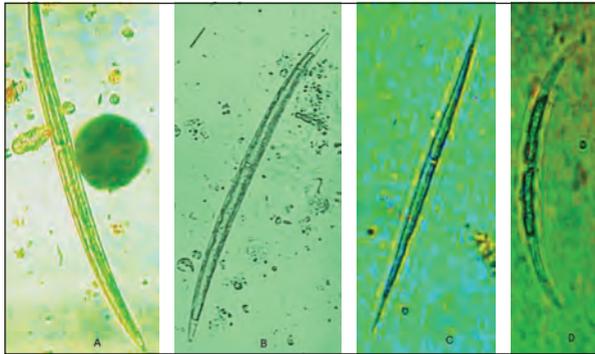
Karakteristik: Sel memanjang dan menyempit ke arah ujung serta membentuk kurva atau lurus. Ujungnya meruncing atau membulat. Sel umumnya dibagi menjadi dua bagian, tetapi tidak ada pembatas di antara dua bagian sel tersebut. Dinding sel bisa halus atau memiliki *striae* yang memanjang. Umumnya terdapat dua kloroplas dan terdapat beberapa *pyrenoid* di sepanjang kloroplas (Gambar 3.22 bagian A–D dan Gambar 3.33 bagian B–C).

Ukuran: Panjang 70–1.200 μm dan lebar 4–50 μm .

Distribusi: Situ Lembang, Situ Gunung, Ranu Pane, Ranu Grati, Rawa Pening.

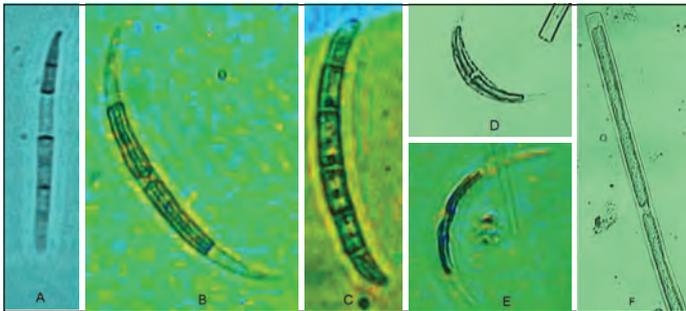
Habitat: Perairan teraduk mesotrofik, oligotrofik, eutrofik dengan suhu 18,25–29,07°C, pH 6,81–7,67, konduktivitas 30–330 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Gerrath, 2003; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Sulastrı dkk., 2012; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.



Sumber: Sulastrı (2005, 2006, 2010)

Gambar 3.22 *Closterium* sp. 1 (A); *Closterium gracile* (B, C); *Closterium porrectum* (D)



Sumber: Sulastrı (2005, 2006, 2010)

Gambar 3.23 *Penium* sp. (A); *Closterium porrectum* (B, D, E); *Closterium striolatum* (C); *Pleurotaenium* sp. (F)

c. *Euastrum*

Karakteristik: Sel soliter membentuk dua bagian atau semi-sel. Tiap semi-sel berbentuk oval, elips, atau piramida. Dinding sel berduri dan pada tepian semi-sel terdapat cuping. Pada tiap semi-sel, terdapat kloroplas and beberapa *pyrenoid* (Gambar 3.27 bagian A).

Ukuran: Panjang 10–200 μm dan lebar 10–100 μm .

Distribusi: Situ Patenggang.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 21,9°C, konduktivitas 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 7,6, dan alkalinitas 17,78 mgCaCO_3/L .

Sumber: Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009; Vuuren dkk., 2006.

d. *Penium*

Karakteristik: Sel soliter, berbentuk silinder memanjang dengan ujung sel mengerucut. Sel terdiri atas beberapa bagian yang selanjutnya dipisahkan oleh bagian yang berbentuk seperti benang. Dinding sel memiliki *striae* yang halus atau berlubang-lubang (Gambar 3.23 bagian A).

Distribusi: Situ Patenggang.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 21,9°C, konduktivitas 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 7,6, dan alkalinitas 17,78 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sige, 2010; Gerrath, 2003; Sulastri dkk., 2008.

e. *Pleurotaenium*

Karakteristik: Sel soliter, berbentuk silinder memanjang, terbagi menjadi dua bagian yang sama atau disebut semi-sel. Ujung sel halus atau membentuk lingkaran atau terdapat duri-duri pendek. Pada tiap semi-sel terdapat kloroplas berbentuk seperti pita atau parietal dan di tiap kloroplas terdapat *pyrenoid* (Gambar 3.23 bagian F).

Distribusi: Rawa Pening.

Habitat: Perairan dangkal teraduk atau perairan rawa dengan suhu 26,4–27,1°C, konduktivitas 170–261 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,09–7,70.

Sumber: Gerrath, 2003; Sulastri dkk., 2012; Sulastri dkk., 2016; Padisák dkk., 2009.

f. *Staurastrum*

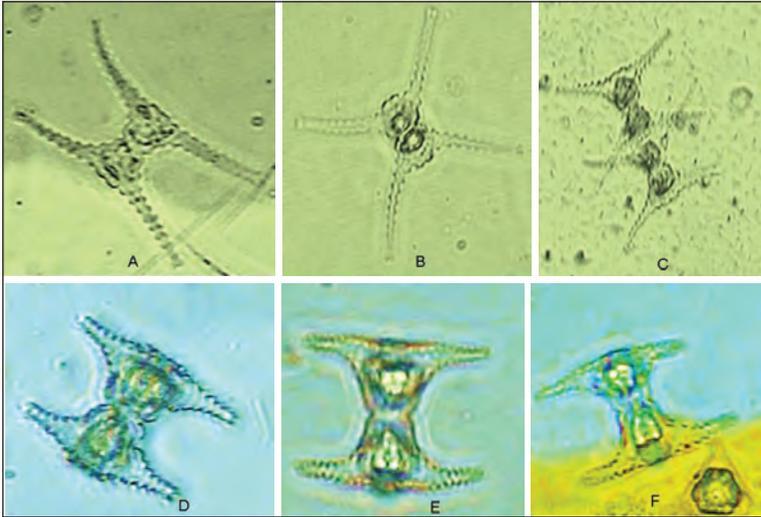
Karakteristik: *Staurastrum* memiliki ragam bentuk dan ukuran sel. Setiap sel dibagi menjadi dua bagian semi-sel. Dilihat dari sisi depan tiap semi-sel bisa berbentuk elips, sedikit melingkar, segitiga atau segi empat, atau poligonal. Beberapa jenis dari *Staurastrum* pada tiap semi-sel terdapat tonjolan-tonjolan bercabang yang pada ujung dan *axis*-nya bergerigi atau berduri. Kadang pada bagian luar sudut-sudutnya memanjang seperti tanduk. Bila tidak terdapat tonjolan, sudut-sudut sel bisa berbentuk bulat atau runcing (Gambar 3.24 bagian A–F; Gambar 3.25 bagian A–F; Gambar 3.26 bagian A–G; Gambar 3.27 bagian B–F; Gambar 3.28 bagian A–C). Bentuk tonjolan sangat bervariasi bisa pendek atau panjang seperti tangan.

Ukuran: Panjang 15–120 μm dan lebar 10–100 μm .

Distribusi: Ranu Pakis, Ranu Grati, Telaga Manjer, Situ Lengkong, Situ Gunung, Situ Lembang, Situ Gede, Situ Patenggang, Situ Cileunca.

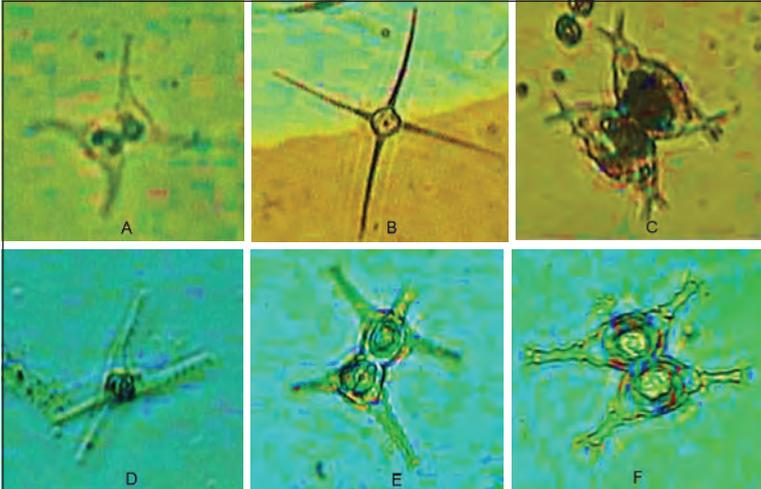
Habitat: Ditemukan di perairan yang miskin sampai kaya unsur hara dengan suhu 18,23–29,07°C, pH 6,41–8,73, konduktivitas 18–330 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Gerrath, 2003; Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009, Vuuren dkk., 2006.



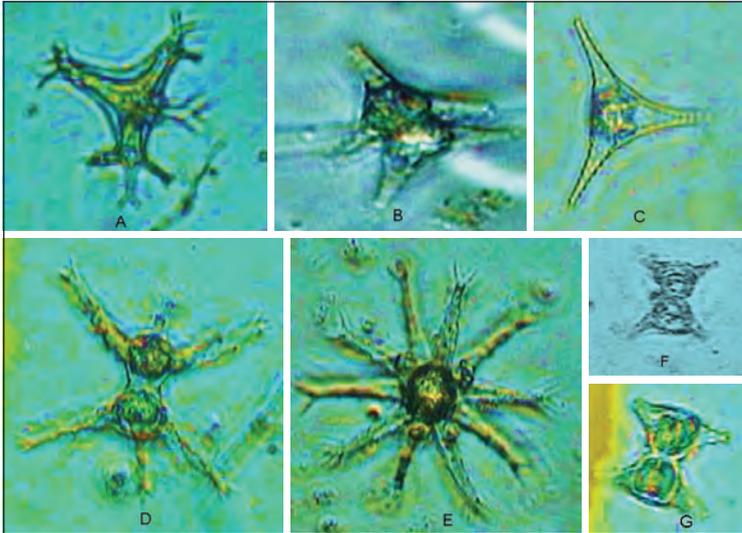
Sumber: Sulastris (2005, 2006)

Gambar 3.24 *Staurastrum prionotum* (A); *S. playfairi* (B, C); *S. anatinoides* (D); *S. identatum* (E, F)



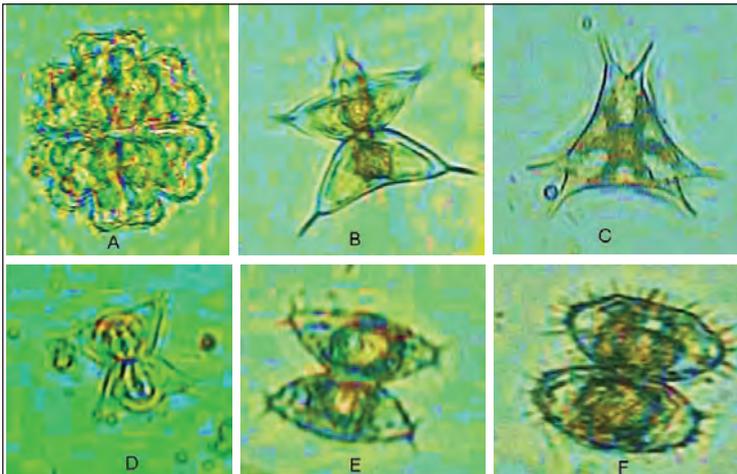
Sumber: Sulastris (2005, 2006)

Gambar 3.25 *Staurastrum perundulatum* (A); *Staurastrum* sp. 1 (B); *S. formosum* (C); *S. smithii* (D); *S. spiniceps* (E); *Staurastrum* sp. 2 (F)



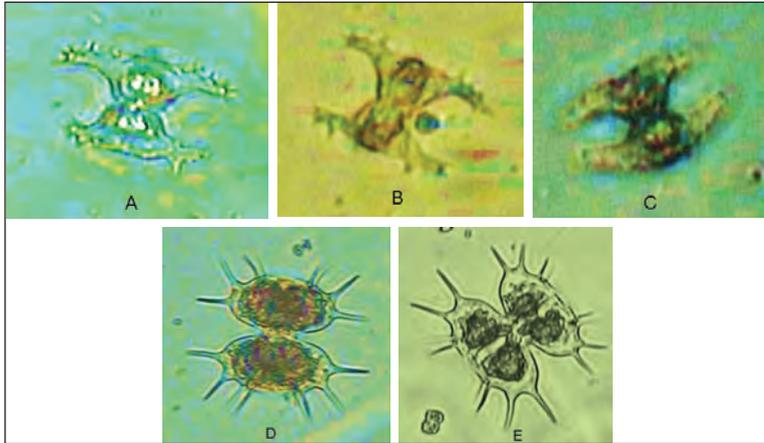
Sumber: Sulastrı (2005, 2006)

Gambar 3.26 *Staurastrum sexangulare* (A); *S. sebaldi* (B,C); *S. tohopekaligense* (D, E); *Staurastrum* sp. 3 (F); *Staurastrum* sp. 4 (G)



Sumber: Sulastrı (2005, 2006)

Gambar 3.27 *Euastrum spinulosum* (A); *Staurastrum corniculatum* (B); *S. bifidum* (C); *S. gutwinskii* (D); *Staurastrum* sp. 6 (E); *S. gladiusum* (F)



Sumber: Sulastrri (2005)

Gambar 3.28 *Staurastrum saltan* (A, B, C); *Xanthidium hastiferum* (D, E)

g. *Xanthidium*

Karakteristik: Sel soliter, terdiri atas dua bulatan yang datar karena adanya penyempitan pada bagian tengah sel. Pada bagian tepi tiap semi-sel, terdapat semacam duri yang agak memanjang. Tiap semi-sel terdapat dua atau empat kloroplas (Gambar 3.28 bagian D dan E).

Distribusi: Situ Lembang.

Habitat: Perairan danau dangkal oligotrofik atau mesotrofik dengan suhu 21,29°C, konduktivitas 18 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 7,31, dan alkalinitas 4,89 mgCaCO_3/L .

Sumber: Gerrath, 2003; Sulastrri dkk., 2008; Padisák dkk., 2009.

D. Cyanophyta

Cyanophyta atau alga biru hijau (*blue green algae*)—sering disebut juga sebagai *cyanobacteria*, ialah organisme yang memiliki struktur sel *prokaryotic* (bakteri) serta adanya ketergantungan CO_2 dan

memperbanyak oksigen dalam proses fotosintesis. Keunikan fitoplankton dari *Cyanophyta* adalah adanya pigmen klorofil-a, *phycocyanin* dan *phycoerythrin* yang memberikan ciri warna tersendiri pada jenis-jenis ini.

Di samping itu, beberapa jenis dari grup *Cyanophyta* ini memiliki kemampuan memfiksasi nitrogen dari udara dan memproduksi bahan toksik. Bahan toksik yang dihasilkan dapat mengganggu kesehatan manusia dan dapat menyebabkan kematian pada binatang. Pada kondisi lingkungan perairan yang mendukung untuk tumbuh, seperti perairan yang kaya unsur hara, suhu perairan yang tinggi, dan kolom perairan yang stabil, jenis dari *Cyanophyta* akan berlimpah, yang memberikan karakteristik warna air dengan gumpalan hijau disertai bau kurang sedap. Kondisi ini terjadi di Indonesia, seperti di Danau Maninjau, Sumatera Barat. (Komarák, Kling, & Komárková, 2003; Baker & Fabbro, 1999; Mankiewicz dkk., 2003)

1. Cyanophyta Berbentuk Bulatan (*Cocoid*) dan Berkoloni

a. *Chroococcus*

Karakteristik: Sel bulat berbentuk hampir seperti bola. Setelah pembelahan, sel membentuk koloni yang terdiri atas 2, 4, 8, atau 16 sel. Tiap koloni sel terbungkus gelatin dan dikelilingi oleh *mucilage*. *Mucilage* tidak berwarna atau agak kekuningan (Gambar 3.29 bagian F). Hanya jenis-jenis yang memiliki gelembung gas yang memiliki sifat mengapung di perairan.

