



SISTEMATIKA TUMBUHAN

Ali Makmur
Ashari Bagus Setiawan
Ite Morina Yostianti Tnunay
Satriani
Novita K. Indah
Muhammad Taufiq Qurrohman
Nurlaeliana
Muhammad Rifqi Hariri
Inna M. Romainum

ISBN 978-623-198-648-1



9 786231 986481



SISTEMATIKA TUMBUHAN

**Ali Makmur
Ashari Bagus Setiawan
Ite Morina Yostianti Tnunay
Satriani
Novita K. Indah
Muhammad Taufiq Qurrohman
Nurlaeliana
Muhammad Rifqi Hariri
Inna M. Romainum**



GET PRESS INDONESIA

SISTEMATIKA TUMBUHAN

Penulis :

Ali Makmur
Ashari Bagus Setiawan
Ite Morina Yostianti Tnunay
Satriani
Novita K. Indah
Muhammad Taufiq Qurrohman
Nurlaeliana
Muhammad Rifqi Hariri
Inna M. Romainum

ISBN : 978-623-198-648-1

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

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

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

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

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

Cetakan pertama, 28 Agustus 2023

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

KATA PENGANTAR

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

Buku ini membahas Prinsip Biosistematika: Sistematika Tumbuhan, Komponen Taksonomi: Deskripsi, Identifikasi dan tatanama, Komponen Sistematika: Filogeni, Kingdom Monera ; Kingdom Protocista, Kingdom Fungi, Sub Kingdom Pteridophyta, Sub Kingdom Angiospermae dan sistem klasifikasi APG, Siklus hidup tumbuhan berbiji.

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

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

Padang, 28 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB 1 PRINSIP BIOSISTEMATIKA DAN SISTEMATIKA TUMBUHAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Biosistematika Tumbuhan	3
1.3 Unit Klasifikasi Tumbuhan	7
1.4 Sistem Identifikasi Tumbuhan	10
1.5 Tatanama Tumbuhan	14
DAFTAR PUSTAKA	22
BAB 2 KOMPONEN TAKSONOMI: DESKRIPSI	25
2.1 Pendahuluan	25
2.2 Ciri dan Sifat Ciri	26
2.3 Sumber Ciri sebagai Bukti Taksonomi	32
2.3.1 Morfologi	32
2.3.2 Anatomi	33
2.3.3 Biokimia	34
2.3.4 Palinologi	35
2.3.5 Sitologi	37
2.3.6 Ontogeni dan embriologi	39
2.3.7 Ekologi dan distribusi.....	40
2.3.8 Molekuler.....	41
2.4 Tata Cara Penulisan Deskripsi suatu Takson.....	43
DAFTAR PUSTAKA	46
BAB 3 IDENTIFIKASI DAN TATA NAMA	53
3.1 Identifikasi.....	53
3.1.1 Langkah Identifikasi	54
3.1.2 Kunci Identifikasi.....	57
3.2 Tatanama.....	60
3.2.1 Kode Internasional Tata Nama Tumbuhan	62

DAFTAR PUSTAKA	66
BAB 4 KOMPONEN SISTEMATIKA: FILOGENI.....	67
4.1 Pendahuluan.....	67
4.2 Filogeni	69
4.3 Pohon Filogeni.....	71
4.3.1 Membuat Pohon Filogeni.....	75
4.3.2 Klasifikasi Berdasarkan Filogeni	76
4.4 Konsep Spesies	77
DAFTAR PUSTAKA	79
BAB 5 MONERA DAN PROTISTA.....	81
5.1 Pendahuluan.....	81
5.2 Monera	82
5.2.1 Eubacteria	83
5.2.2 Cyanobacteria	88
5.3 Protista.....	100
5.3.1 Sejarah Klasifikasi Protista.....	101
5.3.2 Protista Mirip Hewan	102
5.3.3 Protista Mirip Jamur	110
5.3.4 Protista Mirip Tumbuhan (Alga)	113
DAFTAR PUSTAKA	180
BAB 6 KINGDOM FUNGI	187
6.1 Pengenalan Kingdom Fungi	187
6.1.1 Karakteristik Umum Fungi	187
6.1.2 Diversitas Fungi	188
6.1.3 Sejarah Klasifikasi Fungi.....	190
6.2 Pengenalan Taksonomi dan Nomenklatur Fungi	191
6.2.1 Taksonomi Fungi.....	191
6.2.2 Nomenklatur Fungi	193
6.2.3 Kelompok Taksonomi Filum Pada Fungi	196
DAFTAR PUSTAKA	201
BAB 7 KINGDOM PTERIDOPHYTA.....	203
7.1 Pendahuluan.....	203
7.2 Pengertian	203
7.3 Bagian-bagian Pteridophyta	204

7.4 Siklus Hidup Pteridophyta	205
7.5 Klasifikasi Phylophyta.....	208
7.6 Manfaat Phylophyta	212
DAFTAR PUSTAKA	214
BAB 8 ANGIOSPERMAE DAN APG IV.....	217
8.1 Pendahuluan	217
8.2 Angiospermae	218
8.3 Angiospermae Phylogeny Group (APG)	222
8.4 Klasifikasi Angiospermae berdasarkan APG	223
DAFTAR PUSTAKA	230
BAB 9 SIKLUS HIDUP TUMBUHAN BERBIJI	235
9.1 Pendahuluan	235
9.2 Siklus Hidup Tumbuhan Berbiji	236
9.2.1 Gimnosperma	236
9.2.2 Angiosperma	240
9.3 Fertilisasi Ganda Sebagai Karakter Unik	
Angiosperma	242
9.4 Pertumbuhan Biji	245
9.4.1 Kesuburan tanah.....	247
9.4.2. Air.....	247
9.4.3 Suhu.....	248
9.4.4 Cahaya	248
9.4.5 Posisi biji pada tumbuhan	248
9.5 Penutup	248
DAFTAR PUSTAKA	249
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pohon kekerabatan dan polarisasi karakter dalam analisis filogenetika.....	30
Gambar 2.2. Struktur serbuk sari	37
Gambar 2.3. Kariotipe sebagai data sitologi pada <i>Amomum curtisii</i> asal Thailand.....	38
Gambar 2.4. Pemisahan tumbuhan monokot dan dikot berdasarkan embrio biji	40
Gambar 2.5. Skema kerja identifikasi organisme menggunakan penanda DNA <i>barcode</i>	42
Gambar 2.6. Sebuah contoh deskripsi tumbuhan	44
Gambar 2.7. Sebuah contoh deskripsi temuan jenis baru.....	45
Gambar 4.1. Sistematika dan filogeni eukariot berdasarkan sistem tiga domain	73
Gambar 5.1. Klasifikasi lima kingdom	82
Gambar 5.2. Pohon Filogeni.....	83
Gambar 5.3. <i>Methanobacterium paludis</i>	85
Gambar 5.4. <i>Halobacterium</i>	86
Gambar 5.5. Fosil	89
Gambar 5.6. Uniseluler Cyanobacteria	91
Gambar 5.7. <i>Oscillatoria</i> dan <i>Lyngbia</i>	92
Gambar 5.8. Sel apikal <i>Oscillatoria</i>	93
Gambar 5.9. <i>Anabaena</i>	94
Gambar 5.10. <i>Nostoc</i>	95
Gambar 5.11. <i>Microcystis</i>	97
Gambar 5.12. <i>Merismopedia</i>	98
Gambar 5.13. <i>Amoeba</i>	103
Gambar 5.14. <i>Paramecium caudatum</i>	106
Gambar 5.15. <i>Trypanosoma</i>	107
Gambar 5.16. Myxomycota	111
Gamar 5.17. Oomycota.....	113
Gambar 5.18. <i>Porphyridium</i>	116

Gambar 5.19. <i>Bangia</i>	117
Gambar 5.20. Herbarium <i>Porphyra</i>	118
Gambar 5.21. Siklus hidup <i>Porphyra</i>	119
Gambar 5.22. <i>Nemalion helminthoides</i>	121
Gambar 5.23. <i>Dictyota</i>	124
Gambar 5.24. <i>Padina</i>	125
Gambar 5.26. Sporofit dan Gametotit <i>Laminaria</i>	127
Gambar 5.27. <i>Sargassum</i>	128
Gambar 5.28. <i>Xanthophyceae</i>	133
Gambar 5.29. <i>Ochromonas</i>	135
Gambar 5.30. <i>Synura</i>	136
Gambar 5.31. Diatomae (<i>Navicula</i>)	137
Gambar 5.32. <i>Diatoma</i> dari berbagai pandangan	139
Gambar 5.33. Contoh ornamentasi	139
Gambar 5.34. <i>Eulenophyta</i>	142
Gambar 5.35. Charophyta	144
Gambar 5.36. Oogonium Charophyta.....	146
Gambar 5.37. Anteridium dan Oogonium	147
Gambar 5.38. A. Bulbil, B Protonema sekunder, C Bintang amilum	148
Gambar 5.39. Pembentukan Globule.....	149
Gambar 5.40. Pembentukan Nukul.....	152
Gambar 5.41. <i>Chlamydomonas</i>	157
Gambar 5.42. Reproduksi Aseksual	158
Gambar 5.44. Reproduksi seksual	159
Gambar 5.45. <i>Chlorella</i>	160
Gambar 5.46. <i>Pandorina</i>	162
Gambar 5.47. <i>Volvox</i>	163
Gambar 5.48. Bentuk tubuh dan individu	164
Gambar 5.49. Siklus hidup <i>Volvox</i>	166
Gambar 5.50. <i>Scenedesmus</i>	167
Gambar 5.51. <i>Closterium</i>	168
Gambar 5.52. <i>Ulothrix</i>	169
Gambar 5.52. Reproduksi aseksual.....	170