Ukuran: Diameter 2–58 μm .

Distribusi: Ranu Grati.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 29,07°C, konduktivitas 330 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,67, dan alkalinitas 226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastri, 2009.

b. *Coelosphaerium*

Karakteristik: Sel bulat atau oval. Sel berbentuk koloni, terbungkus dalam *mucilage* dan tersusun tidak teratur dalam satu kesatuan lapisan luar (Gambar 3.29 bagian E).

Ukuran: Diameter koloni 20–80 μm .

Distribusi: Situ Patenggang.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 21,96°C, konduktivitas 46 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,21, dan alkalinitas 17,78 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Komarák dkk, 2003; Sulastri dkk., 2008.

c. *Merismopedia*

Karakteristik: Sel berkoloni dalam satu lapisan, berbentuk lempengan segi empat dan bebas melayang di perairan. Individu sel berbentuk bulat atau agak oval. Sel tersusun dalam barisan yang kadang-kadang terdiri atas empat grup (Gambar 3.29 bagian A, B).

Ukuran: Diameter 0,5–5 μm dan panjang 1–16 μm .

Distribusi: Situ Gunung, Ranu Grati.

Habitat: Dijumpai di perairan danau dangkal, danau dalam dan berukuran sedang atau besar yang berstatus oligotrofik sampai eutrofik. Menempati lapisan epilimnion pada musim panas dan sensitif terhadap pengadukan kolom air yang terus-menerus. Suhu 27,20–29,07°C, konduktivitas 30–330 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,81–7,67, dan alkalinitas 23,03–226,06 mgCaCO_3/L).

Sumber: Bellinger & Sigeo, 2010; Sulastri, 2009, Padisák dkk., 2009; Reynolds dkk., 2002.

d. *Microcystis*

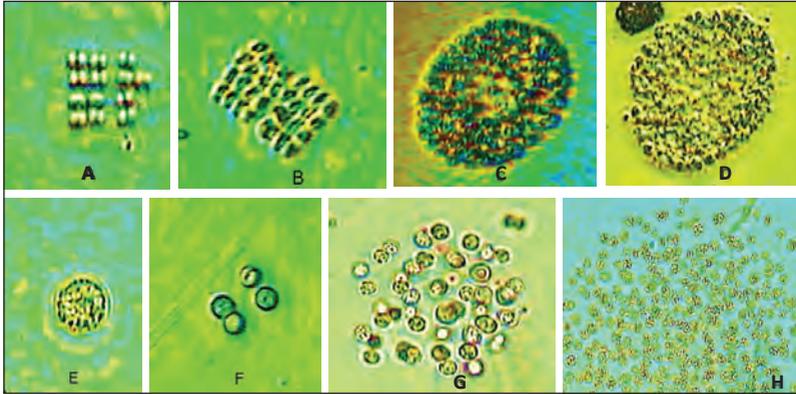
Karakteristik: Sel berkoloni dalam bentuk bulat atau tersusun secara tidak teratur dalam *mucilage* yang bersifat mikro atau makroskopik. Sel bisa membentuk koloni yang besar dan berisi ratusan sel. Pada kondisi tertentu melalui pembelahan koloni sel, sel *Microcystis* berkembang menjadi berlimpah atau *blooming* di perairan (Gambar 3.29 bagian C, D, G, H). Terdapat gelembung gas pada sel *Microcystis* yang menyebabkan jenis ini memiliki sifat pengapung di perairan. Sel juga memiliki masa istirahat dan tinggal di dasar perairan danau. Namun, pada kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan sel, maka *Microcystis* dapat tumbuh lagi dan muncul ke permukaan perairan. Oleh karena itu, *Microcystis* dikenal memiliki sifat abadi di perairan. *Microcystis* memproduksi bahan beracun yang disebut *Microcystin* dan mengeluarkan bahan organik yang menyebabkan bau kurang sedap.

Ukuran: Diameter 2,6–6 μm .

Distribusi: Ranu Grati, Telaga Menjer, Situ Gunung, Situ Lembang, Situ Patenggang, Situ Cileunca, Situ Gede, Situ Lengkong.

Habitat: Banyak dijumpai di perairan eutrofik sampai hipereutrofik pada perairan danau kecil sampai sedang. Menempati pada lapisan *epilimnion* dan banyak dijumpai pada musim panas. Sensitif terhadap pengadukan kolom air danau dan intensitas cahaya yang rendah. Suhu 21,29–29,07°C, pH 6,87–8,73, konduktivitas 18–330 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 4,89–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sige, 2010; Mankiewicz dkk., 2003; Sulastri dkk., 2008; Sulastri, 2009; Padisák dkk., 2009; Reynolds dkk., 2002.



Sumber: Sulastrı (2006)

Gambar 3.29 *Merismopedia tenuissima* (A, B); *Microcystis aeruginosa* (C, D, G, H); *Coelosphaerium* sp. (E); *Chroococcus* sp. (F)

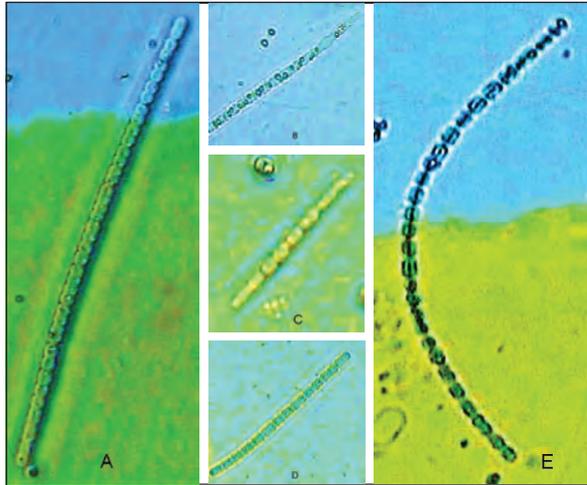
2. Cyanophyta Berbentuk Filamen

a. *Anabaena*

Karakteristik: Filamen atau *trichom* soliter atau mengelompok dan menyatu dalam *mucilage* yang tipis. *Trichom* berbentuk lurus, melengkung, atau menggulung. Filamen terdiri atas sel yang berbentuk bulat oval atau silinder. Dalam *trichom*, terdapat *akinet* yang berbentuk bulat, elips, atau silinder, yang dapat dijumpai di sekitar *heterocystis*. *Anabaena* juga memiliki gelembung gas yang menyebabkan jenis-jenis *Anabaena* mampu mengapung di perairan (Gambar 3.30 bagian A–C). *Anabaena* juga mampu memproduksi bahan beracun yang (*Anatoxin-a*), yang menyebabkan kerusakan pada hati, lever pada binatang. Bahan beracun dari jenis *Anabaena* menyebabkan iritasi pada kulit.

Ukuran: 2–7 μm .

Distribusi: Ranu Pakis, Situ Gunung, Situ Patenggang, Situ Lembang.



Sumber: Sulastrı (2006)

Gambar 3.30 *Anabaena affinis* (A); *Anabaena* sp. 1 (B); *Anabaena aphanizomenon* (C); *Anabaena* sp. 2 (D); *Anabaena* sp. 3 (E)

Habitat: Danau dangkal atau danau dalam terstratifikasi oleh suhu. Banyak dijumpai pada perairan danau yang kaya unsur hara (eutrofik) dengan suhu 21,29–27,44°C, pH 6,81–7,31, konduktivitas 18–320 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dan alkalinitas 4,89–219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Belinger & Sigeo, 2010; Baker & Fabro, 1999; Mankiewicz dkk., 2003; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padišák dkk., 2009.

b. *Nodularia*

Karakteristik: *Trichom* soliter atau dalam kelompok berbentuk lurus atau sedikit membelok menyatu dalam lapisan *mucilage*. *Trichom* memiliki lubang simetri atau isopolar dan tidak bercabang. Terdapat sekat yang membatasi antar-sel. Akinet soliter atau dalam berseri. Sel berukuran pendek dan tidak melebihi lebarnya (Gambar 3.31 bagian A).

Ukuran: Panjang 6,5–10,5 μm .

Distribusi: Situ Gunung.

Habitat: Perairan danau dengan suhu 27,20°C, konduktivitas 30 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,81, dan alkalinitas 23,03 mgCaCO_3/L .

Sumber: Baker & Fabro, 1999; Komarák dkk., 2003; Sulastrri, 2009; Vuuren dkk., 2006.

c. *Cylindrospermopsis*

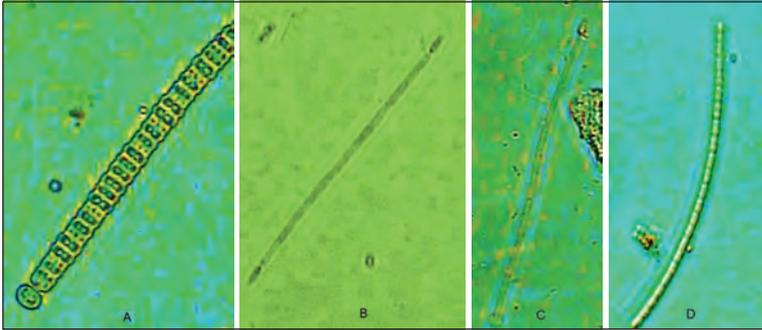
Karakteristik: *Trichome* soliter, berbentuk lurus, bengkok, atau menggulung. Ujung sel mengerucut, tumpul, atau meruncing. Sel kecil, berbentuk silinder, berwarna biru hijau pucat, dan tidak terbungkus *mucilage* (Gambar 3.31 bagian B–D). Tidak ada jelas sekat-sekat pada sel atau ada sekat yang jelas pada sel. *Heterocystis* pada ujung selnya meruncing atau tumpul. Akinet terletak berdekatan dengan ujung sel. *Cylindrospermopsis* mampu memfiksasi nitrogen dari udara dan tidak bergantung pada nitrogen dari perairan. Jenis ini juga diketahui mengeluarkan bahan toksik.

Ukuran: Panjang 2–9 μm dan lebar 2–4 μm .

Distribusi: Ranu Grati, Ranu Pakis, Telaga Menjer, Situ Gede, Situ Patenggang.

Habitat: Umum dijumpai perairan danau eutrofik. Banyak dijumpai pada musim panas di lapisan *epilimnion*. Toleransi terhadap kekurangan intensitas cahaya dan unsur hara nitrogen. Suhu 21,53–29,07°C, pH 6,97–8,73, konduktivitas 46–353 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 17,78–226,06 mgCaCO_3/L .

Sumber: Komarák dkk., 2003; Sulastrri dkk., 2008; Sulastrri, 2009; Vuuren dkk., 2006; Reynolds dkk., 2002.



Sumber: Sulastrri (2005, 2006)

Gambar 3.31 *Nodularia* sp. (A); *Cylindrospermopsis raciborskii* (B, C); *Cylindrospermopsis* sp. (D)

d. *Oscillatoria*

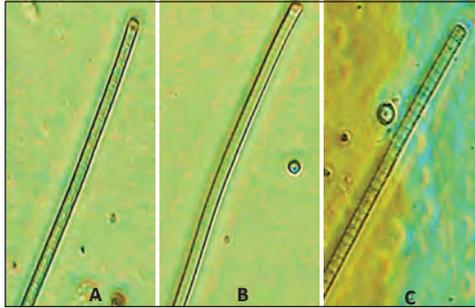
Karakteristik: *Trichom* berbentuk silinder, tidak bercabang, lurus, dan panjang. Sel-sel *trichome* bentuknya tidak bulat atau berbentuk *discod*. Sel bisa lebih panjang atau lebih pendek dibandingkan ukuran lebarnya. Memiliki dinding atau sekat yang memotong sel. Ujung sel bulat atau *capitate*. Terdapat gelembung gas untuk jenis-jenis yang mengapung. Warna biru hijau, *olive green*, kemerahan, atau kecokelatan (Gambar 3.32 bagian A–C dan Gambar 3.33 bagian A–C).

Ukuran: Diameter bervariasi, 8–30 μm atau lebih.

Distribusi: Ranu Pakis, Ranu Pane, Telaga Pengilon, Situ Cisanti.

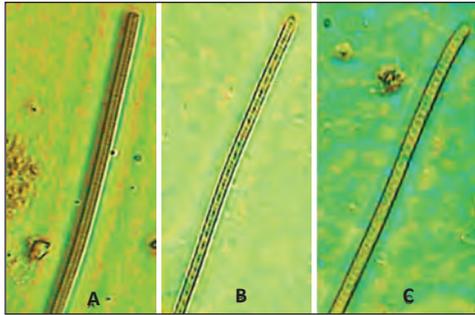
Habitat: Banyak dijumpai di perairan danau, kolam, atau perairan tergenang eutrofik. *Oscillatoria* toleran terhadap perairan tercemar bahan organik dan nitrogen yang tinggi. Suhu 18,23–27,44°C, pH 6,46–7,74, konduktivitas 60–320 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 26,82–219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Bellinger & Sigege, 2010; Sulastrri, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.



Sumber: Sulastri (2006)

Gambar 3.32 *Oscillatoria tenuis* (A–C)



Sumber: Sulastri (2006)

Gambar 3.33 *Oscillatoria tenuis* (A); *Oscillatoria* sp. 1 (B); *Oscillatoria* sp. 2 (C)

e. *Planktothrix*

Karakteristik: *Trichom* berbentuk silinder, lurus, dan tidak bercabang serta simetris. Kadang terdapat dinding atau sekat yang membelah sel (Gambar 3.34 bagian A dan B).

Ukuran: Lebar trichom 3–15 μm .

Distribusi: Ranu Pakis.

Habitat: Perairan danau pada lapisan teraduk (*epilimnion*) dan keruh dengan suhu 27,44°C, pH 7,23, konduktivitas 320 $\mu\text{S/cm}$, dan alkalinitas 219,31 mgCaCO_3/L .

Sumber: Komarák dkk., 2003; Sulastri, 2009; Reynolds dkk., 2002.



Sumber: Sulastrı (2006)

Gambar 3.34 *Planktothrix* sp. 1 (A); *Planktothrix* sp. 2 (B); *Pseudoanabaena* sp. 1 (C); *Pseudoanabaena* sp. 2 (D)

f. *Pseudoanabaena*

Karakteristik: *Trichome* soliter atau beragregasi, berbentuk silinder, lurus atau melengkung, dan tidak bercabang. Sekat pada sel berfilamen tampak jelas. Sel memiliki diameter yang sama dan berbentuk silinder atau seperti tong. Ujung sel tanpa penutup atau kadang-kadang lebih tebal pada bagian luarnya atau agak mengecil. *Trichom* tidak terbungkus dengan kokoh oleh *mucilage* (Gambar 3.34 bagian C dan D).

Ukuran: Panjang 3,5–7,5 μm .

Distribusi: Telaga Pengilon, Situ Cisanti.

Habitat: Perairan danau yang tidak terstratifikasi suhu, keruh, dan pada status oligotrofik atau eutrofik dengan suhu 19,37–24,63°C, konduktivitas 150–110 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,46–7,16, dan alkalinitas 43,77–71,94 mgCaCO_3/L .

Sumber: Baker & Fabbro, 1999; Komarek dkk., 2003; Sulastrı, 2009; Padisák dkk., 2009.

E. Pyrrhophyta

Keanekaragaman jenis terbesar dari phylum Pyrrhophyta adalah jenis-jenis dari kelas Dinopyceae yang juga dikenal dengan nama Dinoflagelata. Dalam bahasa Yunani, kata *Dino* berarti “berputar”, yang menggambarkan pola khusus dalam berenang. Sementara itu, *flagellum* berasal dari bahasa Latin, yang berarti “melampaui-lampaikan”. Selanjutnya, *Pyrrhophyta* dari kata *pyrrh*, yang dalam bahasa Yunani memiliki arti “warna nyala seperti api kemerahan” (Carty, 2003).

Dinoflagelata umumnya terdiri atas jenis-jenis fitoplankton bersel tunggal yang mampu berenang. Kemampuan pergerakan jenis-jenis Dinoflagelata karena adanya *flagella* yang tertanam pada lekukan yang melingkar pada sel. Secara morfologi memiliki variasi bentuk dan ukuran, tetapi jenis-jenis Dinoflagelata memiliki ciri khusus, seperti pigmen berwarna coklat serta adanya cadangan makanan dalam bentuk zat tepung dan selulosa pada dinding sel (Prescott, 1951). Lempengan selulosa terletak dalam membran sel, yang tersusun secara teratur dan sering digunakan untuk membedakan antara genus dan spesies dalam Dinoflagelata.

a. *Ceratium*

Karakteristik: Sel memiliki bentuk yang mudah dikenali, mempunyai semacam tanduk satu di bagian anterior dan 2 atau 3 di bagian posterior. Pada bagian *epivalve* memiliki bentuk lebih lebar dan terus menyempit membentuk ujung tanduk. Terdapat cekungan melingkar pada sel atau disebut “*sulcus*”. Tubuh tertutup lempengan yang kasar. Jenis *Ceratium* yang ditemukan di perairan tawar adalah *Ceratium hirundinella* dan umumnya memiliki tiga tanduk di bagian posterior (Gambar 3.35 bagian D). Ketika berlimpah di perairan, sel ini memberikan warna kecokelatan.

Ukuran: Diameter 65–80 μm , panjang bisa mencapai 100 μm .

Distribusi: Telaga Menjer, Situ Cileunca.

Habitat: Perairan danau berukuran kecil sampai sedang dengan status eutrofik sampai hipertrofik. Banyak dijumpai pada musim panas di lapisan *epilimnion*. Sensitif terhadap pengadukan kolom air dan toleransi terhadap kekurangan unsur hara karbon. Suhu 21,53–23,31°C, konduktivitas 59–150 $\mu\text{S/cm}$; pH 6,41–6,97, dan alkalinitas 23,1–150 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastrī dkk., 2008; Sulastrī, 2009; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009; Reynolds dkk., 2002.

b. *Peridinium*

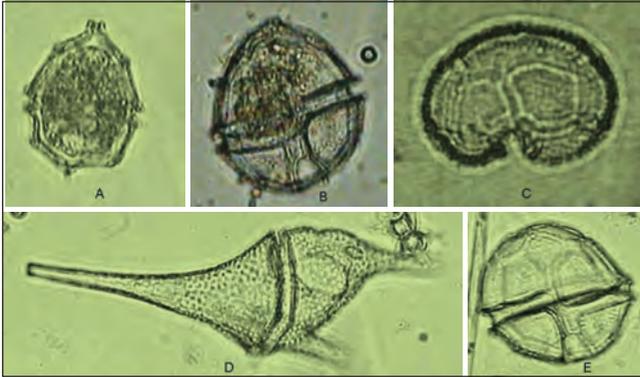
Karakteristik: Sel berbentuk bulat atau bulat telur dan datar bila dilihat dari sisi samping. Permukaan dorsal berbentuk cembung dan permukaan ventral berbentuk cekung. Umumnya tidak memiliki tanduk, walaupun ada beberapa jenis yang memilikinya. Pada ujung selnya sering terdapat lubang. Alur-alur lekukan permukaan sel mudah dikenali. Lekukan yang melingkar pada sel lebih dalam dan posisinya di tengah-tengah sel. Sel dilapisi *thecal plate* yang kaku (Gambar 3.35 bagian A, B, C).

Ukuran: Panjang 10–100 μm dan lebar 15–90 μm .

Distribusi: Ranu Pane, Telaga Menjer, Situ Cileunca, Situ Patenggang, Situ Lengkong.

Habitat: Pada perairan danau dalam, dangkal, sampai medium dan besar serta pada kondisi status eutrofik sampai hipereutrofik. Banyak dijumpai pada musim panas di lapisan epilimnion. Suhu 18,2–26,15°C, konduktivitas 59–150 $\mu\text{S/cm}$; pH 6,41–7,74, dan alkalinitas 17,78–150 mgCaCO_3/L .

Sumber: Sulastrī, 2009; Sulastrī dkk., 2008; Vuuren dkk., 2006; Reynolds dkk., 2002; Padisák dkk., 2009.



Sumber: Sulastrri (2006)

Gambar 3.35 *Peridinium* sp., (A); *Peridinium cintum* (B, C, E); *Ceratium herudinella* (D)

F. Euglenophyta

Euglenophyta, yang termasuk kelompok fitoplankton, ialah sel tunggal berflagela dan berfotosintesis serta umumnya dikenal dengan kelompok *Euglena*. *Euglena* berasal dari bahasa Yunani, yang berarti “mata bulat” (Rosowski, 2003). *Euglena* merupakan organisme bersel tunggal yang memiliki kloroplas berwarna hijau terang meskipun kadang-kadang juga ditemukan jenis-jenis yang warnanya kurang terang. Kloroplas terdiri atas pigmen klorofil a dan b serta karotenoid. Sitoplasma terdiri atas paramilon semacam zat tepung yang digunakan sebagai cadangan energi. Di dalam membran sel, terdapat semacam protein yang tersusun seperti strip yang menutupi seluruh sel.

Jenis-jenis *Euglenophyta* yang bisa bergerak memiliki flagela yang tertanam dalam kerongkongan bagian anterior. Namun, ada juga jenis yang memiliki satu flagela yang pendek dan tidak muncul atau tidak terlihat. *Euglenophyta* umumnya banyak ditemukan di perairan yang kaya bahan organik atau terpolusi. (Wetzel, 2001; Hutchinson, 1967; Vuuren dkk., 2006; Rosowski, 2003)

a. *Euglena*

Karakteristik: Sel tunggal berbentuk silinder yang bergelombang atau oval dan umumnya dapat berenang dengan bebas. Bentuk badan meruncing pada bagian posterior, sementara bagian anterior membentuk seperti kerongkongan dan ujungnya membulat atau tumpul. Sel berwarna hijau cerah karena ada kloroplas yang bisa berbentuk bulatan, oval, atau pita, serta kadang-kadang dengan *pyrenoid*. Terdapat juga sel yang berwarna merah karena adanya pigmen karotenoid. Beberapa jenis dapat melakukan kontraksi untuk mengubah bentuk, tetapi jenis lain memiliki sifat yang tetap dan tidak berubah bentuk. Sel ditutupi *pellicle*, yakni semacam protein yang tersusun berbentuk strip yang menutupi sel.

Ukuran: Sel panjang 20–540 μm dan lebar 5–50 μm (Gambar 3.36 bagian A, B, dan E).

Distribusi: Danau Rawa Pening, Situ Patenggang.

Habitat: Banyak ditemukan di perairan danau eutrofik serta banyak bahan organik nitrogen, baik berasal dari limbah binatang maupun tumbuhan. Suhu 21,96–28,92°C, konduktivitas 46–364 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,41–7,87, dan alkalinitas 17,78–142,84 mgCaCO_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Vuuren dkk., 2006; Sulastrri, 2009; Sulastrri, 2008; Rosowski, 2006; Padisák dkk., 2009.

b. *Phacus*

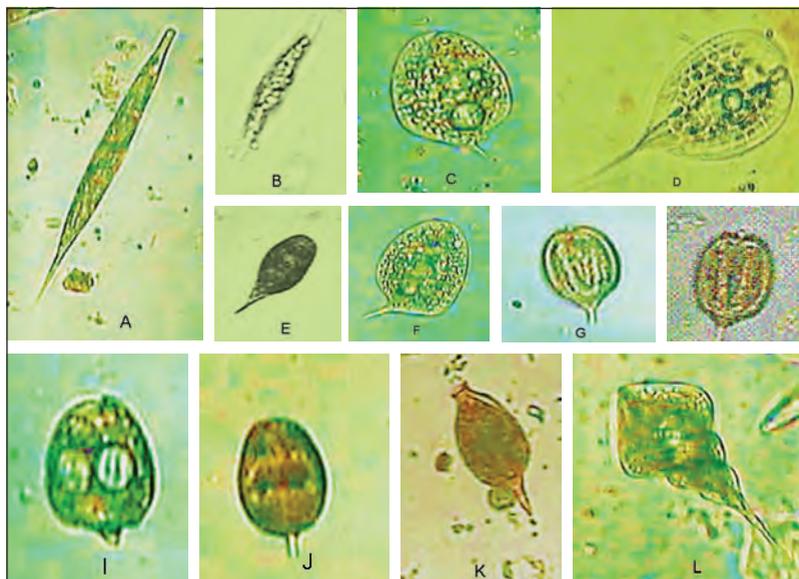
Karakteristik: Sel soliter berbentuk oval atau *orbicularis* dan sebagian berbentuk spiral. Sel datar seperti lempengan atau seperti daun. Bagian anterior membulat, sedangkan bagian posterior memiliki berbagai variasi bentuk ekor yang lurus, bengkok, panjang, atau pendek. Kloroplas berbentuk bulatan kecil tanpa *pyrenoid* atau bulatan besar dengan *pyrenoid*. Terdapat *paramylon* berbentuk lingkaran atau memanjang. Sel dapat berenang bebas menggunakan flagela yang keluar dari anterior.

Ukuran: Panjang 10–140 μm dan lebar 5–50 μm (Gambar 3.36 bagian C, D, F–J dan L).

Distribusi: Situ Canguang, Situ Lengkong, Rawa Pening.

Habitat: Perairan danau, kolam pada tingkat status eutrofik, banyak bahan organik dari peternakan atau limbah. Suhu 26,15–28,92°C, konduktivitas 33–364 $\mu\text{S/cm}$, pH 7,6–7,87, dan alkalinitas 19,65–142,84 mg CaCO_3/L .

Sumber: Vuuren dkk., 2006; Prescott, 1951; Sulastrı dkk., 2008; Sulastrı dkk., 2012; Sulastrı dkk., 2016; Padiśak dkk., 2009.



Sumber: Sulastrı (2005, 2006, 2010)

Gambar 3.36 *Euglena acus* (A); *Euglena* sp. 1 (B); *Phacus orbicularis* var. *caudatus* (C, F); *P. longicauda* (D); *Euglena* sp. 2 (E); *Phacus chloroplastes* 1 (G); *Phacus chloroplastes* 2 (H); *P. orbicularis* (I); *Phacus* sp. 1 (J); *Strombomonas* sp. (K); *P. Longicauda* var. *tortus* (L)

c. *Strombomonas*

Karakteristik: Sel terbungkus kulit atau disebut *lorica* berwarna kuning sampai cokelat. *Lorica* mengecil dan meruncing seperti jarum ke arah anterior, berbentuk seperti kerah leher yang lurus dan ujungnya berlubang. Terdapat banyak kloroplas dan tidak ada *pyrenoid* (Gambar 3.36 bagian K).

Ukuran: Panjang 13–60 μm dan lebar 18–30 μm .

Distribusi: Danau Rawa Pening.

Habitat: Perairan danau dangkal serta meso-eutrofik, dengan suhu 26,4–27,1°C, konduktivitas 170–261 $\mu\text{S/cm}$, pH 7.09–7,70.

Sumber: Rosowski, 2003; Vuuren dkk., 2006; Sulastrri dkk., 2012; Sulastrri dkk., 2016; Padisák dkk., 2009.

d. *Trachelomonas*

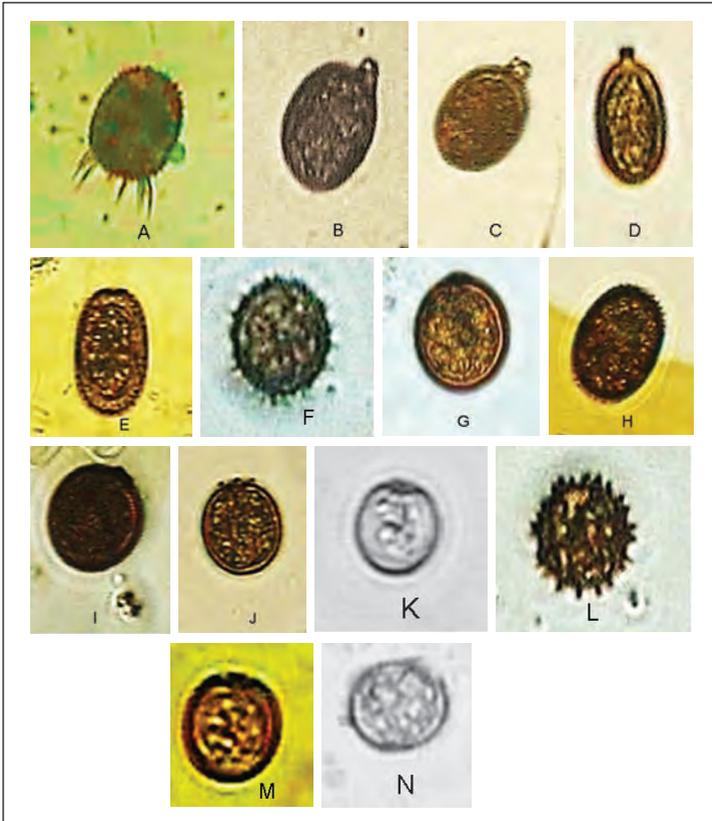
Karakteristik: Sel soliter, terbungkus kulit atau disebut *lorica* yang memiliki warna, kuning, cokelat, atau merah. *Lorica* memiliki berbagai bentuk, bisa bulat, oval, atau silinder. Pada beberapa jenis, *lorica* mengecil di bagian anterior dan berbentuk seperti leher serta ujungnya berlubang (Gambar 3.37 bagian B, C, dan D). Permukaan dinding *lorica* ada yang halus dan ada yang berduri (Gambar 3.37 bagian A, F–N).

Ukuran: Panjang 14–60 μm dan lebar 9–35 μm .

Distribusi: Situ Lembang, Situ Cisanti, Rawa Pening, Situ Gunung, Situ Lengkong, Situ Gede. Ranu Pane, Ranu Pakis, Ranu Grati.

Habitat: Perairan danau dangkal meso-eutrofik dengan suhu 21,96–29,07°C, konduktivitas 46–226,06 $\mu\text{S/cm}$, pH 6,41–7,67, dan alkalinitas 17,78–226,06 mgCaC_3/L .

Sumber: Prescott, 1951; Sulastrri dkk., 2009; Sulastrri dkk., 2012; Vuuren dkk., 2006; Padisák dkk., 2009.