Gambar 5.53. Reproduksi seksual	171
Gambar 5.54. <i>Oedogonium</i>	172
Gambar 5.55. Siklus hidup <i>Oedogonium</i> makandrous....	173
Gambar 5.56. Siklus hidup <i>Oedogonium</i> nanandrous	174
Gambar 5.57. <i>Ulva lactuca</i>	175
Gambar 5.58. <i>Caulerpa</i>	176
Gambar 5.59. <i>Acetabularia</i>	177
Gambar 5.60. Reproduksi.....	178
Gambar 7.1. Siklus hidup Pteridhophyta	206
Gambar 8.1. Perbandingan ciri organ generatif pada Gymnopsermae dan Angiospermae..	219
Gambar 8.2. Perbandingan ciri kelompok monokotil dan dikotil	221
Gambar 8.3. Tampilan sederhana mengenai filogeni Angiospermae berdasarkan APG IV	225
Gambar 8.4. Filogeni dan klasifikasi subfamili Leguminosae berdasarkan analisis sekuens peptida dari 81 protein yang dikodekan plastid	227
Gambar 9.1. Siklus hidup pinus	239
Gambar 9.2. Siklus hidup tumbuhan angiosperma	240
Gambar 9.3. Fertilisasi ganda pada angiosperma	243
Gambar 9.4. Hubungan filogenetik dari kelompok utama tumbuhan berbiji.....	245

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hubungan Ciri dan Sifat Ciri dalam Kegiatan Sistematika	27
Tabel 2.2. Ciri dan Sifat Ciri yang Bersifat Kualitatif	28
Tabel 3.1. Perbedaan nama biasa dan nama ilmiah	61
Tabel 6.1. Tingkatan taksonomi dan akhiran yang digunakan untuk memberi nama pada tingkatan taksonomi di atas tingkat genus	195

BAB 1

PRINSIP BIOSISTEMATIKA DAN SISTEMATIKA TUMBUHAN

Oleh Ali Makmur

1.1 Pendahuluan

Keanekaragaman hayati, yang dalam Bahasa Inggris dikenal dengan nama *Biodiversity* (*Biological Diversity*) ialah keanekaragaman yang merujuk pada hubungan gen, spesies, dan ekosistem dalam hubungannya dengan tiga level hierarki fundamental dari organisasai biologi. Keanekaragaman terbagi dalam tiga tingkatan pengertian yang berbeda, yaitu keanekaragaman genetik, keanekaragaman spesies, dan keanekaragaman ekosistem. Keanekaragaman genetik adalah konsep variasi intraspesifik yang diukur dari variasi genetik dalam suatu spesies, varietas, subspecies atau genetik. Keanekaragaman spesies adalah konsep keragaman kehidupan yang ada di bumi dan diukur dengan jumlah total spesies di Bumi atau pada wilayah tertentu. Keanekaragaman ekosistem mengacu pada keragaman dan kompleksitas yang terkait dengan keberadaan spesies. Biosistematika adalah ilmu tentang keanekaragaman organisme dan hubungan antara organisme yaitu klasifikasi dan taksonomi. Taksonomi adalah teori dan praktek mengklasifikasikan organisme, dan klasifikasi memiliki dua arti yang berbeda, yaitu sebutan untuk aktivitas taksonomi dan sebutan untuk produk (hasil) dari aktivitas itu sendiri. Produk ini berupa hasil penempatan suatu organisme ke dalam suatu hierarki kelompok yang eksklusif mulai dari *species* (jenis), *genus* (marga), *familia* (keluarga), *ordo* (bangsa), *classis* (kelas), dan *phylum* (filum). Fungsi penting

dari sistematik meliputi pengenalan taksa (diferensiasi), diagnosis universal taksa (identifikasi), memberikan/menetapkan nama taksa yang diterima secara universal (nomenklatur), analisis hubungan (relationships) antar taksa (perbandingan), dan mengelompokkan taksa berdasarkan hubungannya tersebut (klasifikasi). Hubungan kekerabatan didapatkan dengan dua jalan, yaitu menggunakan metode fenetik dan filogenetik atau kladistik. Dalam metode fenetik hasil analisis hubungan kekerabatan dapat divisualisasikan dengan suatu dendrogram yang disebut fenogram, sedangkan dalam metode kladistik memiliki dendrogram yang disebut kladogram.

Sistematika tumbuhan adalah cabang biologi yang mempelajari morfologi, perkembangan dan klasifikasi pada tumbuhan. Secara obyektif, Sistematika Tumbuhan dapat menjelaskan tentang dasar-dasar, metode, tujuan penelitian, bukti dan terminologi pendekatan sistematika pada tumbuhan dengan adanya bantuan sistematika pada tanaman yang memungkinkan untuk memperoleh informasi tentang perkembangan ilmiah saat ini dan hubungan evolusi tanaman sebagai informasi praktis yang penting dalam studi lapangan. Pada informasi tersebut adanya pembagian alga (*Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Chlorophyta*, *Crysophyta*, *Rhodophyta* dan *Phaeophyta*), pembagian lumut, pembagian *Pteridophyta* dan pembagian *Spermatophyta*. Khususnya taksonomi tumbuhan yang meliputi ilmu penamaan dan pengelompokan tumbuhan. Bentuk klasifikasi yang sederhana adalah suatu sistem berdasarkan kebutuhan dan kegunaannya, masyarakat yang tidak mengerti klasifikasi, mengklasifikasikan tumbuhan menurut peruntukannya misalnya tumbuhan beracun, tumbuhan obat-obatan dan golongan tumbuhan halusinogen. Untuk mengelompokkan tumbuhan perlu mempelajari ciri-ciri tumbuhan dengan kekayaan jenis yang tinggi, perlu dilakukan penyederhanaan objek penelitian. Variasi dan banyaknya

obyek penelitian yang dikelompokkan menjadi satuan-satuan khusus yang disebut “takson”, atau “taksa”. Proses pembentukan takson itu disebut proses klasifikasi. Tujuan klasifikasi adalah untuk menyederhanakan obyek penelitian, intinya untuk menemukan kesamaan dalam keanekaragaman.

1.2 Tujuan dan Manfaat Biosistematika Tumbuhan

Indonesia memiliki puluhan ribu spesies organisme yang termasuk dalam kelompok tumbuhan, hewan dan mikroba dalam susunan Biosistematika. Setiap spesies tersebut memiliki nama ilmiah sendiri yang didokumentasikan dari hasil studi taksonomi atau biosistematik oleh para ahli biologi pada dekade awal abad ke-19. sehingga setiap spesies memiliki nama ilmiah yang valid secara internasional dan sudah tercatat contoh spesimennya di berbagai museum, herbarium, laboratorium di berbagai negara di dunia. Konservasi diatur menurut ukuran kelompok takson (genus atau famili, suku atau famili dan kelas dalam urutan taksonomi). Nama ilmiah setiap spesies menggunakan dasar latin dengan aturan baku/khusus yang dianggap penting untuk menjaga konsistensi dan menghindari kesalahan penggunaan nama lokal/daerah saja. Banyak sekali tumbuhan yang memiliki beberapa nama lokal karena sebaran geografisnya yang sangat luas dan orang yang memberinya nama lokal adalah orang dari suku atau ras yang berbeda atau dua spesies berbeda yang memiliki nama yang sama dan warnanya hampir sama. Oleh karena itu banyaknya aktivitas manusia yang kurang memperhatikan pentingnya menjaga kualitas lingkungan hidup bagi makhluk hidup ciptaan Tuhan di dunia, hal ini menyebabkan menurunnya banyak spesies kehidupan, bahkan banyak yang terancam punah. Hal tersebut juga dialami di negara Indonesia yaitu spesies ikan pada awal kemerdekaan Indonesia, spesies sangat banyak dan melimpah pada sebagian besar hidup di sungai dan danau,

tetapi sekarang jumlahnya sudah banyak berkurang dan populasinya sedikit, sehingga cukup memprihatinkan. Untuk menyelamatkan spesies yang terancam punah, upaya harus dilakukan untuk melestarikan populasinya yaitu dengan melakukan penyimpanan dengan standar, sistematis sesuai dengan jenisnya.

Pemerintah Republik Indonesia telah menerbitkan PP Nomor Pasal 60 Tahun 2007 yang berisi ketentuan tentang konservasi sumber daya perikanan untuk melindungi dan mengeksploitasi sumber daya alam, termasuk ekosistem, spesies dan genetika yang bertujuan untuk menjamin keberadaan, ketersediaan, dan kelestariannya agar bisa meningkatkan nilai, kualitas dan keanekaragamannya. Peraturan pemerintah tersebut diharapkan masyarakat Indonesia khususnya tokoh Soedharman dan Wirjoatmodjo yang terkait dengan pengetahuan biosistem dalam konservasi dan habitatnya tetap terjaga. Langkah pertama adalah menentukan kepastian kebenaran nama ilmiah spesies melalui buku identifikasi ilmiah yang berisi petunjuk "Identification Key" yang telah ditemukan benar untuk mengidentifikasi spesies dan mengungkap potensinya. karena lemahnya kapasitas sumber daya manusia, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Keterampilan taksonomi dan produksi merupakan syarat penting dalam pemeliharaan dan pemanfaatannya. Minimnya ahli taksonomi di Indonesia terbukti menjadi salah satu penyebab lambatnya pemanfaatan potensi keanekaragaman hayati. Pada kenyataannya lembaga penelitian dibidang biologi, perikanan dan kehutanan memiliki sumber daya manusia yang memiliki keterampilan identifikasi yang masih sangat sedikit, bahkan pada lembaga pendidikan yang kurikulum biosistematika (taksonomi) dan ekologisnya masih sangat diperlukan untuk implementasi karya-karya tersebut masih sedikit karena kurang peminat dan terbatasnya kapasitas tenaga pengajar, padahal sangat diperlukan dalam

pekerjaan yang berkaitan dengan perlindungan berbagai jenis organisme. Sebagian besar generasi muda pada tingkatan siswa-siswi dari SD hingga SMA tidak lagi mengetahui nama dan bentuk dari jenis organisme yang hidup di sekitar desa, meskipun hanya nama lokal yang terlepas dari jenis yang biasa di makan dan ditemui di rumah. Untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut, tampaknya perlu untuk memperbanyak pengajaran pada lembaga pendidikan yang berhubungan biosistematika, taksonomi (khususnya pelatihan identifikasi nama ilmiah jenis hewan atau tumbuhan) pada lembaga pendidikan yang bersangkutan dengan menggunakan kunci identifikasi pada kelompok spesies yang ingin dipelajari. Untuk meningkatkan sumber daya manusia yang profesional di bidang tersebut, tampaknya Perhimpunan Ikhtiologi Indonesia (MII) bekerjasama dengan LIPI (Botani dan Zoologi) juga dapat menyelenggarakan pelatihan penelitian terkait biosistem dan populasi karena telah memiliki staf yang berpengalaman di bidangnya, termasuk mikrobiologi, meminta dukungan dana dari kementerian terkait seperti Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kehutanan, dan perusahaan besar (perikanan, perikanan, HPH, pertambangan) untuk membantu pelaksanaan program konservasi. Secara umum, tujuan perlindungan suatu spesies adalah untuk melestarikan populasinya, meskipun spesies yang bersangkutan masih digunakan, dapat dicegah agar tidak berkurang populasinya yang mengancam kepunahannya, sehingga pemanfaatannya dilakukan secara berkelanjutan untuk anak dan cucu. Dalam penangan dan mencegah terjadinya kerusakan terutama populasi tumbuhan, hal-hal berikut harus dilakukan:

1. Menjaga atau mengawasi dengan ketat agar eksploitasinya jangan berlebihan, karena setiap jenis tumbuhan-tumbuhan punya keterbatasan kemampuan dalam berkembang biak, namun jika eksploitasinya terus menerus berlebihan akan

menyebabkan pertumbuhan populasi akan menurun ke arah kepunahan.