Sumber: Sulastri (2005, 2006, 2010)

Gambar 3.37 *Trachelomonas armata* var. *longispina* (A); *T. scabra* (B); *T. hispida* var. *coronate* (C); *T. dubia* (D); *T. lacustris* (E); *T. horrida* (F, L); *T. hispida* var. *punctata* (G, I); *T. superba* (H); *T. hispida* var. *papilata* (J); *Trachelomonas* sp. (M); *T. volvocina* (K, N)



Bab 4

Fitoplankton sebagai Indikator Status Trofik Perairan

Fitoplankton merupakan produsen primer utama di perairan umum yang memiliki peran penting dalam mempertahankan kesehatan struktur dan fungsi ekosistem danau. Secara umum, telah diyakini bahwa fitoplankton dan jenis-jenis alga biru hijau sensitif terhadap perubahan akibat penyuburan perairan (Reynold, 1984). Dampak meningkatnya kesuburan perairan danau yang tidak diinginkan adalah tingginya akumulasi biomassa fitoplankton hingga terbentuknya kondisi anoksik pada perairan dan munculnya jenis-jenis fitoplankton beracun yang menyebabkan kematian ikan serta menurunkan fungsi ekosistem danau juga mengganggu kesehatan masyarakat.

Oleh karena itu, penggunaan fitoplankton sebagai alat untuk menilai status ekosistem perairan terus dikembangkan dan diterapkan. Komisi Eropa, misalnya, telah memasukkan parameter ekologi, dalam program kerjanya tentang masalah air seperti kelimpahan,

biomassa, dan struktur taksonomi, serta frekuensi terjadinya *blooming* komunitas fitoplankton dalam kegiatan *monitoring* kualitas air (Pasztaleniec, 2016). Karena pentingnya peran fitoplankton sebagai alat *monitoring* status kesuburan perairan dan kualitas air, para ahli di bidang fitoplankton terus mengembangkan dan menguji sensitivitas indeks fitoplankton untuk menilai status kesuburan perairan seperti yang dikembangkan Padisák dkk. (2006), Ochocka & Pasztaleniec (2016), serta Pasztaleniec (2016).

Penilaian status trofik yang terdahulu, seperti yang dikembangkan Carlson (1977), sudah menggunakan parameter biomassa fitoplankton (klorofil-a). Dalam mengembangkan metode penelitian status trofik perairan menggunakan parameter fitoplankton, diperlukan pemahaman tentang jenis-jenis, kelimpahan dan biomassa, teknik pengambilan sampelnya, serta perhitungan kelimpahannya. Bab ini memberikan informasi tentang teknik-teknik pengambilan sampel dan perhitungan kelimpahan fitoplankton serta parameter fitoplankton lain yang dapat digunakan untuk menilai status trofik perairan danau.

A. Pengambilan Sampel, Penentuan Jenis, dan Analisis Fitoplankton

Dalam mengambil sampel fitoplankton, diperlukan pertimbangan bahwa sampel yang diambil benar-benar mewakili jumlah yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan suatu program kegiatan. Oleh karena itu, pengambilan sampel fitoplankton memerlukan landasan informasi bidang limnologi. Untuk perairan danau, misalnya, pemilihan titik *sampling* mempertimbangkan aspek morfologi danau, aspek stratifikasi suhu kolom perairan, dan distribusi intensitas cahaya.

Selanjutnya, morfologi danau juga menentukan *spot* distribusi fitoplankton sepanjang luas area badan air. Diperlukan prosedur detail



untuk analisis fitoplankton untuk mendapatkan hasil perhitungan yang akurat. Pemilihan metode pengambilan subsampel dan perhitungan kelimpahan fitoplankton disampaikan pada subbab ini.

1. Teknik pengambilan sampel

Sebelum sampel fitoplankton diambil, harus dipastikan apakah terjadi stratifikasi suhu di perairan danau, yang dapat dilakukan dengan mengukur suhu perairan secara vertikal dengan interval kedalaman 1 m (Bartram & Balance, 1996). Adanya stratifikasi suhu dalam perairan bisa dikenali jika perubahan suhu menurut kedalaman sebesar $0,2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ pada lapisan termoklin (Sherman dalam Hötzel & Croome, 1999). Stratifikasi suhu perairan danau diindikasikan oleh adanya perbedaan suhu permukaan dan lapisan dasar perairan 1°C atau lebih besar pada kondisi angin yang rendah (Hötzel & Croome, 1999). Penetapan lokasi pengambilan sampel fitoplankton disesuaikan dengan kondisi luasan dan morfologi perairan danau. Pada perairan dangkal kurang dari 2 m dan tidak terstratifikasi, sampel fitoplankton dapat diambil di bawah permukaan atau 0,5 m, sedangkan pada perairan yang terstratifikasi, sampel fitoplankton diambil pada kedalaman danau yang berbeda.

Pada perairan danau yang dalam dan terstratifikasi oleh suhu, sampel fitoplankton diambil pada kolom perairan *epilimnion* (kolom perairan teraduk) dan kolom perairan di bawah lapisan termoklin jika terindikasikan ada jenis fitoplankton yang menempati lapisan perairan tersebut, misalnya *Anabaena*. Pada perairan danau yang dalam tidak terstratifikasi, sampel fitoplankton diambil di kolom atau zona eufotik, yakni kedalaman yang masih menerima intensitas cahaya sampai kedalaman tertentu yang memiliki keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi dari fitoplankton atau disebut zona eufotik menurut Sigeo (2004) dalam Bellinger dan Sigeo (2010). Kedalaman eufotik umumnya ditentukan 2,5 kali kedalaman *Secchi disk* atau kedalaman dari permukaan sampai kedalaman

tertentu yang memiliki intensitas cahaya 1% (Schwoerbel, 1970). Di samping itu, sebelum mengambil sampel fitoplankton, peneliti perlu mengukur konsentrasi maksimum klorofil-a secara vertikal di perairan menggunakan alat *conductivity, temperature, and depth* (CTD; alat pengukur kualitas air menurut kedalaman kolom air dan kedalaman danau) guna menentukan titik *sampling* yang dapat mewakili kolom perairan yang jumlah jenis fitoplanktonnya paling padat.

Sampel fitoplankton yang diambil pada kedalaman yang berbeda dilakukan dengan cara mengambil air menggunakan botol Van Dorn, Kemmerer, atau Niskin. Sampel fitoplankton diperoleh dengan mengambil air sebanyak 6 liter untuk yang miskin unsur hara (oligotrofik) serta 0,5–1 liter (l) untuk perairan kaya unsur hara dan air tidak disaring. Namun, disarankan sampel fitoplankton yang diperoleh dengan menyaring air adalah plankton net yang berukuran mata jaring 25–35 μm atau kurang dari 50 μm untuk fitoplankton ukuran nanoplankton (2–20 μm). Ukuran mata jaring ini digunakan untuk menghindari *clogging* atau tersumbatnya mata jaring oleh partikel-partikel dalam air sehingga air tidak bisa mengalir dan fitoplankton tidak tersaring bila menggunakan ukuran mata lebih kecil, misalnya 10 μm atau kurang dari 10 μm . Tipe jaring dan ukuran mata jaring menentukan efisiensi dalam menyaring partikel-partikel dalam air yang memiliki ukuran yang berbeda (Bellinger & Sigeo, 2010). Sampel mikroplankton dan makroplankton diperoleh dengan menyaring air menggunakan jaring (*plankton net*) berukuran 53–76 μm (Hötzel & Croome, 1999; Bellinger & Sigeo, 2010). Contoh sampel nanoplankton, selain dari jenis *Cyanophyta*, adalah jenis *Cryptophyta*, yakni *Cryptomonas* dan *Rhodomonas*. Mikroplankton memiliki ukuran lebih besar misalnya jenis dari *Dinoplageolata*, yakni *Ceratium* dan *Peridinium*, sedangkan makroplankton contohnya *Microcystis* dan *Anabaena*. Untuk memperoleh sampel fitoplankton yang dilakukan dengan cara menyaring air, diperlukan air yang

lebih banyak, biasanya 10–20 l untuk perairan miskin unsur hara (oligotrofik) dan 1–2 l untuk perairan kaya unsur hara (eutrofik).

Sampel fitoplankton yang tidak segera diidentifikasi atau disimpan lebih lama perlu diawetkan menggunakan larutan *lugol* dengan perbandingan 1:100 (Vollenweider, 1969). Larutan *lugol* dapat mengawetkan bentuk, struktur, dan warna sel fitoplankton.

2. Penentuan jenis dan perhitungan sel fitoplankton

Komposisi dan kepadatan jenis-jenis fitoplankton ditentukan melalui pengamatan secara mikroskopis. Untuk menghitung fitoplankton, sebaiknya digunakan sampel yang telah diawetkan dengan larutan *lugol*. Sebelum menentukan jenis dan kepadatan fitoplankton, diperlukan pemadatan cairan sampel dengan teknik pengendapan atau pemadatan sel fitoplankton. Pengenceran cairan sampel juga perlu dilakukan jika sel fitoplankton terlalu padat. Selanjutnya, penghitungan dilakukan dengan meletakkan sejumlah volume sampel ke dalam suatu wadah. Pada umumnya, yang sering digunakan adalah *Sedgewick Rafter slide*.

Pemadatan sel fitoplankton yang dilakukan melalui pengendapan cairan sampel umumnya menggunakan wadah dari gelas yang terdiri atas dua bagian utama, yakni bagian atas berbentuk kolom dengan volume 5–100 ml untuk mengendapkan sampel dan wadah bagian bawah sebagai tempat penampungan endapan sampel fitoplankton. Suspensi sampel fitoplankton selanjutnya dituang melalui bagian berbentuk kolom dan dibiarkan mengendap selama 24 jam (Bellinger & Sigeo, 2010). Kemudian, setelah sampel fitoplankton mengendap, wadah bagian atas yang berbentuk kolom dipindahkan, sementara wadah bagian bawah ditutup agar air tidak menguap. Jenis-jenis fitoplankton yang mengendap diidentifikasi menggunakan mikroskop *inverted* dengan mengambil sejumlah volume sampel dimasukkan ke *Sedgewick Rafter slide* (R-S). R-S memiliki bentuk segi empat dengan panjang 50 mm, lebar 20 mm, dan kedalaman 1 mm. Total

luasnya 1.000 mm² dan volumenya 1.000 mm³. R-S dilengkapi ukuran skala bergaris-garis dengan panjang 1 mm yang berjumlah 100 garis serta dilengkapi penutup yang tebal. Jenis-jenis fitoplankton yang berbentuk filamen dapat dihitung dengan mencatat jumlah individu, sedangkan penghitungan jenis-jenis berbentuk koloni dilakukan dengan mencari jumlah koloni. Hasil penghitungan sel atau individu fitoplankton memerlukan faktor koreksi dari jumlah volume sampel yang dipadatkan ataupun diencerkan. Contohnya, jika sampel awal fitoplankton yang diambil dari perairan 100 ml selanjutnya diendapkan dan volume diturunkan menjadi 10 ml, berarti faktor koreksinya adalah 10. Oleh karena itu, jika hasil penghitungan setelah dipadatkan jumlah fitoplanktonnya (C) adalah 500 sel, jumlah fitoplankton dari sampel yang sebenarnya adalah $C = 500/10$ atau 50 sel/ml.

Penghitungan sel fitoplankton menggunakan wadah *Sedgewick Rafter slide* (R-S) bergantung pada kepadatan sel fitoplankton. Cairan sampel yang padat akan sel fitoplankton disarankan menggunakan penghitungan per luasan bidang pengamatan, karena ada kemungkinan sel fitoplankton tidak terdistribusi secara merata atau random dalam wadah (S-R). Selanjutnya, untuk mendapatkan hasil perhitungan yang mewakili 80–90% sel yang terdapat dalam sampel, peneliti disarankan menghitung sel sebanyak 25 kali luasan bidang pengamatan (Hötzel & Croome, 1999; APHA, 2012). Jumlah sel dalam sampel yang dihitung dari suatu luasan bidang dinyatakan dalam ml dengan mengikuti rumus berikut ini (APHA, 2012):

$$C \text{ (sel/mL)} = \frac{N \times 1000 \text{ mm}^3}{A \times D \times F}$$

Keterangan:

C= Kelimpahan fitoplankton

N= Jumlah sel yang dihitung

A= Luas bidang pengamatan (mm^2)

D= Kedalaman bidang pengamatan *Sedgewick Rafter slide* (R-S) (mm).

F= Jumlah luas bidang pengamatan

Dalam perhitungan guna menentukan kelimpahan fitoplankton yang sampelnya diperoleh dengan menyaring air danau menggunakan jaring plankton, diperlukan faktor koreksi volume air yang disaring dan yang tersaring. Berikut ini formula perhitungan yang memasukkan faktor koreksi dari penyaringan sampel air dengan sejumlah volume tertentu (APHA, 1998):

$$N = n \times \frac{1}{V_d} \times \frac{V_t}{V_{cg}} \times \frac{O_t}{O_p}$$

Keterangan:

N= Kelimpahan fitoplankton (individu/l)

n = Jumlah total fitoplankton yang diamati

O_t = Luas gelas penutup *Sedgewick Rafter Cell* (SRC) (mm^2)

O_p = Luas observasi/pengamatan (mm^2)

V_t = Volume air yang tersaring (ml)

V_{cg} = Volume SRC (ml)

V_d = Volume air yang disaring (l)

B. Karakteristik Fitoplankton sebagai Penilai Status Trofik Perairan

Pada dasarnya, karakteristik fitoplankton yang umum digunakan untuk mengklasifikasikan status trofik perairan mencakup struktur dan fungsi fitoplankton. Karakteristik struktur fitoplankton meliputi biomassa, komposisi, dan indeks fitoplankton serta sifat kimia lingkungan habitat fitoplankton. Selanjutnya, karakteristik fungsi

fitoplankton adalah sifat metabolismenya, seperti laju fotosintesis, respirasi, dan kecepatan penyerapan unsur hara (Stevenson & Smol, 2003; Bellinger & Sigeo, 2010).

1. Biomassa fitoplankton

Biomassa fitoplankton dapat mencirikan status trofik perairan, yang dapat ditentukan melalui penilaian kandungan klorofil-a, kepadatan, atau biovolume sel fitoplankton. Sampel klorofil-a diperoleh dengan menyaring sejumlah volume air danau menggunakan kertas saring GF/C, dan selanjutnya diekstrak dalam pelarut organik, seperti aseton atau metanol. Kandungan klorofil-a diukur menggunakan spektrofotometer dan penghitungan serta analisisnya dapat merujuk pada APHA (1998). Biomassa fitoplankton memberikan karakteristik penting dalam menilai status trofik perairan, yakni dapat menggambarkan tingkat produktivitas dan kepadatan fitoplankton suatu perairan.

Klasifikasi status trofik perairan danau berdasarkan pada konsentrasi klorofil-a pada permukaan perairan sudah sering digunakan untuk menilai status perairan, yakni untuk klasifikasi perairan status ultra-oligotrofik, oligotrofik, mesotrofik, eutrofik, dan hipertrofik dengan konsentrasi masing-masing < 1 ; $1-2,5$; $2,5-8$; $8-25$ dan > 25 $\mu\text{g/L}$ (Bellinger & Sigeo, 2010). Di Indonesia, status hipertrofik, konsentrasi klorofil-a fitoplankton yang tinggi mencapai 40 sampai > 100 $\mu\text{g/L}$, seperti di Danau Maninjau di Sumatera Barat, ketika terjadi *blooming Microcystis* (Sulastri dkk., 2015). Karakteristik kondisi hipertrofik yang diindikasikan oleh tingginya biomassa fitoplankton juga memberikan karakteristik warna gumpalan hijau pekat dan hamparan seperti karpet di perairan (Gambar 4.1).