2. Menjaga kualitas lingkungan hidupnya dengan cara:
 - a) Menghindarkan terjadinya pencemaran yang dapat mengurangi kemampuan daya biak dan kemampuan mencari makan untuk kelangsungan hidupnya
 - b) Menjaga kestabilan fluktuasi kualitas dan kuantitas air sebagai habitat tempat hidup organisme akuatik. Jika air berkurang secara signifikan, itu akan mencegah kelangsungan hidup. Penggundulan hutan yang menghilangkan kemampuan menahan menyimpan air hujan sebagai air di dalam tanah akan menyebabkan banyak danau dan sungai mengering pada musim kemarau, dimana banjir besar pada musim hujan bisa merugikan usaha perikanan dan pertanian.
3. Mencegah dengan ketat cara eksploitasi sumber daya alam yang destruktif seperti penambangan dan perambahan hutan yang berlebihan yang dapat merusak lingkungan hidup banyak jenis tumbuhan, hewan dan biota yang sangat merugikan manusia.

Manfaat penting dari sistematika adalah identifikasi diferensiasi, diagnosis umum identifikasi, penamaan, definisi, analisis hubungan antar taksa perbandingan dan pengelompokan taksa berdasarkan hubungan klasifikasi. Hubungan diperoleh dengan dua cara yaitu dengan menggunakan metode fenetik dan filogenetik. Pada metode fenetik, hasil analisis kekerabatan dapat divisualisasikan dengan dendrogram yang disebut fenogram, sedangkan metode kladistik memiliki dendrogram yang disebut kladogram. Upaya-upaya tersebut perlu dilakukan untuk penyelamatan jenis-jenis tumbuhan dari bahaya kepunahan agar tetap terjaga sumber daya plasma nutfah yang hidup di habitatnya baik di kawasan konservasi atau yang hidup di luar kawasan.

1.3 Unit Klasifikasi Tumbuhan

Unit klasifikasi tumbuhan adalah cara yang baik untuk menyederhanakan subjek penelitian pada tumbuhan. Setiap unit klasifikasi tumbuhan memiliki karakteristik yang membedakannya dengan tumbuhan lain, namun banyak tumbuhan yang memiliki satu atau lebih kesamaan. Pengelompokan dasar yang dapat digunakan adalah: berdasarkan kesamaan, perbedaan, morfologi, anatomi dan biokimia. Satuan klasifikasi tumbuhan yang berkembang sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya taksonomi. Sistem klasifikasi dapat dikelompokkan menjadi lima pendekatan, yaitu artifisial, alami, fenetik, filogenetik, dan molekuler. Terkadang menjadi tumpang tindih sedemikian rupa sehingga batas perbedaannya tetap tidak jelas. Tatahan kemunculan, sistem klasifikasi dan kesempurnaan keilmuan sistem-sistem yang muncul sesuai dengan perkembangan botani secara keseluruhan, sehingga erat kaitannya dengan perkembangan pengetahuan tentang tumbuhan.

1. Klasifikasi buatan (*Artifisial*), Sistem artifisial adalah klasifikasi yang menggunakan satu atau dua ciri yang mudah diamati pada makhluk hidup. Sistem tersebut dibangun dengan menggunakan ciri-ciri dan kehendak dari seseorang. Misalnya, berdasarkan habitat (tempat tinggal) dan habitus (keadaan), tumbuhan dapat diklasifikasikan sebagai pohon, perdu, semak, liana (memanjat) dan terna (rumpun). Contoh klasifikasi buatan dilakukan oleh Theophrastus (370-285 SM). Sistem bilangan akan berubah menjadi sistem buatan.
2. Klasifikasi alami adalah sistem klasifikasi alam yang diprakarsai oleh Michael Adam dan Jean Baptiste de Lamarck. Sistem tersebut mengasumsikan pembentukan kelompok takson alami berarti anggota yang membentuk unit takson terjadi secara alami atau sebagaimana yang

dimaksudkan oleh alam. Pengklasifikasian sistem alam menggunakan dasar persamaan dan perbedaan morfologi alam atau bentuk tubuh luar yang alami. Contoh hewan berkaki dua, berkaki empat, tidak berkaki, bersayap, bersirip, berbulu, bersisik dan berbulu. Namun, ada kelompok tumbuhan berbiji satu (monokotil) dan tumbuhan berbiji dua (dikotil).

3. Sistem kelas fenetik yaitu penggolongan berdasarkan kekerabatan yang dinyatakan dalam jumlah persamaan yang tampak secara exterior. Contoh klasifikasi fenetik diwujudkan oleh Laurent de Jussieu (1748-1836) yaitu *Acotyledoneae*, *Monocotyledoneae* dan *Dicotyledoneae*.
4. Sistem filogenetik yaitu sistem filogenetik pertama kali ditemukan oleh Charles Darwin pada tahun 1859. Menurut Darwin, terdapat hubungan antara klasifikasi makhluk hidup dengan evolusi. Sistem filogenetik diatur berdasarkan hubungan evolusi antara satu takson dan takson lainnya. Selain mencerminkan kesamaan dan perbedaan karakteristik dari morfologi, anatomi atau fisiologisnya. Sistem tersebut juga menjelaskan mengapa semua makhluk hidup memiliki karakteristik molekul dan biokimia yang sama tetapi berbeda dalam bentuk, struktur dan fungsi. Contoh klasifikasi filogenetik dilakukan oleh Charles Edwin Bessey (1845-1915), pendukungnya disebut "*Mazhab Ranales*" dan Adolph Engler (1844-1930).
5. Sistem klasifikasi molekuler yaitu kemajuan baru dalam teknik biologi bertujuan untuk meningkatkan kelengkapan data tanaman yang dapat digunakan ahli sistematika untuk mengklasifikasikan tanaman. Suatu pendekatan untuk menginterpretasikan hubungan kekerabatan antar organisme dengan menggunakan data molekuler berupa data makromolekul.

Salah satu cara untuk lebih memahami dan mendalami taksonomi tumbuhan adalah dengan mempelajari awal perkembangannya pada masa lampau hingga keadaan mutakhir. Sejarah klasifikasi tumbuhan adalah salah satu subjek yang perlu dipelajari. Dengan mempelajari sejarah, dapat dipahami dan diketahui siapa-siapa yang berjasa mengembangkannya, bagaimana ide dan alasan mereka dalam membuat klasifikasi. Apabila kita mempelajari taksonomi tumbuhan untuk pertama kali tentu akan terkejut dengan banyaknya sistem klasifikasi. Sistem klasifikasi tumbuhan ini berkembang menurut zamannya. Sistem-sistem yang ada terus berkembang, mengalami perubahan, perbaikan, atau segera dibuang sama sekali setelah diperoleh data dan pengetahuan baru yang lebih sempurna. Perkembangan dan kemajuan ilmu botani akan memengaruhi corak dan sistem klasifikasi yang akan dianut orang pada masa-masa tertentu. Sebenarnya klasifikasi yang banyak dipakai sehari-hari adalah menggolongkan tumbuhan berdasarkan sifat-sifat yang berguna bagi manusia misalnya tanaman obat, rempah, serat, palawija, gulma, dan sebagainya. Sistem klasifikasi yang paling awal muncul adalah sistem klasifikasi berdasarkan perawakan atau habitus, kemudian digantikan dengan sistem numerik, dilanjutkan dengan sistem kekerabatan filogenetik. Pada masa sekarang ini dengan pesatnya perkembangan teknologi, peralatan optik, dan komputer berdampak pada pesatnya perkembangan ilmu taksonomi. Demikian pula sejalan dengan perkembangan ilmu biologi molekular sangat Sistem klasifikasi dapat dikelompokkan menjadi 4 pendekatan, yaitu klasifikasi buatan, alam, filogeni, dan molekular. Satu sistem terkadang terkunci, sehingga garis perbedaannya tidak bisa diidentifikasi atau tidak jelas. Urutan asal usul unit sistem klasifikasi dan kesempurnaan keilmuan dari unit sistem yang dihasilkan sesuai dengan perkembangan ilmu botani secara keseluruhan, sehingga erat kaitannya dengan perkembangan pengetahuan

tentang tumbuhan-tumbuhan. Sistem klasifikasi buatan didasarkan hanya pada satu atau dua ciri morfologi yang mudah terlihat. Sistem unit klasifikasi ini sekarang sudah tidak terpakai lagi karena tidak dapat lagi mengikuti perkembangan dan kemajuan botani di era modern. Misalnya, sistem unit klasifikasi pada tanaman berdasarkan pertumbuhan dari tanaman tersebut. Sistem unit klasifikasi natural mencerminkan keadaan yang sebenarnya seperti yang terjadi di alam dan bersifat multifaset karena satu kesatuan mengandung banyak pernyataan yang saling berhubungan sehingga memiliki karakteristik yang dapat diketahui. Sistem unit klasifikasi filogenetik menggunakan urutan klasifikasi yang menunjukkan urutan filogenetik. Takson yang anggota-anggotanya berkerabat dekat karena mereka turun dari nenek moyang yang sama melalui evolusi. Secara khusus, dasar kekerabatan dan sifat takson primitif atau berevolusi yang digunakan. Sejarah taksonomi pada tumbuhan diberikan dari awal perkembangannya hingga saat ini yang sangat banyak dilakukan kegiatan penelitian terkait taksonomi pada tumbuhan, hasil tersebut dapat mempengaruhi sistem klasifikasi di era modern.