Sumber: Agus Hamdani (2011)

Gambar 4.1 Kondisi hipertrofik Danau Maninjau dengan gumpalan hijau pekat mengindikasikan tingginya biomassa fitoplankton.

2. Komposisi fitoplankton

Komposisi jenis-jenis fitoplankton memberikan karakteristik yang akurat untuk menilai integritas biologi kondisi suatu lingkungan perairan (Stoermer & Smol, 1999 dalam Stevenson & Smol, 2003). Jenis-jenis fitoplankton yang tumbuh pada periode kisaran waktu mingguan sampai tahunan dapat mencerminkan kondisi lingkungan pada periode tersebut. Walaupun komposisi fitoplankton di perairan danau secara temporal dan spasial bervariasi, karakteristik kondisi fisik dan kimiawi lingkungan perairan banyak yang dipengaruhi aktivitas antropogenik dapat mencerminkan komposisi fitoplankton yang tumbuh di lingkungan perairan tersebut (Stevenson & Smol, 2003). Misalnya, pada perairan dengan konsentrasi nutrisi rendah (oligotrofik), fitoplankton yang tumbuh didominasi oleh jenis yang mampu tumbuh toleran terhadap konsentrasi nutrisi rendah. Contoh umum hubungan karakteristik komposisi fitoplankton dengan karakteristik kualitas air (unsur hara, keasaman) dan status tropis dirumuskan oleh Wetzel (2001) dari Hutchinson (1967) (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Karakteristik Komposisi Fitoplankton Dihubungkan dengan Kualitas Air dan Tingkat Kesuburan atau Status Trofik Perairan.

Status trofik danau	Karakteristik kualitas air danau	Jenis dominan	Jenis lainnya yang umum dijumpai
Oligotrofik	Sedikit asam	Kelompok desmid: <i>Staurodesmus</i> , <i>Staurastrum</i>	<i>Sphaerocystis</i> , <i>Gleocystis</i> <i>Rhizosolenia</i> , <i>Tabellaria</i> .
Oligotrofik	Netral sampai sedikit alkali dan miskin unsur hara	Kelompok diatom: <i>Cyclotella</i> , <i>Tabellaria</i>	<i>Asteronella</i> spp., <i>Melosira</i> spp., <i>Dinobryon</i> .
Oligotrofik	Netral sampai sedikit alkali, miskin hara atau sedikit lebih produktif	Chrysophyta, terutama <i>Dinobryon</i> dan beberapa jenis dari <i>Mallomonas</i> . Atau Chlorophyta: <i>Oocystis</i> atau <i>Botryococcus</i>	Jenis-jenis Chrysophyta lain, seperti <i>Synura</i> dan <i>Uroglena</i> , atau jenis diatom oligotrofik.
Mesotrofik atau eutrofik	Netral dan sedikit alkali atau basa, sepanjang tahun atau pada musim tertentu kondisinya eutrofik	Dinoflagelata, beberapa jenis <i>Peridinium</i> dan <i>Ceratium</i>	<i>Glenodinium</i> dan beberapa jenis fitoplankton lainnya.
Eutrofik	Umumnya kondisi danau alkali, kaya unsur hara.	Diatom melimpah sepanjang tahun seperti: <i>Asteronella</i> spp., <i>Fragillaria crotonensis</i> , <i>Synedra</i> , <i>Stephanodiscus</i> , <i>Melosira granulata</i> .	Jenis-jenis alga hijau atau Chlorophyta atau alga biru hijau (Cyanophyta) serta jenis-jenis dari desmid jika kandungan bahan organik terlarutnya tinggi.

Status trofik danau	Karakteristik kualitas air danau	Jenis dominan	Jenis lainnya yang umum dijumpai
Eutrofik	Umumnya kondisi perairan alkali dan kaya unsur hara sepanjang tahun	Cyanophyta: <i>Microcystis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Anabaena</i> .	Beberapa jenis dari Cyanophyta dan Euglenophyta jika perairan kaya atau tercemar bahan organik.

Sumber: Wetzel (2001)

3. Indeks fitoplankton

Klasifikasi status trofik perairan danau berdasarkan pada indeks fitoplankton telah lama dilakukan, misalnya indeks fitoplankton yang dikembangkan Thunmark (1945) dan Nygaard (1949). Thunmark (1945) mengembangkan indeks berdasarkan pada kelompok takson yang disebut *Chlorophycean index* guna menggambarkan status oligotrofik dan eutrofik. Indeks ini menghitung perbandingan antara jenis dari ordo Chlorococcales dan Desmidiiales dengan batasan nilai untuk oligotrofik <1 dan eutrofik >1 . Selanjutnya, Nygaard (1949) menggunakan beberapa indeks trofik dari kelompok takson fitoplankton untuk menggambarkan status oligotrofik dan eutrofik (Tabel 4.2). Heinonen (1980) mengembangkan indeks trofik perairan berdasarkan pada perbandingan jumlah dengan biovolume spesies indikator. Di perairan oligotrofik, batasan perbandingan spesies perairan eutrofik dan spesies oligotrofik adalah <8 , sedangkan pada perairan oligotrofik, perbandingan jumlah volume spesies indikator perairan eutrofik dan oligotrofik adalah <35 .

Indeks tersebut memberikan informasi yang berguna, tetapi belum bisa diterapkan secara luas karena beberapa alasan, seperti adanya konsep kelompok fungsional fitoplankton yang dikelompokkan berdasarkan pada kombinasi sifat fisika, kimia, dan biologi perairan (Reynold dkk., 2002), serta dinamika karakteristik kelompok

fitoplankton, keragaman habitat ekosistem perairan, dan perbedaan fitoplankton secara geografi (*phycogeographical*) (Padisák dkk., 2006). Oleh karena itu, selanjutnya dikembangkan indeks fitoplankton yang penghitungannya dilakukan berdasarkan pada kelompok fungsional (*Q index*) (Padisák dkk., 2006). *Q index* dikembangkan untuk menilai status ekologi yang nilainya juga dapat menggambarkan status trofik perairan. *Q index* menghitung sumbangan relatif biomassa kelompok fungsional fitoplankton (pi), dengan $pi = ni/N$ dan ni adalah biomassa spesies i dari suatu kelompok fungsional fitoplankton, sedangkan N adalah total biomassa dari semua spesies kelompok fungsional. Selanjutnya, nilai pi dikalikan dengan faktor F (Tabel 4.2.3.1). Faktor F adalah nilai dari tiap spesies dari kelompok fungsional fitoplankton yang telah ditentukan berdasarkan pada tipe perairan. *Q index* memiliki nilai kisaran 1–5, yang diklasifikasikan menjadi tingkat status buruk (0–1), dapat ditoleransi (1–2), status sedang (2–3), status baik (3–4), dan status sangat baik (4–5).

Tabel 4.2 Penentuan Indeks Status Trofik Menggunakan Fitoplankton

Indeks	Perhitungan	Kriteria dan nilai indeks	Sumber
Indeks Chlorophycean	Chlorococcaceae/ Desmidiaceae	<1= oligotrofik >1 = eutrofik	Thunmurk (1945)
Indeks Cyanophycean	Cyanophyceae/ Desmidiaceae	<1= oligotrofik >1 = eutrofik	Nygaard (1949)
Indeks Diatom	<i>Centric diatom/Pennate diatom</i>	<1 = oligotrofik 1-3 = mesotrofik >3 = eutrofik	Nygaard (1949)
Indeks Euglenophycean	Euglenophyceae/ Cyanophyceae + Chlorophyceae		Nygaard (1949)
Indeks Compound	Cyanophyceae + Chlorophyceae + <i>Centric diatom</i> + Euglenophyceae/ Desmidiaceae	<1: oligotrofik 1–3: eutrofik	Nygaard (1949)



Indeks	Perhitungan	Kriteria dan nilai indeks	Sumber
Jumlah spesies indikator	Eutrofik spp/ oligotrofik spp	< 8: oligotrofik	Heinonen (1980)
Volume spesies indikator	Eutrofik spp/ pligotrofik spp	<35: oligotrofik	
Indeks status ekologis	n $Q = \sum_{i=1} piF$	0-1: buruk 1-2: dapat ditoleransi 2-3: sedang 3-4: baik 4-5: sangat baik	Padisák dkk., 2006

4. Kondisi kimia lingkungan habitat fitoplankton

Unsur hara nitrogen dan fosfor sering diidentifikasi sebagai faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton (Vollenweider, 1968). Oleh karena itu, unsur hara total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) telah digunakan secara luas untuk menilai status kesuburan atau produktivitas fitoplankton. Respons biologi terhadap masukan unsur hara TN dan TP ke dalam perairan danau dapat dihubungkan dengan tingkat konsentrasi biomassa fitoplankton (klorofil-a) (Wetzel, 2001). Hubungan masukan unsur hara TN dan TP serta kandungan klorofil-a dapat digunakan secara praktis dalam mengevaluasi tingkat kesuburan perairan.

Berdasarkan pada data yang diterbitkan Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) pada 1982 (Rast & Ryding, 1989), klasifikasi status trofik perairan danau berdasarkan pada konsentrasi TN, TP, klorofil-a, dan kecerahan perairan dapat dilihat di Tabel. 4.3.

Nilai efek hubungan masukan unsur hara ke perairan dengan produktivitas perairan dapat dikuantifikasi dan disebut sebagai indeks status trofik (*status trophic index*/TSI). TSI dikembangkan oleh Carlson (1977), yang formulanya menggabungkan tiga variabel,

yakni total fosfor, klorofil-a, dan kecerahan perairan. Kecerahan perairan ditentukan melalui pengukuran kedalaman cakram Secchi (*Secchi disk*). Formula perhitungan untuk TSI *Secchi disk*, total fosfor, dan klorofil-a adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Klasifikasi Status Trofik Perairan Danau berdasarkan pada Konsentrasi TN, TP, Klorofil-a, dan Kecerahan Perairan.

Parameter (nilai rata-rata tahunan)	Oligotrofik	Mesotrofik	Eutrofik	Hipereutrofik
Total fosfor (µg/L)				
Rata-rata	8,0	26,7	84,4	
Kisaran	3,0–17,7	10,9–95,06	16–386	750–1.200
Total nitrogen (µg/L)				
Rata-rata	661	753	1875	
Kisaran	307–1630	361–1387	393–6100	
Klorofil-a (µg/L)				
Rata-rata	1,7	4,7	14,4	
Kisaran	0,3–4,5	3–11	3–78	100–150
Kecerahan (m)				
Rata-rata	9,9	4,2	2,45	
Kisaran	5,4–28,3	1,5–8,1	0,8–7,0	0,4–0,5

$$\text{Secchi Disk: TSI (SD)} = 60 - 14,41 \ln (\text{SD})$$

$$\text{Klorofil-a: TSI (CHL)} = 9,81 \ln (\text{CHL}) + 30,6$$

$$\text{Total fosfor: TSI (TP)} = 14,42 \ln (\text{TP}) + 4,15$$

Selanjutnya, tingkat status trofik dikelompokkan berdasarkan pada kisaran nilai TSI, yakni status oligotrofik berkisar 30–40, mesotrofik 40–50, dan lebih dari 50 statusnya didefinisikan sebagai eutrofik. Hubungan antar nilai TSI ini dapat dianalisis lebih lanjut untuk menginterpretasikan kondisi perairan danau (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Hubungan antara TSI dan Interpretasi Tipe Kondisi Perairan.

Hubungan TSI	Interpretasi kondisi perairan
$TSI (CHL) = TSI (SD)$	Fitoplankton lebih menentukan kondisi intensitas cahaya.
$TSI (CHL) > TSI (SD)$	Partikel besar dari jenis-jenis fitoplankton mendominasi perairan
$TSI (TP) = TSI (SD) > TSI (CHL)$	Partikel-partikel bukan fitoplankton mendominasi dan menentukan kondisi intensitas cahaya.
$TSI (SD) = TSI (CHL) > TSI (TP)$	Unsur hara fosfor sebagai faktor pembatas biomassa fitoplankton
$TSI (TP) > TSI (CHL) = TSI (SD)$	Terdapat faktor lain yang membatasi biomassa fitoplankton, misalnya pemanfaatan oleh zooplankton atau faktor lain dari unsur hara fosfor.

Sumber: Carlson & Simpson (1996)

C. Status Trofik dan Karakteristik Fitoplankton Danau-Danau di Pulau Jawa

Nilai indeks status trofik yang ditentukan menggunakan formula (Carlson, 2007) menunjukkan danau-danau di Jawa umumnya mengalami penyuburan atau statusnya eutrofik (Tabel 4.5). Pada umumnya, nilai indeks status trofik perairan danau sejalan dengan nilai biomassa fitoplankton atau kandungan klorofil-a, yakni kondisi eutrofik juga ditunjukkan oleh konsentrasi klorofil-a yang tinggi dan indeks status trofik yang tinggi, sementara status mesotrofik dan oligotrofik juga ditunjukkan oleh konsentrasi klorofil-a yang rendah serta indeks status trofik yang rendah.

Ranu Pakis, Ranu Grati, dan Ranu Pane menunjukkan kondisi yang berbeda, yakni indeks status trofik yang tinggi tidak diikuti oleh konsentrasi klorofil yang tinggi. Kondisi ini bisa terjadi ada kemungkinan karena adanya faktor yang membatasi biomassa fitoplankton, misalnya pemanfaatan oleh zooplankton serta faktor unsur

hara selain fosfor (Carlson & Simpson, 1996). Kemungkinan lain adalah perhitungan indeks status trofik ditentukan dengan mengacu pada hasil rumusan yang dikembangkan di wilayah *temperate*, seperti yang dikembangkan Carlson & Simpson (1996). Oleh sebab itu, untuk wilayah tropis seperti Indonesia, kriteria dan nilai indeks status trofiknya bisa saja berbeda, sehingga kriteria dan batasan nilai indeks status trofik untuk wilayah tropis perlu dikembangkan tersendiri agar dapat digunakan sebagai acuan penilaian status trofik di wilayah ini.