1.4 Sistem Identifikasi Tumbuhan

Sistem identifikasi adalah kegiatan untuk menentukan atau menetapkan identifikasi dari suatu tumbuhan dalam menentukan nama yang benar dan tempat yang benar dalam sistem klasifikasi. Kegiatan ini dapat dilakukan dengan menggabungkan tumbuhan yang belum dikenal dengan tumbuhan yang sudah dikenal pada suatu lembaga misalnya perpustakaan, herbarium dan koleksi hidup. Kegiatan sistem identifikasi dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu dengan mengkombinasikan spesimen herbarium, dengan bertanya kepada ahli dan melakukan penelitian disertai sumber literatur

pendukung. Setiap metode sistem identifikasi memiliki kelebihan dan kekurangan. Identifikasi dengan menggabungkan spesimen herbarium memerlukan informasi dasar tentang tumbuhan yang akan diidentifikasi sehingga dapat segera memilih dan mencocokkan kelompok tumbuhan tersebut dengan cepat. Jika tidak memiliki informasi dasar, harus mencocokkan tumbuhan tersebut dengan seluruh koleksi spesimen pembuatan herbarium.

Dalam pembuatan herbarium hasil yang diperoleh lebih meyakinkan karena langsung menggunakan spesimen, tetapi belum tentu bahwa nama yang tercantum pada label kertas herbarium adalah nama yang sebenarnya, karena banyak spesimen herbarium yang diidentifikasi oleh kurator (teknisi) dan tidak taksonomi. Cara termudah untuk dapat dilakukan komunikasi kepada ahli taksonomi yaitu pada bidang sistematika tumbuhan, setiap ahli taksonomi atau ilmuwan biasanya meneliti sekelompok tumbuhan tertentu. Hal tersebut bisa menjadi acuan dan sumber yang baik, tetapi tidak semua dari kelompok tumbuhan-tumbuhan memiliki ahlinya, jadi masih harus menggunakan metode identifikasi lain jika tidak ada ahlinya yang ditemukan. Identifikasi juga dapat dilakukan dengan cara mencocokkan tumbuhan yang dapat diidentifikasi dengan citra tumbuhan yang banyak tersedia di instansi pendidikan seperti perpustakaan dan laboratorium akan tetapi cara ini juga kurang efisien karena harus melihat beberapa gambar dan mencocokkannya satu persatu dengan tumbuhan yang telah dikenali atau teridentifikasi. Selain itu, identifikasi juga dapat dilakukan dengan buku kunci pada umumnya banyak tersedia dalam buku atau jurnal publikasi dari hasil penelitian ahli taksonomi pada tumbuhan-tumbuhan. Metode ini membutuhkan pengetahuan tentang terminologi yang sering digunakan dalam sistematika tumbuhan yaitu kunci identifikasi fitografi adalah analisis buatan yang memfasilitasi identifikasi takson yang tidak diketahui. Jadi tujuan pertama

dengan membuat kunci untuk mengidentifikasinya dengan mudah dan andal yaitu hilangnya kenyamanan hasil seperti tidak menempatkan spesies terkait di area yang berdekatan. Jenis ini dipisahkan oleh tanda teknis yang mudah dilihat dan dideskripsikan. Kunci identifikasi sastra yang pertama referensi yaitu dari Flore Francoise de Lamarcks dan De Candolle (1778).

“Salah satu struktur kunci yang untuk mengidentifikasi adalah kunci dikotomis. Kunci dikotomis terdiri dari dua lawan yang bersesuaian yang masing-masing merupakan petunjuk. Petunjuk harus sederhana dan dimulai dengan kata yang sama jika memungkinkan. Tanda yang digunakan harus kontras dan harus diambil dari bagian tumbuhan-tumbuhan langsung, tetapi tanda harus permanen (stabil) dan mudah diamati serta bukan karakter yang paling bervariasi atau sulit untuk diamati seperti struktur embrio”.

Pada karakter vegetatif seperti daun berhadapan dengan daun alternatif atau jenis indumentum, memiliki keunggulan dibandingkan karakter pada bunga dan buah, karena karakter tersebut muncul dalam jangka waktu yang lama dalam kehidupan tumbuhan. Kuncinya tetap bermanfaat meskipun tumbuhan tersebut steril. Oleh karena itu, sebaiknya digunakan jenis fungsi ini di awal kunci dikotomis, detail bunga dan buah dapat digunakan di akhir kunci. Kunci terpisah sering disediakan untuk bunga, buah dan bahan steril. Karakteristik kualitatif biasanya lebih baik daripada kuantitatif. Pengukuran pada bagian tumbuhan yang menunjukkan tingkat tumpang tindih harus digunakan jika tidak ada karakteristik lain yang lebih baik. Ketika penanda digandakan perlu menggunakan penanda lain untuk memecah penanda tersebut. Ada dua jenis kunci terdistribusi yaitu kunci sejajar dan kunci berpasangan. Kedua tipe kunci tersebut memerlukan karakteristik yang sama, yaitu karakteristik diagnostik dan ditempatkan dalam larik sebelum menghasilkan kunci. Keunggulan tombol dalam

tanda kurung adalah memberikan gambaran tentang kelompok tersebut, sehingga pembaca dapat dengan mudah mendapatkan gambaran tentang taksa tersebut. Namun, tombol berlekuk membutuhkan lebih banyak ruang dan lebih mahal untuk dalam mencetaknya. Di bawah ini adalah contoh kunci autentikasi dengan struktur dua bagian yaitu sebagai berikut:

Contoh kunci dikotom tipe sejajar:

1	A	Daunnya berhadapan, petal melancip.....	2
	B	Daunnya berseling, petal membundar.....	3
2	A	Batang gundul, daunnya membulat telur, petal bebas.....	Plant A
	B	Batang berambut, daunnya jorong, petal berlekatan.....	Plant B
3	A	Akar tunggang, pinggir daunnya beringgit.....	Plant C
	B	Akar serabut, pinggir daunnya rata.....	Plant D

Contoh kunci dikotom tipe bebasangsan

1		Daunnya berhadapan, petal melancip.....	2
	2	Batang gundul, daunnya membulat telur, petal bebas.....	Plant A
	2	Batang berambut, daunnya jorong, petal berlekatan.....	Plant B
1		Daunnya berseling, petal membundar.....	3
	3	Akar tunggang, pinggir daunnya beringgit.....	Plant C
	3	Akar serabut, pinggir daunnya rata.....	Plant D

1.5 Tatanama Tumbuhan

Dalam prakteknya tatanama pada tumbuhan dan taksonomi selama ini sering dihadapkan pada kenyataan bahwa buku-buku taksonomi yang tersedia biasanya memuat materi yang menjelaskan ciri-ciri morfologi, informasi persebaran geografis dan informasi dari lapangan baik hasil penelitian maupun pengamatan. Meskipun pengetahuan tentang tatanama dari pendukung dalam pengetahuan ilmu biologi molekuler, fitokimia, anatomi, palinologi, embriologi, sitologi dan juga kerabat tumbuhan sudah berkembang pesat. Karakterisasi merupakan gambaran tentang ciri-ciri dan sifat-sifat suatu objek, yang diberikan dalam bentuk deskripsi. Dalam kehidupan sehari-hari dapat dicontohkan bahwa seorang penjual pohon buah harus mengetahui betul pohon buah yang dijualnya, apakah itu mangga, bau manis, golek atau gedong. Kalau berbicara tentang buah durian, pasti sudah tahu perbedaan antara durian sunan, petruk atau monthong. Penjual harus tahu dan pasti tahu jenis-jenisnya. Berdasarkan pengalaman dan pengetahuannya bertujuan mengetahui semua jenis tanaman yang dijual. Misalnya contoh seorang ibu rumah tangga yang membeli sayur dan bumbu untuk memasak harus mengetahui sayur dan bumbu apa saja yang digunakan dalam masakan dan seorang penjual jamu harus mengetahui dan membedakan bahan jamunya, seperti kenkur, kunyit, temulawak, temulawak, sambiloto dan lainnya.

Klasifikasi merupakan bagian yang sangat penting karena merupakan salah satu pengetahuan tentang takson. Uraian atau deskripsi adalah gambaran atau deskripsi dengan kata lain tentang batasan, ruang lingkup dan ciri-ciri suatu pada takson. klasifikasi adalah kesimpulan dan lambang karakterisasi dari takson. Bahan baku karakterisasi biasanya berupa karakter dan sifat yang telah dirinci, dianalisis atau disintesis yang disajikan sebagai bukti taksonomi. Fitur dan

karakteristik inilah yang memungkinkan orang untuk mendeskripsikan konsep dan mengidentifikasi dari takson. Hampir semua kegiatan dalam taksonomi tumbuhan melibatkan pendeskripsian ciri dan ciri tumbuhan serta varietasnya. Deskripsi biasanya mencakup fitur dan karakteristik yang sebagian besar berasal dari karakteristik morfologi pada tanaman. Penguasaan morfologi tanaman dan terminologi sangat penting untuk deskripsi yang baik. Secara khusus, dalam hal identifikasi, baik identifikasi pertama yang diterbitkan maupun identifikasi berulang, yaitu. identifikasi tumbuhan yang tidak kita ketahui, tetapi sudah diketahui oleh ahli tumbuhan, yang diterbitkan dalam bentuk publikasi ilmiah, diberi nama dan dideskripsikan. Jumlah spesies tumbuhan yang diketahui manusia biasanya cukup banyak, meskipun representasinya hanya sebatas kesan visual dan dibatasi oleh kapasitas memori. Mungkin tidak banyak yang diketahui tentang spesies tumbuhan yang tumbuh di sekitaran lingkungan dan bahkan ahli taksonomi tidak dapat mengidentifikasi semua spesies tumbuhan yang ditemukan dalam bumi ini. Indonesia merupakan yang wilayahnya di sekitar garis khatulistiwa dikenal sebagai banyak terdapat keanekaragaman hayati (Mega diversity) dari berbagai jenis tumbuhan mencapai sekitar 10% dari pasokan kekayaan tumbuhan di dunia.

Jenis tumbuhan-tumbuhan yang sudah diketahui para ahli di publikasi dalam artikel ilmiah seperti flora atau monografi. Flora adalah buku yang memuat berbagai informasi tentang semua jenis tumbuhan yang terdapat di suatu daerah, sedangkan monografi adalah karya ilmiah yang memuat berbagai informasi tentang jenis tumbuhan yang termasuk dalam satuan takson tertentu. Baik buku flora maupun monografi seringkali dilengkapi dengan alat berupa kunci atau tabel untuk mengidentifikasi spesies tumbuhan yang namanya banyak muncul pada sumber lain seperti dalam buku dimana

di tulis dalam bentuk tabel yang berisi sekumpulan pertanyaan dan jawabannya mengungkapkan nama spesies tumbuhan yang dimaksud. Oleh karena itu, kunci atau referensi tersebut disebut sebagai kunci penentu atau kunci untuk memudahkan identifikasi dan mengenali karakteristik morfologi tumbuhan, tetapi sebagian kecil tentang hal-hal lain seperti habitat. Tumbuhan yang masih belum teridentifikasi diketahui oleh ahli taksonomi dan termasuk dalam flora atau monograf, dapat diidentifikasi dengan menggunakan kunci identifikasi yang disertakan dalam karya ilmiah. Penggunaan kunci identifikasi mutlak menggunakan penguasaan ilmiah, selain semangat pengamatan dan ketelitian kerja, untuk menguasai istilah-istilah morfologi dan terminologi pada tumbuhan. Dalam menyusun deskripsi atau diagnosa suatu tumbuhan harus digunakan suatu cara agar hasilnya teratur dan sistematis, bentuknya singkat, padat dan spesifik seperti ketika seseorang menulis telegram yang terpenting adalah kebenarannya mudah bagi pengguna dalam pemberian nama dan identitas.

Tumbuhan dikenal dengan nama umum atau lokal dan nama ilmiah. Nama umum biasanya didasarkan pada aspek-aspek tertentu sebagai berikut:

1. Berkaitan dengan sesuatu : Bodhidruma, terkait dengan rupang Buddha.
2. Kegunaan seperti : Arsoghna untuk pengobatan tertentu.
3. Karakteristik morfologi: Dwipatra adalah Bauhinia dengan daun melengkung dua, asparagus dengan banyak umbi akar.
4. Keberadaan kaitannya dengan lingkungan : alang-alang tumbuh di tepi air Nama umum (nama nasional/nama daerah) seringkali terbatas pada satu bahasa atau wilayah geografis tertentu.

Nama umum yang sama terkadang digunakan untuk beberapa takson yang berbeda dan khususnya banyak spesies dengan sedikit atau tanpa nilai ekonomi. Nama-nama umum seringkali sering memberikan informasi yang salah bila dikombinasikan dengan filogenetiknya. Contoh jenis pohon beracun adalah genus *Toxicodendron* (*Anacardiaceae*) yang tidak berkerabat dekat dengan pohon oak, yang sebenarnya termasuk dalam genus *Quercus* (*Fagaceae*). Oleh karena itu, penggunaan nama ilmiah sangat penting untuk transmisi informasi tumbuhan yang akurat dan efisien yang ada di seluruh dunia. Kelompok tumbuhan taksonomi membutuhkan nama agar dapat secara efektif mengkomunikasikan dan memberikan informasi tentang identitas yang benar, hubungan filogenetik dan aspek biologi lainnya. Prinsip dan aturan pemberian nama botani telah dikembangkan dan diterapkan di berbagai kongres botani internasional dan tercantum dalam "*International Code of Botanical Nomenclature*" (ICBN) atau Kode Internasional Tatanama Tumbuhan (KITT). Tujuan utama ICBN adalah memberikan nama pada setiap kelompok taksonomi yang benar dalam sistem nomenklatur yang stabil. Nama ilmiah diawali dengan penulisan kalimat panjang yang diawali dengan penulisan huruf depan kapital hal tersebut menggambarkan sifat tanaman disebut polinomial. Misalnya *Sida acuta* yang sebelumnya disebut '*Althaea coromandelina angustis prolongis foliiss, semine bicornes*'. Nama panjang menjadi masalah ketika banyak spesies baru ditemukan karena tidak cukup ciri untuk mendeskripsikannya. Polinomial ini berfungsi baik sebagai label dan fungsi diagnostik, yang kemudian ternyata tidak dapat digunakan. Sejak tahun 1753, Carolus Linnaeus (1753) dalam bukunya mengemukakan "*spesies plantarum*" kembali menggunakan nama dengan sistem dua kata (*binomial*) dan mendeskripsikan ciri-ciri tumbuhan pada tempatnya masing-masing. Botani sistematis menggunakan nama ilmiah dalam bahasa latin. Setiap takson,

seperti spesies, genus, atau genus, memiliki nama ilmiah pada seluruh dunia.

Nama ilmiah binomial terdiri dari dua kata. Kata pertama adalah kata benda tunggal, yang merupakan nama famili ketika spesies dimasukkan. Kata kedua adalah kata sifat yang memodifikasi nama genus atau kata benda yang semuanya sebagai penunjuk khusus. Spesifik nama genus mengacu pada karakteristik morfologis, ekologis atau kimiawi dari spesies tersebut. Beberapa ketentuan mengacu pada rentang geografis spesies atau menghormati orang yang pertama kali menemukan dan mengidentifikasi tumbuhan atau ilmuwan yang memberikan informasi botani tentang wilayah geografis atau kelompok taksonomi tertentu. Nama ilmiah ditulis miring, dengan kata pertama diawali dengan huruf kapital dan kata kedua diawali dengan huruf kecil. Jenis indikator tidak harus mengulang kata dari genus atau disebut tautonim. Salah satu contoh yaitu *Benzoin benzoin* nama spesies sering diikuti oleh satu atau lebih nama penulis, yaitu nama orang yang pertama kali mendeskripsikan spesies tersebut. Nama pengarang boleh disingkat. Contoh *Quercus Alba* Linnaeus, *Quercus* = nama genus, *Alba* = nama jenis, Linnaeus = penulis bisa disingkat L. Dengan adanya peningkatan pengetahuan teknologi di era modern keterkaitan filogenetik spesies menyebabkan perubahan nama spesies. Contoh Thomas Walter mendeskripsikan *Andromeda ferruginea* pada tahun 1788 dan Thomas Nuttall memutuskan pada tahun 1818 bahwa spesies tersebut termasuk dalam genus *Lyonia* karena mengidentifikasi karakteristik kapsulnya. Akibatnya, nama jenis dipindahkan ke genus *Lyonia* dan nama tersebut berubah menjadi nama baru *Lyonia ferruginea* (Walt.) nama orang yang mendeskripsikan spesies pertama dalam tanda kurung. Pada kasus lain, ahli botani Jerman G.C. Oeder menggambar *Ledum groenlandicum* pada tahun 1771 dan menempatkan spesies tersebut dalam genus *Ledum* karena

bunga pada tanaman tersebut simetris secara radial dan kelopaknya longgar.

Analisis kladistik terbaru menunjukkan bahwa spesies ini termasuk dalam genus *Rhododendron*, sehingga spesies tersebut berganti nama menjadi *R. groenlandicum*. Nama baru tersebut mencerminkan hubungan filogenetik yang erat dengan genus *Rhododendron*. Terkadang nama penulis dipisahkan dengan kata "ex atau en". Nama yang dipisahkan dengan terdahulu berarti nama penulis kedua adalah orang yang menerbitkan nama penulis pertama yang disarankan sebelumnya. Hal tersebut mengacu pada penulis pertama yang menerbitkan nama tersebut dalam buku yang kutip secara tidak langsung oleh penulis lain. Contoh *G. tomentosum* Nutt. ex Seem., disingkat menjadi *G. tomentosum* Seem. Contoh lain *Viburnum ternatum* Rehder di Sargent, yang bisa disingkat menjadi *Viburnum ternatum* Rehder. Jadi ICBN memungkinkan untuk tidak mencantumkan penulis sampai taksa ex- dan post-infraspesifik sering ditemukan pada spesies dengan variabilitas tinggi. Ras geografis sering dibahas pada tingkat varietas atau subspecies, sehingga diperlukan indikator varietas atau subspecies. Contoh *Lyonia privetina* (L.) DC. var. *ligustrina* dan *L. privet* (L.) DC. var. *fosioflora* atau *Carpinus caroliniana*. Pengidentifikasi kultivar atau subspecies yang mengandung spesimen jenis mereproduksi nama jenis, tetapi tanpa nama pembuatnya, varietas semacam itu sering disebut sebagai nominal atau tipikal. Nama genus adalah termasuk kata benda tunggal, sedangkan nama di atas genus adalah kata benda jamak Latin, sehingga harus ditambahkan akhiran tertentu, dimana kata akhiran tersebut mencerminkan dari tingkatan takson. Dalam aturan menurut ICBN mengenal 7 tingkatan dasar yaitu kingdom, filum, kelas, ordo, famili, genus dan spesies, namun tingkatan dapat ditambahkan di antara tingkatan dasar sesuai kebutuhan, ditambah awalan sub atau super. Nama famili tidak memiliki akhiran standar. Nama

belakang diawali dengan huruf kapital dan miring, nama di atas nama depan biasanya diawali dengan huruf kapital tetapi tidak miring. Nama famili berdasarkan nama famili, misalnya: *Rosa-Rosaceae*, *Astero-Asteraceae*, *Erica-Ericaceae*, *Cyperus-Cyperaceae*. ICBN mengatut untuk tingkatan urutan family dibawahnya, tetapi paturan dan rekomendasi juga dapat diterapkan untuk tingkat yang lebih tinggi misalnya tumbuh-tumbuhan atau tanaman. Misalna nama *kultivar* dapat diberikan untuk tumbuhan yang dikembang biakan dari hasil persilangan, seleksi buatan atau lainnya. Istilah ragam didasarkan pada gabungan kata berbudaya dan ragam. Varietas budidaya tidak boleh disamakan dengan varietas botani, yang biasanya mewakili ras atau populasi geografis dengan karakteristik yang berbeda dari populasi induknya.