Tabel 4.5 Status Trofik dan Karakteristik Fitoplankton Danau-Danau di Jawa

Nama Danau	Status Trofik	Karakteristik Fitoplankton		
		Konsentrasi klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	Jenis dominan	Jenis-jenis yang sering ditemukan
Ranu Pakis	eutrofik	Rata-rata: 2,31 Kisaran: 1,29–2,52	Diatom: <i>Synedra ulna</i> , <i>Synedra</i> sp.,	Alga hijau: <i>Oocystis</i> spp., <i>Scenedesmus bijuga</i> Diatom: <i>Navicula</i> spp.)
Ranu Grati	eutrofik	Rata-rata: 2,08 Kisaran: 1,20–2,21	Diatom: <i>Synedra ulna</i> , <i>Diatoma elongatum</i>	Alga hijau: <i>Coelastrum</i> sp.; Desmid: <i>Staurastrum anatinoides</i>
Ranu Pane	eutrofik	Rata-rata: 3,37 Kisaran: 1,84–7,17	Alga hijau: <i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>Scenedesmus bijuga</i>); Alga biru hijau: <i>oscillatoria tenuis</i>	Diatom: <i>Synedra ulna</i> , <i>Navicula</i> sp.; Alga hijau: <i>Tetraedron minimum</i>



Nama Danau	Status Trofik	Karakteristik Fitoplankton		
		Konsentrasi klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	Jenis dominan	Jenis-jenis yang sering ditemukan
Ranu Regulo	meso-trofik	Rata-rata: 0,436 Kisaran: -	Desmid: <i>Staurastrum perundulatum</i>	Dinoflagelata: <i>Peridinium</i> sp.
Telaga Menjer	eutrofik	Rata-rata: 9,738 Kisaran: 5,59–19,15	Diatom: <i>Synedra ulna</i> , <i>Aulacoseira</i> sp.; Dinoflagelata: <i>Peridinium cinctum</i>	Dinoflagelata: <i>Ceratium hirundinella</i> ; Alga biru hijau: <i>Microcystis aeruginosa</i>
Telaga Pen-gilon	eutrofik	Rata-rata: 21,25 Kisaran: 12,55–26,05	Alga hijau: <i>Scenedesmus bijuga</i> ; Alga biru hijau: <i>Pseudo-anabaena</i> sp.	Alga hijau: <i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>Peridinium</i> ; Diatom: <i>Achnanthes</i>
Telaga Dringo	meso-trofik	Rata-rata: 2,848 Kisaran:	Diatom: <i>Cymbella</i> sp., <i>Fragilaria</i> sp.	Desmid: <i>Staurastrum saltan</i> , <i>Staurastrum</i> sp.
Rawa Pening	eutrofik	Rata-rata: 17,26 Kisaran: 9,98–25,42	Diatom: <i>Aulacoseira</i> sp.; Dinoflagelata: <i>Peridinium cinctum</i> .	Diatom: <i>Synedra ulna</i> ; Alga biru hijau: <i>Microcystis</i> .
Telaga Remis	eutrofik meso-trofik	Rata-rata: 3,309 Kisaran: 1,28–6,4	Diatom: <i>Diatoma elongatum</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Synedra</i> sp.	Alga hijau: <i>Scenedesmus bijuga</i>
Telaga Nilem	oligotrofik	Rata-rata: 0,038 Kisaran: 0,002–0,069	Diatom: <i>Surirella tenera</i>	Diatom: <i>Achnanthes linearis</i> , <i>Fragilaria</i> spp.

Nama Danau	Status Trofik	Karakteristik Fitoplankton		
		Konsentrasi klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	Jenis dominan	Jenis-jenis yang sering ditemukan
Situ Cisanti	eutrofik	Rata-rata: 17,81 Kisaran: 1,23–23,2	Diatom: <i>Amphora ovalis</i> , <i>Cymbella</i> sp, <i>Synedra ulna</i>	Diatom: <i>Fragilaria</i> sp. <i>Euglenophyta</i> <i>Trachelomonas hispida</i> .
Situ Gunung	eutrofik	Rata-rata: 20,03 Kisaran: 9,52–37,99	Alga hijau: <i>Ankistrodesmus falcatus</i> , <i>Ankistrodesmus spiralis</i>	Alga hijau: <i>Staurastrum</i> spp. Diatom: <i>Aulacoseira</i> Sp.
Situ Lengkong	eutrofik	Rata-rata: 45,95 Kisaran: 37,04–51,17	Alga hijau: <i>Monoraphidium</i> sp., Alga biru hijau: <i>Aphanizomenon</i> sp.	Desmid: <i>Staurastrum</i> spp.; Alga biru hijau: <i>Microcystis aeruginosa</i>
Situ Gede	eutrofik	Rata-rata: 9,46 Kisaran: 6,45–14,17	Alga biru hijau: <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> .	Dinoflagelata: <i>Peridinium</i> sp.; Diatom: <i>Synedra ulna</i> ; Desmid: <i>Cosmarium</i> sp.
Situ Cangkuang	eutrofik	Rata-rata: 13,72 Kisaran: 4,48–29,26	Diatom: <i>Cymbella</i> sp., <i>Diatoma elongatum</i>	Diatom: <i>Synedra</i> spp., <i>Fragilaria</i> spp.

Nama Danau	Status Trofik	Karakteristik Fitoplankton		
		Konsentrasi klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	Jenis dominan	Jenis-jenis yang sering ditemukan
Situ Cileunca	eutrofik	Rata-rata: 29,4 Kisaran: 11,14–44,01	Desmid: <i>Staurastrum gutwinskii</i> , <i>Staurastrum</i> sp.; Alga biru hijau: <i>Oscillatoria</i> sp., <i>Microcystis</i> ; Dinoflagelata: <i>Peridinium cinctum</i> , <i>Ceratium hirundinella</i>	Desmid: <i>Cosmarium</i> spp.; Alga hijau: <i>Scenedesmus</i> sp.; Euglenophyta: <i>Trachelomonas</i> sp.
Situ Patenggang	eutrofik	Rata-rata: 15,89 Kisaran: 9,60–21,77	Alga biru hijau: <i>Oscillatoria</i> sp.; Dinoflagelata: <i>Peridinium cinctum</i>	Alga biru hijau: <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Staurastrum</i> spp.; Euglenophyta: <i>Phacus</i> sp., <i>Trachelomonas</i> spp.
Situ Lembang	mesotrofik	Rata-rata: 8,84 Kisaran: 7,04–10,86	<i>Staurastrum</i> spp.	Alga hijau: <i>Coelastrum</i> sp., <i>Ankistrodesmus falcatus</i> ; Desmid: <i>Cosmarium</i> spp.; Diatom: <i>Synedra ulna</i> .



Bab 5

Peran Fitoplankton dalam Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumber Daya Perairan Danau

Fitoplankton merupakan organisme yang memiliki peran penting dalam ekosistem perairan, yakni menempati komponen dasar dalam jaring-jaring makanan dan berperan dalam proses transfer energi pada tingkat trofik yang lebih tinggi. Oleh sebab itu, fitoplankton merupakan parameter penting dalam mengukur tingkat produktivitas perairan danau. Pertumbuhan dan suksesi fitoplankton sangat dipengaruhi faktor-faktor fisik dan kimiawi, seperti suhu, intensitas cahaya, dan unsur hara. Telah diketahui bahwa unsur hara merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton. Oleh karena itu, apabila masukan unsur dari wilayah tangkapan air atau dari luar sistem danau tinggi, unsur hara tersebut mendorong pertumbuhan fitoplankton dan penyuburan perairan atau eutrofikasi.

Efek penyuburan perairan danau adalah berlimpahnya tumbuhan air atau fitoplankton dan, pada tahap mencapai *blooming*, dapat menurunkan kecerahan perairan, kematian ikan secara massal, serta penurunan kualitas air atau penurunan oksigen terlarut.

Danau-danau di Jawa merupakan sumber daya perairan yang vital untuk mendukung keberlanjutan kehidupan masyarakat wilayah ini, yang populasinya paling padat di Indonesia. Makin tinggi populasi penduduk suatu wilayah, makin meningkat kebutuhan penggunaan jasa lingkungan dari suatu sumber daya alam seperti danau guna memenuhi kebutuhan sumber daya air, permukiman, pangan, dan energi. Tingginya tingkat pemanfaatan sumber daya perairan danau sering diikuti oleh munculnya berbagai masalah, seperti pencemaran, pendangkalan, dan penyuburan suatu perairan. Di samping itu, berkembangnya aktivitas ekonomi masyarakat dan faktor-faktor lain meningkatkan unsur hara yang mengalir ke perairan sungai dan danau. Tingginya masukan unsur hara ke dalam perairan danau mendorong terjadinya eutrofikasi dan *blooming* fitoplankton. Oleh karena itu, fitoplankton sebagai bioindikator perairan yang memiliki respons terhadap dampak pengayaan unsur hara dari aktivitas kehidupan manusia dapat digunakan untuk menentukan seberapa jauh gangguan dan perubahan ekosistem perairan danau dari aktivitas antropogenik. Dengan demikian, fitoplankton menjadi salah satu sarana dalam pengelolaan perairan danau melalui *monitoring* komposisi jenis, kelimpahan, dan biomassa fitoplankton, serta indeks status trofik.

Kejadian *blooming* fitoplankton sudah berlangsung di Indonesia, seperti di perairan waduk serta danau di Jawa dan Sumatera. Penelitian menunjukkan bahwa jenis fitoplankton yang berlimpah pada kondisi *blooming* di suatu perairan sebagian besar adalah dari jenis yang mengeluarkan zat beracun, seperti *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, dan *Aphanizomenon*. Melimpahnya jenis fitoplankton ini dapat mengganggu kesehatan manusia atau fauna perairan, seperti



ikan. Oleh sebab itu, kesehatan danau sebagai penyedia air bersih, pemroduksi pangan dan energi, serta sarana wisata perlu dijaga.

Melalui pengetahuan fitoplankton, kita dapat mengevaluasi kondisi status lingkungan perairan danau dan memecahkan masalah-masalah lingkungan yang terjadi di perairan danau tersebut. Misalnya, terjadinya perubahan warna air, adanya bau kurang sedap, dan kematian ikan secara massal di perairan danau bisa disebabkan oleh adanya *blooming* jenis fitoplankton tertentu. Melalui pengetahuan mengenai fitoplankton, kita dapat menentukan kebijakan pemanfaatan sumber daya air danau. Pengetahuan fitoplankton dapat memberi informasi tentang mutu kualitas air dan menjadi landasan dalam mengambil kebijakan dalam menentukan pemanfaatannya sesuai dengan peruntukan. Pemanfaatan sumber daya air danau harus memenuhi persyaratan sebagai bahan baku air bersih serta sesuai untuk kegiatan perikanan tangkap dan wisata. Adapun sebagai sarana pembangkit tenaga listrik dapat ditentukan berdasarkan pada status trofik dan kepadatan atau biomassa serta jenis-jenis fitoplankton.

Oleh karena itu, dalam menginterpretasikan status lingkungan perairan danau, diperlukan para ilmuwan yang memiliki keterampilan dan pengetahuan di bidang fitoplankton guna membantu pihak pengelola perairan danau dalam mengatasi permasalahan dan mengambil kebijakan pengelolaannya. Buku ini disusun guna membantu pendidikan dalam mempelajari pengetahuan di bidang fitoplankton dan habitatnya.



Daftar Pustaka

- Angermeier, P. L., & Karr, J. R. (1994). Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience*, 44, 690–697.
- APHA. (1998). *Standard method for the examination of water and waste water*, 17th. Edition. Washington D.C.: APHA.
- APHA. (2012). *Standard method for the examination of water and waste water*, 22th Edition. Washington D.C.: APHA.
- Bappeda Jawa Barat. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Daerah Tingkat I Jawa Barat. (1986). *Inventarisasi Data Situ-situ di Wilayah Botabek*, 94. Bandung.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah. (2016). *Provinsi Jawa Tengah Dalam Angka*. Semarang: BPS Jawa Tengah.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. (2017). *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka*. Surabaya: BPS Jawa Timur
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat. (2017). *Provinsi Jawa Barat Dalam Angka*. Bandung: BPS Jawa Barat
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2010). *Freshwater algae: Identification and use as bioindicator*. New Jersey: Wiley-Blackwell.
- Baker & Fabro. (1999). *A Guide to the identification of common Blue-green Algae (Cyanoprokaryotes) in Australia*. Albury, N.S.W: Cooperative R.C. for Freshwater Ecology.
- Bartram, J., & Ballance, R. (1996). *Water quality monitoring*. London: UNEP, E & FN Spon.

- Carlson. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22(2), 361–369.
- Carlson & Simpson. (1996). *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*. Wisconsin: North American Lake Management Society.
- Carty. (2003). Dinoflagellata. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 685–710. California: Academic Press.
- Dokulil, M. T., & Teubner, K. (2011). Eutrophication and climate change: Present situation and future scenarios. Dalam Ansari dkk. (Ed.), *Eutrophication: Causes, consequence, and control*, 1–6. Berlin: Springer Science Business Media B.V.
- Elliot & Sorrel. (2002). *Lake manager's handbook, land-water interaction*. Wellington, New Zealand: Ministry for Environment.
- Gell, P. A., Sonneman, J. A., Reid, M.A., Illman, M.A., & Sincock, A.J. (1999). *An illustrated key to common diatom genera from Southern Australia*. Canberra: Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology Australia.
- Gergel, S.E., Turner M.G., & Kratz, Y.K. (1999). Dissolved organic carbon as an indicator of the scale of watershed influence on lakes and river. *Ecological Application*, 9, 1377–1390.
- Gerrath. (2003). Conjugating green algae. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 353–379. California: Academic Press.
- Harris, G. P. (1986). *Phytoplankton ecology: Structure, function and fluctuation*. New York: Springer.
- Heinonen, P. (1980). *Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland water*. Publication of the Water Research Institute no. 37. Helsinki: National Board of Water.
- Hötzel, G., & Croome, R. (1999). *A phytoplankton methods manual for Australian freshwaters*. Land and Water Resources Research and Development Corporation. Paper 22/99.
- Hutchinson, G. E. (1967). *A treatise on limnology Vol 1*. New York: Wiley and Sons, Inc.

- Jindal, R., Thakur, R. K., Singh, U. B., & Ahluwalia, A. S. (2014). Phytoplankton dynamics and water quality of Prashar Lake, Himachal Pradesh, India. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, (3–4), 101–113.
- John, D. M. (2003). Filamentous and plantlike Green Algae. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 311–349. California: Academic Press.
- Kingston, J. C. (2003). Araphid and Monoraphid diatoms. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 595–636. California: Academic Press.
- Kociolek, S. A., & Spaulding, J. P. (2003). Symmetrical Naviculoid diatoms. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 637–653. California: Academic Press.
- Komarák, J. (2003). Cocoid and colonial Cyanobacteria. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 59–110. California: Academic Press.
- Komarák, J., Kling, H., & Komárková, J. (2003). Filamentous Cyanobacteria. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 117–191. California: Academic Press.
- Knoll, L. B., Vanni, M. J., & Renwick, W. H. (2003). Phytoplankton primary production and photosynthetic parameters in reservoir along a gradient of watershed land-use. *Limnology and Oceanography*, 48, 608–617.
- Krieger, W. (1933). Die Desmidiaceen der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition. Dalam H.J. Feuerborn, F. Ruttner und A. Thieman: Limnologischen Forschungsreise Java, Sumatra und Bali, 1928 und 1929, *Archiv Für Hydrobiologie*, Supplement Band XI.
- Lowe, R. L. (2003). Keeled and canalled Raphid diatom. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 669–684. California: Academic Press.
- Mankiewicz, J., Tarczynska, M., Walter, Z., Zalewski, M. (2003). Natural toxins from Cyanobacteria. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 45(2), 9–20.