Klasifikasi yang Diterapkan pada *Acer Rubrum* (Maple Merah)

Kategori	Takson
Kingdom	Viridiplantae
Phylum	Embryophyta
Sub-phylum	Tracheophytina
Class	Angiospermopsida
Ordo	Sapindales
Familia	Sapindaceae
Genus	<i>Acer</i>
Species	<i>Acer rubrum</i>

Istilah pada varietas mengacu pada tumbuhan yang dibedakan dengan jelas dari karakteristik khusus (morfologi, fisiologi, sitologi dan kimia). Nama variantas dapat dalam bahasa apapun selain bahasa latin dan ditulis dengan awalan kata menggunakan huruf kapital. Nama varietas digunakan setelah nama famili, nama spesies atau nama umum. Contoh *Citrullus cv. Crimson Sweet* dan *Citrullus lanatus cv. dan Crimson*

Sweet. Pengelompokan klasifikasi tersebut tidak hanya tentang penamaan dan karakterisasi, tetapi juga tentang masalah untuk menemukan dan menentukan hubungan kekerabatan antar tumbuhan. Setiap tumbuhan individu dianggap memiliki takson dari beberapa tingkatan berturut-turut. Dengan demikian, aliansi dibagi menjadi aliansi tingkat bawah. Setiap tanaman individu memiliki unit taksonomi dari masing-masing posisi tertentu dalam sistem tumbuh. Takson atau satuan taksonomi dalam klasifikasi tumbuhan adalah bentuk, varietas, jenis, famili, ordo. Suatu jenis spesies disebut takson, yaitu suatu populasi yang terdiri dari individu-individu yang memiliki ciri-ciri yang sama dan mirip dengan ciri-ciri dari semua keturunannya dan persebarannya berada dalam suatu daerah tertentu. Individu dalam suatu populasi yang bereproduksi, kawin dan bertukar gen, mati atau bermigrasi, pecah atau bergabung dengan populasi lain, tetapi karakteristik dasar populasi secara keseluruhan tetap tidak berubah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, N. R. M., Sekar Jati Pamungkas, J. S., Meganingrum, R. A dan Nur'afifah, S. L. 2020. Studi *Anthophyta* di Kota Magelang sebagai Sumber Pembelajaran Saintifik pada An Integrated Approach: Third edition. CRC Press.
- Campbell, N.A., Mitchell, L.G. & Reece, J.B. 1999. Biology Concept and Connection (third edition). tt: Benjamin Cummings.
- Chikmawati, Tatik. 2018. Analisis Filogeni. Makalah Pendalaman Materi. Institut Pertanian Bogor.
- Dewi, V. P., Hindun, I., & Wahyuni, S. 2016. Studi Trikoma Daun Pada Famili Solanaceae.
- Handayani, T., & Findahati, M. M. 2018. Keanekaragaman Jenis Vegetasi Strata Semak di Kawasan Gunung Tidar Kota Magelang sebagai Sumber Belajar Biologi. Seminar
- Judd, Campbell, W.S. Kellog, E.A., Stevens, P.F., & Donoghue, M.J. 2002. Plant systematics: A phylogenetic approach (second edition). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- Lawrence, G.H.M. 1951. Taxonomy of Vascular Plants. New York: Macmillan. Nasional Pendidikan FKIP UAD, 80–84.
- Odara, T., & Erhabor, J. O. 2011. Biosystematics Education in Nigerian Universities. 378–381.
- Peraturan Pemerintah No 60 tahun 2007 Tentang Konservasi Sumber Daya Ikan. Departemen Kelautan dan Perikanan, Ditjen Kelautan, Pesisir dan Pulau Pulau Kecil. Jakarta
- Perkuliahan Biosistematika Tumbuhan. Jurnal Pendidikan Biologi, 5 (2): 160-175.
- Pujoarinto, A. 2001. Taksonomi tumbuhan tinggi. Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.

- Rifai, M.A. 1976. Sendi-sendi Botani Sistematika. Bogor: Herbarium Bogoriense. Sebagai Sumber Belajar Biologi. JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia).
- Shipunov, A. 2020. Introduction to Botany. Chapter 10: Methods of Taxonomy and Diagnostics. Libretexts. Minot State University.
- Simpson, M. 2010. *Plant systematics*: Second edition. In Plant Systematics: Second Edition.
- Singh, G. 2016. *Plant systematics*: An integrated approach: Third edition. In Plant Systematics:
- Tjitrosoepomo, G. 2013. Taksonomi Tumbuhan (*Spermatophyta*). Gajah Mada University Press.
- Ubaidillah, R. 2010. Strategi Nasional Pengembangan Kapasitas Sumber Daya Manusia Bidang Taksonomi Kelautan. Divisi Zoologi, Pusat Penelitian Biologi. LIPI.

BAB 2

KOMPONEN TAKSONOMI: DESKRIPSI

Oleh Ashari Bagus Setiawan

2.1 Pendahuluan

Salah satu kegiatan manusia yang selalu dilakukan setiap hari sampai ke liang lahat adalah mengenali objek di lingkungan sekitarnya. Dalam memerlancar komunikasi, diperlukan suatu kepastian tentang konsep takson tersebut. Fungsi ini dapat dipenuhi dengan kegiatan **deskripsi**. Deskripsi merupakan salah satu kegiatan pertama yang dilakukan dalam sistematika. Kegiatan ini berisikan pemaparan batasan suatu takson atau ruang lingkup dan ciri-ciri suatu takson melalui pelukisan atau penggambaran terperinci dalam bentuk kata atau istilah; terkadang disertai dengan ilustrasi (Rifai, 2015). Bukan hanya benda hidup yang dapat dideskripsikan oleh pakar biologis, benda tak hidup seperti fosil juga perlu dideskripsikan (Winston, 1999). Dengan kata lain, deskripsi merupakan simpulan dari perwujudan suatu takson.

Tidaklah mungkin dalam mengenali suatu objek kita tidak dapat mencirikan objek tersebut dengan rinci. Seorang pedagang buah harus paham betul pohon mangga yang dijualnya. Apakah itu mangga manalagi, harum manis, golek, atau gedong gincu. Penjual jamu gendong harus mampu membedakan mana kunyit, temulawak, jahe, sambiloto, bahkan asam. Pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki sangat diperlukan dalam mengenali tumbuhan tersebut. Bahkan dalam mengenali orang yang kita cari, secara otomatis kita akan bertanya bagaimana rupa orang tersebut, sehingga tanpa

kita sadari seorang yang bukan pakar sistematika telah menerapkan kegiatan ini dalam hidupnya.

Selain takson yang digunakan sebagai bahan uji, kegiatan deskripsi memerlukan ciri (*character*) dan sifat ciri (*character state*) (Simpson, 2019). Dua macam ini nantinya dirinci, dianalisis, dan ditulis secara lengkap sehingga disajikan dalam bentuk bukti taksonomi. Dalam justifikasi nama dari suatu takson sampai dengan penerbitan publikasinya, deskripsi menjadi salah satu bagian terpenting dalam penelitian sistematika (Ross, 1956). Dalam topik ini, akan dibahas mengenai komponen deskripsi meliputi ciri dan sifat ciri, sumber bukti dalam penelitian sistematika, serta tata cara penulisan deskripsi suatu takson.

2.2 Ciri dan Sifat Ciri

Seperti yang telah disampaikan pada pendahuluan bahwa komponen deskripsi meliputi ciri dan sifat ciri. **Ciri** merupakan suatu penanda dari takson seperti: bentuk, susunan, jumlah, perilaku, ekologi dan ciri distribusi, serta kandungan kimia. Ciri ini dapat dibandingkan, dianalisis, dikelompokkan, maupun dipisahkan dari kelompok taksonnya (Sneath & Sokal, 1973; Schuh & Brower, 2009; Rifai, 2015). Ciri merupakan basis dasar dalam penelitian sistematika karena merupakan data utama dalam mengungkapkan status dari takson tersebut (Sivarajan, 1991). Penggunaan terminologi yang tepat dalam mengungkapkan ciri dan sifat ciri sangat diperlukan untuk memperlancar komunikasi dalam topik sistematika (Murrel, 2010). Bentuk daun dan warna mahkota bunga merupakan contoh dari ciri.

Dalam ciri terdapat variasi yang dimiliki oleh ciri tersebut. Variasi yang tampak pada ciri tumbuhan disebut **sifat ciri**. Saat kita berbicara warna mahkota yang merupakan ciri, variasi dari warna mahkota bunga adalah merah, kuning,

merah jambon, lembayung. Variasi warna yang tampak pada mahkota bunga tersebut merupakan sifat ciri. Tidak semua jenis tumbuhan diamati menggunakan ciri yang sama. Misalkan saja ciri dipakai pada Angiospermae lebih dominan diamati pada ciri bunganya. Hal ini berbeda dengan Alga yang terfokus pada ciri kandungan pigmen di dalamnya. Hubungan penggunaan ciri dan sifat ciri tampak pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Hubungan Ciri dan Sifat Ciri dalam Kegiatan Sistematika

Ciri	Sifat ciri
Filotaksis daun	berseling, berhadapan, berkarang
Simetri bunga	zigomorf, aktinomorf
Posisi bakal buah	hipogen, epigen, perigen
Posisi kepala putik	tegak, tegak dengan kepala bercabang dua
Tipe plasentasi	aksiler, parietal, bebas-ditengah, pangkal, dan seterusnya
Tipe aperture serbuk sari	beraluran, <i>colpate</i> , <i>colporate</i> , porat, dan seterusnya

Sumber: Sivarajan, 1991

Sifat ciri dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Stuessy (2009) menjelaskan bahwa sifat ciri kualitatif merupakan penjabaran ciri yang terbatas pada bentuk dan susunan dari ciri yang diamati (Tabel 2.2). Sifat ciri kualitatif biasanya sedikit atau tidak dipengaruhi oleh lingkungan, dikendalikan oleh gen sederhana, serta lebih mudah diwariskan (Nurhuda dkk., 2017).