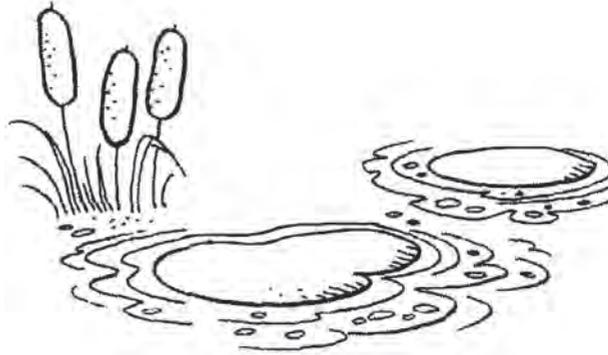
- Nontji. (1994). The status of limnology in Indonesia. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 24, 12–13.
- Nygaard, G. (1949). Hydrological studies on some Danish Ponds and lakes: II. The quotient hypothesis and some little known or new phytoplankton organisms. *Kunlige Danske Vidensk*, 7, 1–242.
- Ochocka, A., & Pasztaleniec, A. (2016). Sensitivity of plankton indices to lake trophic conditions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 622. DOI 10.1007/s10661-016-5634-3
- Pęczyła, W. (2013). Phytoplankton diversity related to habitat heterogeneity of small and shallow humic Lake Płotycze (Eastern Poland). *Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN*, 10, 291–305.
- Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I., & Soróczyki-Pintér, E. (2006). Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the water framework directive: The assemblage index. *Hydrobiologia*, 553, 1–14.
- Padisák, J., Crossetti, L. O., Naselli-Flores, L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: A critical review with updates. *Hydrobiologia*, 621, 1–19.
- Pasztaleniec, A. (2016). An advanced phytoplankton trophic index: Test and validation with a nationwide lake survey in Poland. *International Review of Hydrobiology*, 101, 20–35. DOI 10.1002/iroh.201501799.
- Prescott, G.W. (1951). *Algae of the Western Great Lakes area*. Iowa: W. C. Brown Co.
- Ryding, S., & Rast, W. (1989). *The control of eutrophication of lakes and reservoirs*. Man and The Biosphere Series. Vol. 1. Tennessee: Parthenon.
- Reynold. (1984). *The Ecology of freshwater phytoplankton*. London: Cambridge University.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., & Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24, 417–428.
- Rolland, A., Bird, D. F., Giani, A. (2005). Seasonal change in composition of the cyanobacterial community on the occurrence of hepatotoxic blooms in the Eastern Township, Quibec Canada. *Journal of Plankton Research*, 27(2), 683 – 694.



- Rosowski, J. (2003). Photosynthetic Euglenoids. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 383–519. California: Academic Press.
- Sachlan, M., (1982). *Planktonologi*. Semarang: Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro.
- Schwoerbel. (1970). *Methods of hydrology: Freshwater biology*. Oxford: Pergamon Press.
- Scott, A. M., & Prescott, G. W. (1961). Indonesian Desmid. *Hydrobiologia*, 17(1–2), 1–132.
- Stevenson, R. J., & Smol, J. P. (2003). Use of Algae in Environmental Assessments. Dalam John Wehr & Robert Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 775 – 804. California: Academic Press.
- Shubert. (2003). Non motile coccoid and colonial green algae. Dalam John D. Wehr & Robert G. Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*, 253–416. California: Academic Press.
- Sulastrri, Harsono, E., Suryono, T., & Ridwansyah, I. (2008). Relationship of Land Use, Water Quality and Phytoplankton Community of Some Small Lakes in West Java, *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 34(2), 307–332.
- Sulastrri. (2009). Karakteristik Komunitas Fitoplankton dan Faktor Lingkungan Danau-Danau Kecil di Pulau Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 15(2), v–xviii.
- Sulastrri, Suryono, T., Sudarso, Y., & Rosidah. (2009). Karakteristik fisik kimiawi limnologi danau-danau kecil di Pulau Jawa. *Limnotek*, 16(1), 10–21.
- Sulastrri, Suryono, T., Sudarso, Y., & Nomosatriyo, S. (2010). Pengembangan kriteria status ekologis danau-danau kecil di Jawa. *Limnotek*, 17(1), 58–70.
- Sulastrri, Takamura, N., & Yuniarti, I. (2012). Phytoplankton of Rawa Pening Lake and Gajah Mungkur Reservoir of Central Java. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI*, 598–610. Cibinong: P2 Limnologi-LIPI.

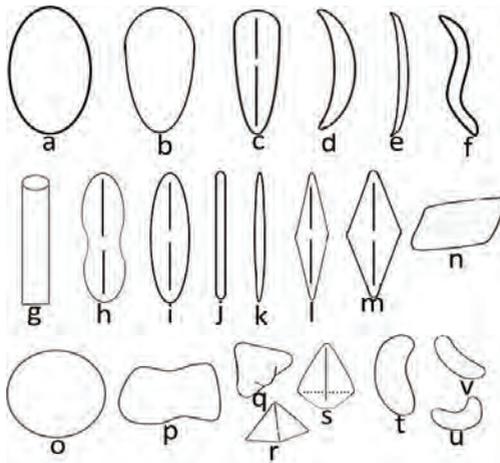
- Sulastri, Sulawesty, F., & Nomosatriyo, S. (2015). Long term monitoring of water quality and phytoplankton changes in Lake Maninjau, West Sumatra, Indonesia. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 1(3), 23–38.
- Sulastri, Henny, C., & Handoko, U. (2016). Environmental condition and trophic status of Lake Rawa Pening in Central Java. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 1(3), 23–38.
- Soeprbowati, T. R., Hadisusanto, S., Gell, P., and Zawadski, A. (2012). The diatom stratigraphy of Rawa Pening Lake, implying eutrophication history. *American Journal of Environmental Sciences*, 8(3), 334–344.
- Thunmark. (1945). Zur Soziologie des süsswassersplankton: Eine methodologisch-okologische Studie. *Folia Limnologica Scandinavia*, 3, 1–66.
- Uchida. (1997). *The study on the characteristic of island water body in Indonesia: Investigation for realitical technology of tropical area*. Cibinong: P2 Limnologi LIPI dan Japan International Cooperation Agency.
- Vollenweider. (1969). *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. IBP Handbook No. 12, International Biological Programme. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Vollenweider. (1968). Scientific fundamental of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as a factor in eutrophication. OECD Rep.DAS/CSC/68.27. Paris: Organisation for Co-operation dan Development.
- Van Vuuren, S.J., Taylor, J., van Ginkel, C., & Gerber, A. (2006). *Easy identification for the most common of freshwater algae: A guide for identification of algae in South African freshwater*. PotchefstroomNorth-West University: North-West University.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystem*. New York, London: Academic Press.
- Wehr, J.D., & Sheath, R.G. (Eds.) (2003). *Freshwater algae of North America: Ecology and dassification*. California: Academic Press.



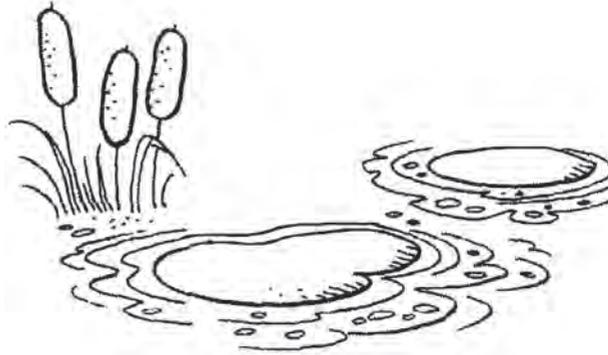


Lampiran

Beberapa bentuk morfologi untuk mengenali jenis-jenis fitoplankton



Lampiran 1. Istilah bentuk morfologi sel. a: *ovate*; b: *ovoid*; C: *clavate*; d: *crecentic*; e: *arquate*; f: *sigmoid*; g: *Cyndrical*; h: *panduriform*; i: eliptik; j: linier; l: *lanceolate*; m: *rhombic*; n: *rhomboid*; o: *sircular*; p: *discoid*; q, r, s: *pyramidal*; t, u, v: *retiform* (Digambar ulang dari modifikasi Gell dkk., 1969; dan Prescott, 1951. Ilustrasi gambar oleh Saepul.).



Glosarium

Akinet adalah spora yang sudah istirahat, memiliki dinding sel yang tebal yang terbentuk dari pembelahan sel dan biasanya berukuran lebih besar daripada sel yang masih tumbuh.

Alga adalah kelompok organisme berbentuk sel tunggal atau koloni, memiliki pigmen klorofil-a untuk berfotosintesis dan memproduksi oksigen.

Anterior adalah bagian ujung depan dari sel yang melakukan pergerakan.

Antropogenik adalah kata sifat yang menggambarkan perubahan-perubahan kondisi alam yang diakibatkan oleh aktivitas manusia.

Apical axis adalah *axis* penghubung antar-ujung sel pada diatom.

Araphid adalah diatom tanpa sistem *raphe* pada *valve*.

Axial area adalah bagian yang bersih atau tidak memiliki ciri morfologi tertentu pada dinding sel diatom, memanjang di sepanjang *apical axis*.

Bioindikator adalah jenis atau kelompok organisme tertentu yang memiliki karakteristik kondisi lingkungan atau sifat fisika-kimia tertentu, misalnya pH, tingkat unsur hara, dan tingkat stabilitas kolom air.

Biomassa adalah massa dari individu atau sekumpulan organisme yang dinyatakan dalam bobot kering.

Blooming adalah kepadatan dari suatu populasi fitoplankton yang memberikan warna yang jelas pada perairan, misalnya hijau pekat, dan bisa membentuk hamparan seperti karpet pada permukaan perairan.

Biovolume adalah volume dari satu individual sel atau populasi fitoplankton yang dinyatakan dalam unit volume satu individu atau populasi per unit volume air.

Centric adalah diatom yang berbentuk lingkaran yang simetris dilihat dari pandangan *valve*.

Cocoid adalah bentuk sel yang membulat atau seperti bentuk bola.

Costae adalah semacam garis yang menebal dan memanjang pada *valve*.

Chrysophyta adalah filum *Chrysophyta* atau disebut kelompok fitoplankton kuning keemasan.

Dorsal adalah bagian atas yang permukaannya lebih cembung atau lawan dari bagian bawah atau ventral, yaitu bagian morfologi diatom pada *Cymbella*.

Ekosistem adalah suatu tatanan kesatuan secara utuh serta menyeluruh di antara unsur lingkungan hidup yang saling memengaruhi.

Epilimnion adalah kolom air bagian atas yang memiliki kesamaan suhu dari badan yang terstratifikasi suhu.

Eutrofik adalah sistem perairan yang kaya akan unsur hara anorganik, terutama nitrogen dan fosfor dengan tingkat produktivitas primer yang tinggi.

Filamen adalah sejumlah sel yang membentuk rangkaian segaris dan teratur.

Frustule adalah istilah untuk menggambarkan komponen dinding sel diatom yang terdiri atas *hipovalve*, *epivalve*, dan garis *girdle* yang berasal dari silika.

Girdle adalah area penampakan dinding diatom yang membuat dua bagian dari dinding diatom lainnya dapat terlihat.

Habitat adalah tempat hidup organisme yang memiliki ciri-ciri sifat fisika, kimia, dan biologi tertentu.

Heterocystis adalah sel khusus yang membesar pada alga biru hijau, memiliki dinding sel yang lebih tebal, dan berperan dalam fotosintesis.

Indeks fitoplankton adalah gambaran kuantitatif jumlah spesies fitoplankton yang memberikan ukuran status kekayaan unsur hara dalam suatu perairan.

Inverted microscope adalah komponen mikroskop yang lensa objektifnya terletak di bawah spesimen dan menghadap ke atas.

Kedalaman Secchi Disk adalah kedalaman kolom air yang memberikan ukuran tingkat kecerahan perairan yang diukur dengan cara menenggelamkan alat seperti piringan atau dinamakan Cakram Secchi (*Secchi Disk*) hingga alat tersebut tidak terlihat oleh mata.

Keel adalah semacam saluran atau yang kadang-kadang muncul sepanjang bingkai *raphe*, misalnya ditemukan pada diatom genus *Surirella*.

Koloni adalah bentuk kumpulan sel yang bergabung bersama secara kuat atau lemah dalam suatu lapisan pembungkus atau *mucilage*.

Kloroplas adalah organ dalam sel yang berperan dalam fotosintesis yang mengandung pigmen berfotosintesis dengan berbagai warna, misalnya hijau dan cokelat keemasan.

Kolom air adalah kedalaman vertikal air danau.

Lorica adalah sstruktur selongsong tempat tinggal organisme yang berbentuk seperti botol yang terbuka ujungnya.

Lugol adalah larutan pengawet fitoplankton yang komponennya terdiri atas yodium, kalium yodida dan air.

Mesotrofik adalah perairan yang memiliki tingkat unsur hara anorganik dan produktivitas primer sedang atau pertengahan antara oligotrofik dan eutrofik.

Mucilage adalah bahan organik yang terbuat dari polisakarida yang mengembang di air dan lengket bila tersentuh.

Oligotrofik adalah perairan yang mengandung unsur hara anorganik rendah, khususnya nitrogen dan fosfor, serta menghasilkan produktivitas yang rendah.

Ovoid adalah sel berbentuk bulat telur.

Posterior adalah ujung belakang dari suatu pergerakan organisme.

Produktivitas primer adalah biomassa yang dihasilkan dari organisme yang berfotosintesis yang dinyatakan dalam bobot per satuan luas dan waktu.

Punctate adalah pori-pori pada dinding sel yang membentuk pola tertentu yang dijadikan ciri-ciri morfologi diatom.

Pyrenoid adalah bentuk protein dalam sel yang terdapat dalam kloroplas.

Raphe adalah saluran yang terlihat seperti garis memanjang pada dinding sel dan kadang-kadang muncul pada jenis-jenis tertentu.

Sedgewick-Rafter slide adalah wadah yang biasa digunakan untuk menghitung jumlah sel fitoplankton.

Semisel adalah separuh sel dari jenis-jenis famili Desmidiaceae.

Sheath adalah pembungkus rangkaian sel berbentuk filamen atau dalam kelompok.

Siklus biogeokimia adalah daur ulang air dan komponen-komponen kimia (unsur kimia) yang melibatkan makhluk hidup, termasuk manusia dan bebatuan.

Stratifikasi adalah struktur vertikal kolom air yang statis atau dengan pergerakan lambat yang membentuk lapisan yang jelas akibat adanya perbedaan suhu dan sirkulasi air sehingga terbentuk lapisan yang disebut *epilimnion*, *metalimnion*, dan *hypolimnion*.

Striae adalah bentuk seperti garis yang sangat halus terletak pada *valve* diatom.

Sulcus adalah sepasang alur yang kecil ditemukan pada *girdle* atau beberapa diatom yang berbentuk filamen.

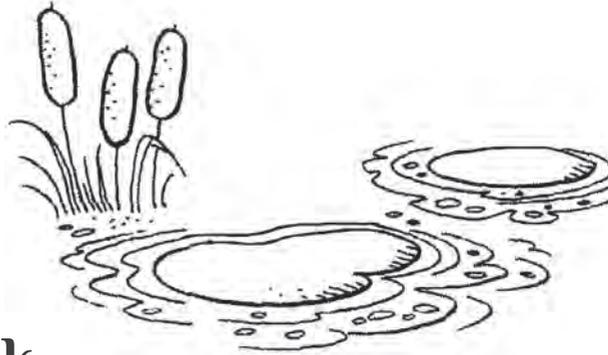
Trichom adalah rangkaian sel yang memanjang seperti untaian benang, terpisah dengan pembungkus, banyak ditemukan di alga biru hijau atau *Cyanophyta*.

Trofik adalah istilah yang menggambarkan status tingkat kesuburan perairan ditinjau dari kekayaan unsur hara anorganik suatu perairan.

Valve adalah salah satu dari separuh dinding sel diatom.

Ventral adalah bagian yang sisi *valve* dari diatom yang kurang cembung atau sedikit cekung atau lurus, contohnya pada genus *Cymbella*.