Tabel 2.2. Ciri dan Sifat Ciri yang Bersifat Kualitatif

Ciri	Sifat ciri
Bentuk daun	membundar, membundar terbalik, melanset, atau garis
Perawakan	herba, perdu, atau pohon
Letak bakal buah	superior atau inferior

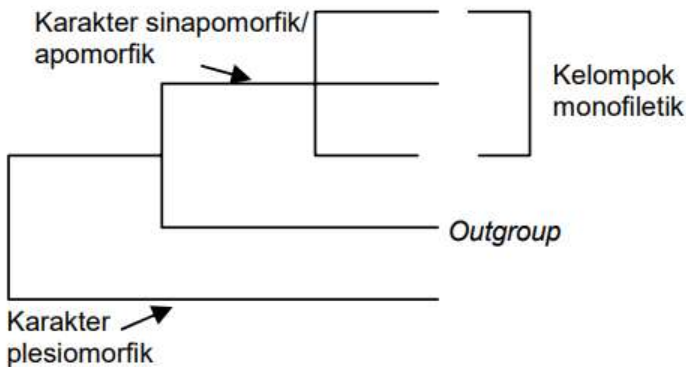
Sumber: Sivarajan, 1991

Berbeda dengan sifat ciri kualitatif, pengamatan ciri yang diukur dan disajikan dalam bentuk angka disebut sifat ciri kuantitatif (Stuessy, 2009). Panjang daun diukur dalam satuan cm, jumlah benangsari dituliskan dalam bentuk numerik, serta kerapatan indumentum permukaan daun dalam satuan mm^3 merupakan contoh dari sifat ciri kuantitatif.

Ciri dan sifat ciri sangat penting dalam kegiatan sistematika karena dapat digunakan dalam membatasi takson tersebut. Sifat ciri dapat disandi dalam bentuk kode angka. Pengkodean angka dapat berupa biner (0 dan 1) jika sifat ciri yang dimiliki hanya dua atau multivariat (0-9) jika memiliki sifat ciri lebih dari dua (Schuh & Brower, 2009; Stuessy, 2009). Sebagai contoh ciri adanya kelenjar getah dapat dituliskan tidak ada dan ada. Sifat ciri tidak ada disandikan angka 0 dan ada disandikan 1. Namun, jika berhadapan dengan sifat ciri yang bervariasi seperti warna mahkota bunga yaitu merah, kuning, kuning pucat, merah jambon dapat disandikan seperti berikut: merah (0), kuning (1), kuning pucat (2), serta merah jambon (3).

Dalam kasus ini, pengamatan ciri terkesan adanya model garis evolusi jelas dan menunjukkan adanya transisi dari satu sifat ciri ke sifat ciri yang lain. Dengan kata lain, sifat ciri dari suatu takson dapat digunakan dalam merekonstruksi

hubungan evolusi dari kelompok-kelompok organisme biologi (Hidayat & Pancoro, 2008; Rifai, 2015). Sebuah kelompok organisme yang memiliki kesamaan ciri dianggap memiliki hubungan kekerabatan sangat dekat dan diperkirakan berasal dari nenek moyang yang sama. Kelompok ini disebut dengan *ingroup*; sedangkan kelompok takson diluar *ingroup* yang digunakan sebagai pelengkap dan pembanding disebut dengan *outgroup* (Mai, 2017; Grant, 2019). Adanya kelompok *outgroup* pada takson menyebabkan terjadinya polarisasi ciri, yaitu ciri apomorfi dan plesiomorfi. Ciri apomorfi merupakan ciri yang berubah dan diturunkan, biasanya terdapat pada *ingroup*, lebih dikenal dengan ciri maju, sedangkan ciri plesiomorfi merupakan bentuk turunan atau dikenal dengan ciri primitif. Apabila terdapat dua atau lebih takson menampilkan adanya sifat ciri plesiomorf sama, sifat ciri itu disebut simplesiomorf. Jika suatu ciri apomorfi homolog dimiliki oleh dua atau lebih takson dan berasal dari moyang sama disebut dengan sinapomorfi (ciri bersama). Ciri yang diamati hanya dalam satu takson dan menunjukkan takson yang berbeda dengan yang lain disebut autapomorfi (Hidayat & Pancoro, 2008; Schuh & Brower, 2009; Rifai, 2015; Kholqiyah dkk., 2022). Pembahasan lebih lanjut mengenai kelompok *ingroup* dan *outgroup* beserta cara analisisnya akan dibahas pada topik hubungan kekerabatan dalam buku ini.



Gambar 2.1. Pohon kekerabatan dan polarisasi karakter dalam analisis filogenetika
(Sumber : Hidayat & Pancoro, 2008)

Semua ciri dapat digunakan dalam deskripsi tumbuhan, namun bergantung terhadap jenis dari takson tumbuhan yang diamatinya, sehingga pemilihan ciri tidak bisa sembarangan. Kevalidan suatu ciri pada jenis tumbuhan dibagi menjadi dua yaitu *good character* dan *bad character*. Sebuah ciri dikatakan *good character* apabila memenuhi kriteria berikut: 1) tidak tunduk pada variasi yang luas pada sampel yang diamati; 2) tidak memiliki variabilitas genetik; 3) tidak mengalami modifikasi lingkungan; 4) menunjukkan ciri yang bersifat konsisten (Davis & Heywood, 1963); sedangkan *bad character* merupakan kebalikan dari *good character* yaitu: 1) memiliki variasi yang luas; 2) memiliki variabilitas genetik; 3) mengalami modifikasi lingkungan; 4) ciri yang digunakan tidak konsisten. Penggunaan *good character* dan *bad character* dapat dilihat pada: ciri layak vs tidak layak, bermakna vs tidak bermakna (Sneath & Sokal, 1973). Dalam keperluan pengelompokan secara praktis, diperlukan ciri penanda dalam mengenali suatu takson tersebut yaitu **ciri diagnostik**. Misalkan saja suku *Asteraceae* memiliki ciri diagnostik

perbungaan terbagi menjadi dua tipe yaitu bunga pita dan bunga tabung. Namun saat hendak mencirikan jenis-jenis *Eupatorium*, ciri tipe perbungaan tidak dapat digunakan karena variasi ciri yang dimiliki pada *Eupatorium* cukup beragam. Bunga dan buah merupakan ciri diagnostik pada suku *Dipterocarpaceae* (Maury-Lechon & Curtet, 1998). Akan tetapi, apabila berhadapan dengan suku *Orchidaceae* maka ciri diagnostik bunga dan buah tidak berlaku. Ciri diagnostik perlu dicantumkan ke dalam deskripsi suatu tumbuhan terlebih publikasi jenis baru untuk membedakan takson dari kerabatnya secara ringkas. Ciri diagnostik dapat memberikan pemahaman kepada pembaca untuk memahami batasan takson tersebut dengan kerabat yang dibandingkannya (Hassemer dkk., 2020).

Dalam satu takson, mungkin saja akan menampilkan lebih dari satu sifat ciri dan bersifat tumpang tindih. Misalkan saja panjang helaian daun menunjukkan 5.1 cm, pada takson yang sama kita menemukan helaian daun dengan panjang 5.2 cm, 5.3 cm, 5.4 cm. Ciri ini disebut dengan **ciri kontinyu** (Stevens, 1991). Kasus ini terlihat pada marga *Lithospermum*. Cohen (2011) melaporkan bahwa ciri panjang tabung mahkota pada marga ini menunjukkan rentang yang luas (1 mm hingga 75 mm). Ukuran panjang yang beragam berpengaruh terhadap biologi polinasinya. Kebalikan dari ciri kontinyu adalah **ciri diskontinyu**, merupakan ciri yang bersifat jelas dan tidak tumpang tindih. Ciri diskontinyu dapat digunakan dalam membatasi suatu takson. Sebagai contoh rumput dan rumput teki dapat dibedakan secara jelas karena variasi ciri yang dimiliki tidak bersifat tumpang tindih (Sivarajan, 1991).

2.3 Sumber Ciri sebagai Bukti Taksonomi

Sebagai sebuah ilmu, taksonomi bersifat dasar dan memuncak. Dasar artinya ilmu taksonomi mendasari ilmu lain, sedangkan memuncak artinya taksonomi tidak dapat berdiri sendiri tanpa keberadaan ilmu lain. Dalam mendeskripsikan, menganalisis, dan mensintesis suatu takson diperlukan bukti. Bukti digunakan dari seluruh tubuh atau fase kehidupan dari suatu takson. Penggunaan bukti taksonomi benar-benar mendukung bahwa sistematika merupakan sintesis biologi karena semua data yang didapatkan berasal dari cabang biologi seperti morfologi, anatomi, biokimia, palinologi, sitologi, embriologi dan ontogeni, ekologi dan distribusi, serta molekuler.

2.3.1 Morfologi

Ciri ini merupakan salah satu ciri utama yang dipakai oleh pakar sistematika. Selama lebih dari dua abad terakhir (*era Theopratus* hingga *Thorne*) ciri ini paling dominan dibandingkan dengan bukti lain. Keunggulan ciri morfologi adalah mudah dilihat sehingga variasinya dapat dinilai dengan cepat dibandingkan dengan ciri lainnya (Stuessy, 2009; Cook dkk., 2010; Rifai, 2015). Penggunaan ciri morfologi terbagi menjadi dua bagian yaitu ciri generatif (akar, batang, daun) dan ciri vegetatif (bunga, buah, serta biji) baik makromorfologi maupun mikromorfologi. Penggunaan ciri morfologi mampu membatasi takson pada tingkatan suku hingga jenis (Singh, 2010).

Dalam menggunakan ciri morfologi. Seorang peneliti dituntut mempelajari banyak takson tumbuhan baik sama atau berbeda jenis hingga didapatkan kesimpulan terkait gagasan tentang kesamaan ciri takson tersebut (Kirchoff dkk., 2007). Apabila kita menggunakan ciri morfologi sebagai bukti, maka haruslah kuat dalam penguasaan terminologi ciri yang digunakan. Anda akan menjumpai istilah perawakan, *ptiksis*,

daun gantilan, serta beberapa istilah botani yang jarang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan buku terminologi seperti *Plant form: an illustrated guide to flowering plant morphology* (Bell, 1991), *Plant Identification Terminology: An Illustrated Glossary* (Harris & Harris, 1994), *Glosarium Biologi* (Rifai & Puryadi, 2008), dan *The Kew Plant Glossary: an illustrated dictionary of plant terms* (Bentjee, 2016) sangat disarankan dalam mendeskripsikan dengan bukti ini. Penggunaan istilah botani dapat dipakai dalam memberikan nama dari suatu takson tumbuhan pada epitet penunjuk jenis. Sebagai contoh *Begonia curvifolia* dan *B. ocellata*. Penunjuk jenis *curvifolia* merujuk pada daun melengkung, sedangkan *ocellata* merujuk pada bentuk daun membundar dan berbintik seperti pola pada ikan Pari (Ardi & Hughes, 2018). Kendala yang ditemukan dalam bukti ini antara lain: mudah termutasikan karena faktor lingkungan seperti tahap perkembangan, status kesehatan, umur, serta nutrisi (Rifai, 2015).