Zooplankton adalah kelompok hewan ukuran kecil atau biasanya berukuran mikroskopis yang berenang atau mengapung di kolom perairan.



Indeks Subjek

- Afrika, 20
 Akinet, 51, 64–5, 109
 Alga, 19, 21–2, 92–6, 109
 Alga biru hijau, 21, 93–5
 Alga cokelat, 22
 Alga hijau, 21, 92–6
 Alga merah, 22
 Alkalinitas, 15–7
 Anatoxin-a, 63
 Anggota, iv
 Apical axis, 36, 109
 Araphid diatom, 29

 Bacillariophyta, 3, 20–1, 23, 115
 Bioindikator, xv, 6, 109
 Biomassa, 4, 84, 110
 Biomassa fitoplankton, 4, 84
 Biovolume, 110

 Centric diatom, 23, 25, 88–9
 Chlorophyta, 3, 20–1, 40, 51, 86, 115
 Chrysophyta, 20–2, 86, 110, 115
 Cryptophyta, 22, 80, 115

 Danau, xv, 1–2, 4, 6–7, 9–12, 14–6, 31, 60, 64, 72, 74, 84–5, 92, 97–8, 105
 Danau Rawa Pening, 11–2, 31, 72, 74
 Desmid, 6, 52, 93–6, 105
 Desmidiaceae, 6, 20, 89, 112, 115
 Desmidiales, 20, 87, 115
 Diatom, 21, 23–4, 27, 30, 37, 86, 88, 92–6
 Distribusi, 22, 26–52, 54–6, 59–63, 65–8, 70, 72, 74–5
 Dorsal, 110

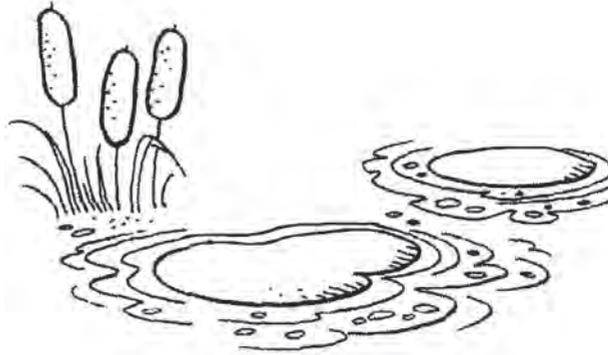
 Ekosistem, 1, 110
 Epilimnion, 110
 Euglenophyta, 3, 20–1, 71, 87, 94–5, 115
 Eutrofik, 86–7, 89–90, 110

 Filamen, 19, 26, 51, 63, 110
 Fitoplankton, xv, 1–4, 6, 19–20, 77, 91, 97, 105
 Frustule, 111

- Girdle, 111
- Habitat, 19, 23, 26–52, 54–6,
59–62, 64–8, 70, 72, 74–5, 111
- Heterocystis, 65, 111
- Hipereutrofik, 90
- Indeks Compound, 89
- Indeks Cyanophyceae, 88
- Indeks fitoplankton, 87, 111
- Indeks status ekologis, 89
- Karakteristik, 7, 22, 25, 27–46,
48–9, 51–3, 55–6, 59–70, 72–4,
83–4, 86, 92, 105
- Keanekaragaman, xv, 6, 19, 69
- Kecerahan, 90
- Keel, 111
- Kekeruhan, 14
- Kelimpahan, 82–3
- Kemmerer, 80
- Klasifikasi, 84, 87, 90
- Klorofil-a, 90–1
- Kloroplas, 51, 71, 73, 111
- Kolom air, 111
- Konduktivitas, 14–6
- Kualitas air, 14
- Lorica, 74, 112
- Mesotrofik, 86, 90, 112
- Microcystin, 62
- Mikroskopis, 21–2
- Mucilage, 60, 112
- Naviculoid, 103
- Niskin, 80
- Oligotrofik, 86, 90, 112
- Ovoid, 112
- Pennate diatom, 23, 88
- Pertumbuhan, 97
- Phaeophyta, 19–20, 22, 116
- Planktonologi, 105
- Produktivitas, 112
- Punctate, 112
- Pyrenoid, 112
- Pyrrhophyta, 3, 20–1, 69, 116
- Q index, 88
- Ranu, 7–9, 12–4, 17–8, 29–31,
33–4, 37, 40–3, 46–8, 50, 52,
54, 56, 60–3, 65–7, 70, 75, 92–3
- Ranu Grati, 12, 17, 30, 41–3, 46,
48, 50, 52, 54, 56, 60–2, 65, 75,
92
- Ranu Pakis, 7–8, 12, 17–8, 29–30,
33, 46–8, 50, 52, 56, 63, 65–7,
75, 92
- Ranu Pane, 9, 12–4, 29–31, 33–4,
37, 40, 48, 50, 52, 54, 66, 70,
75, 92
- Ranu Regulo, 14, 40, 93
- Raphe, 24, 34, 36–8, 112
- Rawa Pening, 11–2, 22, 26, 31, 40,
47, 50, 54, 56, 72, 74–5, 94,
105–6
- Rhodophyta, 19–20, 22, 116
- Secchi Disk, 91, 111
- Situ Cangkuang, 17, 30, 41, 50,
74, 95
- Situ Cileunca, 12–3, 30, 41–2,
50–1, 56, 62, 70, 95
- Situ Cisanti, 29–30, 33–5, 37, 40,
50, 52, 66, 68, 75, 94
- Situ Gede, 17, 30, 47–8, 56, 62, 65,
75, 95
- Situ Gunung, 9, 12, 18, 22, 26–7,
30, 34–44, 46, 49–50, 52, 54,
56, 61–3, 65, 75, 94



Situ Lembang, 9, 14, 17, 26, 28, 30,
 34, 36, 39, 47-8, 50-2, 54, 56,
 59, 62-3, 75, 96
 Situ Lengkong, 12, 30, 32, 40, 42,
 45, 47, 50, 52, 56, 62, 70, 74-5,
 94
 Situ Patenggang, 9, 12, 26, 30,
 37-8, 41-2, 47, 50, 52, 55-6,
 61-3, 65, 70, 72, 95
 Status trofik, 86 91-2
 Stratifikasi, 79, 113
 Stratifikasi suhu, 79
 Striae, 24-5, 30-4, 37-9, 113
 Sulcus, 113
 Telaga, 7-9, 12, 14, 17-8, 26-31,
 34, 36-7, 40-120, 47, 48, 50-2,
 56, 62, 65-6, 68, 70, 93-4
 Telaga Dringo, 7-8, 14, 36, 93
 Telaga Menjer, 12, 14, 18, 26, 29-30,
 47, 50-2, 62, 65, 70, 93
 Telaga Nilem, 27-31, 34, 40, 94
 Telaga Pengilon, 14, 29-30, 37, 48,
 66, 68, 93
 Telaga Warna, 9, 14, 17, 36
 Trichom, 63-4, 66-8, 113
 TSI (CHL), 91
 TSI (SD), 91
 TSI (TP), 91
 Unsur hara, 18, 89, 91
 Unsur hara fosfor, 91
 Unsur hara nitrogen, 89
 Valve, 29-35, 37-9, 113
 Ventral, 113
 Xanthophyta, 22, 116
 Zooplankton, 113

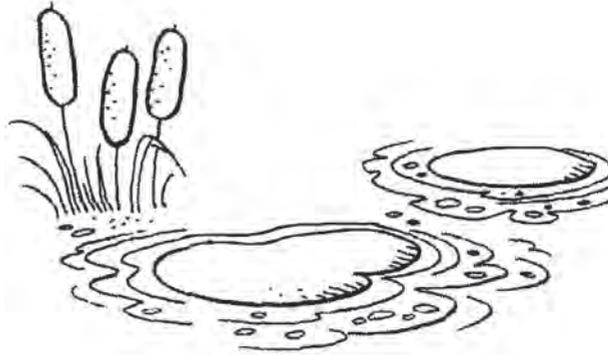


Indeks Taksonomi

- Achnanthes*, 27–, 93–4
Achnanthes sp., 27
Amphora, 34, 36, 94
Anabaena, 63–4, 79–80, 87, 98
Anabaena affinis, 64
Anabaena aphanizomenon, 64
Ankistrodesmus, 40, 42, 93–4, 96
Aulacoseira, 25–6, 93–4
Bacillariophyta, 3, 20–1, 23, 115
Caloneis, 30, 32
C. angulatum, 53
C. contractum, 53
Centrtractus, 22–3
Centrtractus sp., 23
Ceratium, 69, 71, 80, 86, 93, 95
Ceratium hirundinella, 69, 93, 95
Chroococcus, 60, 63
Closterium, 53–4
Closterium gracile, 54
C. marginatum, 53
C. obsoletum, 53
Coelastrum, 42, 44, 93, 96
Coelosphaerium, 61, 63
Cosmarium, 52–3, 95–6
C. pseudoconnatum, 53
C. quadrifarium, 53
Craticula, 30–2
Crucigenia, 41–2
Cryptomonas, 22, 80
Cyanophyta, 3–4, 20–1, 59–60, 63, 80, 86–7, 113
Cylindrospermopsis, 65–6, 95
Cylindrospermopsis raciborskii, 95
Cymatopleura, 37, 39
Cymbella, 35–6, 93–5, 110, 113
Diatoma, 29, 93–5
Diatoma elongatum, 29, 93–5
Dictyosphaerium, 43–4
Dinoflagelata, 21, 69, 86, 93–5
Diploneis, 30–2
Encyonema, 35–6
Epithemia, 38

- Euastrum*, 55, 58
Euglena, 71–3
Eunotia, 36
Fragilaria, 27–8, 93–5
Frustulia, 30, 32
Gomphonema, 36–7
Gomphonema olivaceum, 36
Kirchneriella, 43–4
Kirchneriella lunaris, 44
Kirchneriella obesa, 44
Merismopedia, 61, 63
Merismopedia tenuissima, 63
Microcystis, 62–3, 80, 84, 87, 93–5,
98
Microcystis aeruginosa, 63, 93–4
Navicula, 30, 32, 92–3
Nephrocytium, 45
Nodularia, 64, 66
Oocystis, 45–6–, 86, 92
Oocystis Borgei, 45
Oscillatoria, 66–7, 95, 98
Oscillatoria tenuis, 67
Pediastrum, 46–7
Pediastrum duplex var. *clathratum*,
47
Pediastrum simplex var. *duodenar-*
ium, 47
Penium sp., 54
Peridinium, 70–1, 80, 86, 93–5
Peridinium cinctum, 93–5
Pinnularia, 30, 33–4
Pinnularia acrosphaeria, 33
Pinnularia viridis, 33
Pithophora, 51–2
Planktothrix, 67–8
Pleurotaenium, 54–5
P. sculptatum, 47
Pseudoanabaena, 68, 93
Quadrigula, 48
Rhopalodia, 38–9
Rhopalodiales, 37
S. anatinoides, 57
S. bijuga, 50
Scenedesmus, 19, 49–50, 92–5
Scenedesmus acuminatus, 50
S. denticulatus, 50
S. dimorphus, 50
Selenastrum, 19, 48–9
Selenastrum gracile, 48
S. identatum, 57
S. playfairi, 57
Staurastrum prionotum, 57
Stauroneis, 32–3
Stenopterobia, 39
Strombomonas, 73–4
Surirella, 37, 39, 94, 111
Surirellales, 37
Surirella robusta, 39
Synedra, 29–30, 86, 92–6
Tetraedron, 48, 93
Tetraedron minimum, 48, 93
Tetrastrum, 41–2
T. hispida var. *coronate*, 75
T. hispida var. *papilata*, 75
T. hispida var. *punctata*, 75
T. horrida, 75
T. lacustris, 75
Trachelomonas, 74–5, 95
Trachelomonas armata var.
longispina, 75
T. scabra, 75
T. superba, 75
Xanthidium, 59





Biografi Penulis

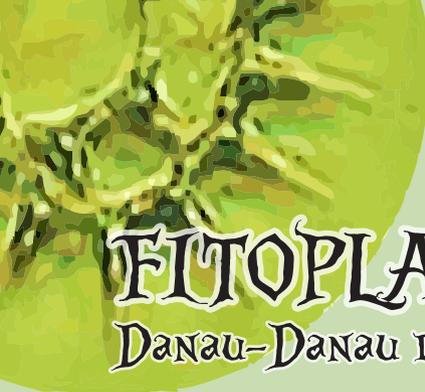


Sulastri. S-1 Perikanan Universitas Brawijaya, Malang

Mengawali karier sebagai peneliti bidang zoologi di Lembaga Biologi Nasional Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) pada 1982. Pada 1986, melanjutkan karier sebagai peneliti dalam bidang limnologi di Pusat Penelitian Limnologi LIPI dan sekarang menempati jenjang fungsional peneliti utama. Mendapat pengalaman pelatihan di dalam ataupun di luar negeri, yakni *Fisheries Resources Management, Applied Limnology, The Current Progress of Tropical Limnology, Research and Development Management, Taxonomy, Culture Collection of Microalgae*, dan *Technical Support for Implementation the Ramsar Convention in South East Asia, North Asia and East Asia*. Mendalami bidang penelitian fitoplankton dihubungkan dengan kualitas perairan danau sejak 1995 hingga sekarang dan terlibat kerja sama dalam penelitian internasional dalam bidang *Conservation and Management of Wetland* melalui program Japan Society for Promotion of Sciences (JSPS) pada

1997–2007. Menjadi perwakilan nasional dalam *Scientific Review Panel* pada Konvensi Ramsar sejak 2008 sampai sekarang. Duduk dalam keanggotaan Dewan Redaksi Majalah Ilmiah Terakreditasi *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* sejak 1993 hingga 2017 serta Dewan Redaksi Majalah Ilmiah Terakreditasi *Bawal Widya Riset Perikanan Tangkap* sejak 2010 hingga 2016.





FITOPLANKTON

DANAU-DANAU DI PULAU JAWA

Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan

Sebagai negara kepulauan, tak ayal jika laut dan pesisir menjadi kekuatan utama Indonesia, yang mengandung sumber daya berlimpah. Namun, orang sering melupakan potensi perairan darat kita, yang sejatinya tak kalah penting dibandingkan lautan. Di Pulau Jawa, danau adalah salah satu sumber primer mata pencaharian masyarakat, selain juga sebagai penyedia sumber daya alam dan penghasil energi.

Kerusakan ekosistem danau dapat memberikan dampak negatif yang besar bagi masyarakat. Kerusakan tersebut, umumnya, terjadi karena asupan unsur hara yang terlalu besar sehingga dapat menyebabkan *blooming* fitoplankton. Meledaknya populasi fitoplankton akan mengakibatkan danau mengalami penurunan kecerahan perairan, peningkatan konsumsi oksigen, dan penurunan kualitas air secara umum.

Buku ini hadir dalam rangka memberikan solusi untuk situasi tersebut, melalui pemanfaatan fitoplankton sebagai bioindikator. Buku ini menyajikan informasi lebih dari 50 jenis fitoplankton, yang dapat membantu ahli lingkungan dan dinas terkait dalam mendeteksi kerusakan pada danau sehingga langkah yang tepat dapat diambil.



Diterbitkan oleh:

LIPI Press, anggota Ikapi
Jln. R.P. Soeroso No. 39, Menteng,
Jakarta 10350
Telp. (+62 21) 314 0228, 314 6942
Faks.: (+62 21) 314 4591
E-mail: press@mail.lipi.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id

ISBN 978-979-799-974-2



9 789797 999742