2.3.2 Anatomi

Data anatomi telah lama digunakan dalam mendeskripsikan tumbuhan sejak era pertengahan abad ke-20 oleh Hans Solereder pada publikasi berjudul *Systematische Anatomie der Dicotyledonen (2 vols.)* tahun 1899. Kekayaan data anatomi dapat digunakan dalam mendeskripsikan hubungan kekerabatan antar jenis takson serta menginterpretasi jalur evolusinya (Dickison, 2000; Singh, 2010; Rifai, 2015). Komparasi ciri anatomi telah digunakan oleh sejumlah peneliti dalam membatasi suatu takson pada tingkat suku hingga marga. Sejumlah ciri biasa dipakai dalam bukti anatomi antara lain batang, daun, hingga bakal buah pada bunga. Ciri daun memiliki potensi penting dalam deskripsi anatomi (Stuessy, 2009; Rifai, 2015; Setiawan & Ariyanti, 2018; Nikmah dkk., 2020). Pengambilan data anatomi tidak diharuskan berasal

dari spesimen segar, melainkan bisa dari spesimen herbarium hingga serpihan kayu. Tidak harus menggunakan sampel utuh dan lengkap seperti data morfologi. Bahkan, sampel untuk pengamatan ciri anatomi dapat dilakukan fiksasi terlebih dahulu sehingga proses pengerjaannya tidak perlu tergesa-gesa.

Saat akan mengonversikan data pengamatan anatomi dalam sebuah deskripsi, Anda harus mengetahui rentang variasi struktur anatomi pada tingkat individu, jenis, atau kelompok takson terkait. Variasi anatomi dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif (Dickison, 2000). Sebagai contoh keberadaan pembuluh tapis dapat digunakan sebagai penciri utama pada kelompok Angiospermae. Variasi bentuk dan pola dinding antiklinal sel epidermis, tipe dan posisi stomata, tipe trikoma, serta tipe sistolit dapat membatasi jenis-jenis *Strobilanthes* asal Sumatra (Suratman dkk., 2022). Bahkan, status taksonomi *Desmos* dan *Dasymachalon* menjadi jelas berdasarkan pola dinding antiklinal sel epidemis serta bentuk dan distribusi sebaran kristal (Nikmah dkk., 2020). Diperlukan ketelatenan serta kesabaran dalam mengungkap ciri anatomi karena selama pengerjaan peneliti harus berkutat dengan mikroskop. Penggunaan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan TEM (*Transmission Electron Microscope*) sangat disarankan jika diperlukan pengamatan struktur anatomi lebih detil.

2.3.3 Biokimia

Kajian biokimia menjadi nilai penting dalam deskripsi sistematika. Kaitan kandungan kimia suatu tumbuhan dipelajari dengan taksonomi disebut kemotaksonomi (Singh, 2010). Konsep ini diusung oleh DeCandolle di awal abad 19 dengan pernyataan yang diungkapkan sebagai berikut:

1. Taksonomi tumbuhan akan memudahkan dalam pencarian bahan industri dan obat;

2. Ciri kimia memiliki nilai penting terhadap taksonomi tumbuhan di masa depan.

Kemotaksonomi menitikberatkan pada senyawa-senyawa metabolit sekunder seperti fenol, alkaloid, terpenoid, dan asam amino. Penemuan ini menjadi angin segar bagi taksonomis, fitokimiawan, dan farmakologis dalam menyelesaikan permasalahan taksonomi (Singh, 2016).

Kemotaksonomi berguna dalam pembatasan takson tingkat suku hingga tingkatan takson di bawahnya serta analisis infrajenis (Gershenzon & Mabry, 1983; Judd dkk., 2007). Salah satu contoh kemotaksonomi yaitu tidak ditemukannya senyawa ellagitannin mendukung pemisahan marga *Daphniphyllum* dari suku *Euphorbiaceae*. Keberadaan senyawa 5-deoksiflavonoid mendukung pemindahan *Amphipterygium* ke dalam *Anacardiaceae*, sebelumnya berada pada suku tersendiri yaitu *Julianiaceae*. Adanya senyawa tropan alkaloid dan kalistegin menjadi penanda kemotaksonomi pada *Solanaceae* (Judd dkk., 2007; Pigatto dkk., 2015). Penentuan komponen alkil glukosinat memperjelas status taksonomi *Brassica juncea* yang berbeda lokasi geografi, dimana *B. juncea* asal India mengandung 3-butanil-glukosinat dan aliglukosinat, sedangkan *B. juncea* asal Asia hanya mengandung aliglukosinat. Perbedaan kandungan senyawa ini menunjukkan bahwa asal usul *B. juncea* dari India merupakan hibrid dari *B. nigra* (aliglukosilat) dan *B. campestris* (3-butanil-glukosinat) (Singh, 2010).

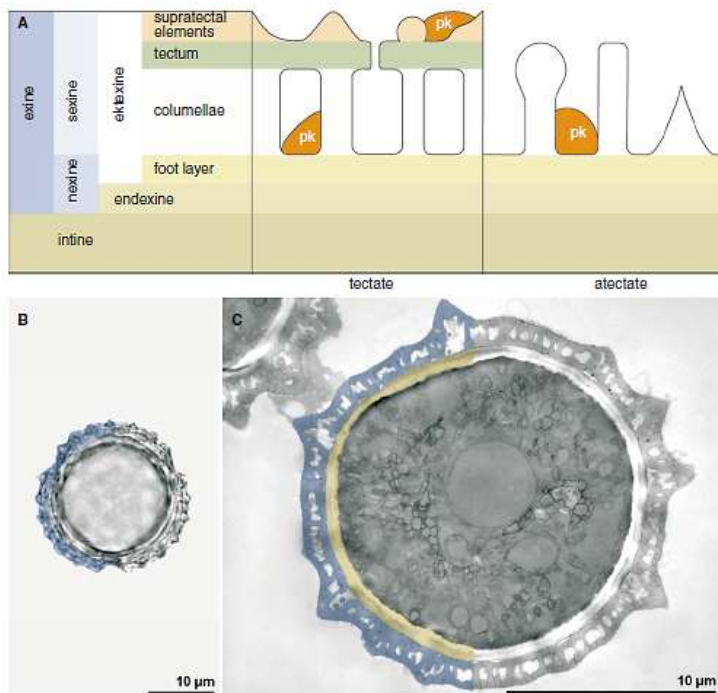
2.3.4 Palinologi

Spora dan serbuk sari merupakan bagian dari proses dimulainya kehidupan baru bagi tumbuhan memiliki peran penting dalam bidang sistematika. Ukurannya yang sangat kecil ternyata memiliki variasi morfologi pada tiap kelompoknya. *Palinologi* merupakan studi yang berkaitan dengan morfologi

spora dan serbuk sari. Studi ini pertama kali dipelajari oleh Lindley, von Mohl, Fritsche, hingga Francies Bauer (Davis & Heywood, 1963; Judd dkk., 2007; Stuessy, 2009).

Pengamatan serbuk sari sangat disarankan menggunakan mikroskop cahaya dan SEM untuk memvisualisasikan ciri umum serbuk sari seperti simetri, bentuk, ukuran, jumlah dan letak apertura, serta ornamentasi eksin. Terkadang, pengamatan dengan TEM juga diperlukan untuk mengamati stratifikasi dan ciri sitoplasmik (Halbritter dkk., 2018). Berdasarkan strukturnya, serbuk sari terbagi menjadi beberapa bagian yaitu lapisan terluar disebut **eksin**. Lapisan ini terbagi menjadi seksin dan neksin. Terdapat sebuah ruang interapertura diantara seksin dan neksin disebut **cavea**. Lapisan terdalam dari serbuk sari disebut **intin** (Gambar 2.2).

Ciri serbuk sari yang bernilai taksonomi antara lain: jumlah dan posisi alur; jumlah, posisi, dan kompleksitas apertura; ornamentasi eksin, serta jumlah pori. Semua ciri ini memiliki peran besar dalam dunia sistematika karena dapat membatasi takson pada semua tingkatan, hubungan kekerabatan inframarga antar kelompok ekologi dan antar infrajenis, serta intepretasi permasalahan yang berkaitan dengan asal, migrasi, evolusi bunga, kajian stratigrafi, paleoekologi, arkeologi, etnobotani, persebaran, kriminologi, dan biologi reproduksi (Davis & Heywood, 1963; Radford, 1986; Halbritter dkk., 2018; Lin dkk., 2023). Pembatasan jenis-jenis *Psidium* menjadi lebih jelas melalui pengamatan serbuk sari berdasarkan ciri tipe apertura, dimensi serta tipe ornamentasi eksin dan seksin ; yang tidak dapat diselesaikan dengan pendekatan morfologi (Tuler dkk., 2017). Bahkan, jenis-jenis *Gagea* asal Xinjing, China dapat dibedakan melalui pengamtatan serbuk sari berdasarkan ciri rasio P/E serta ornamentasi eksin (Lin dkk., 2023).

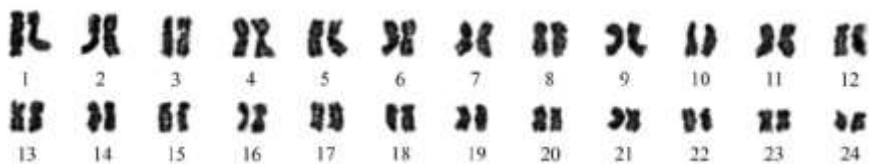


Gambar 2.2. Struktur serbuk sari. A. Irisan melintang dinding serbuk sari menunjukkan bagian-bagiannya; B. Serbuk sari *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae); C. Perbesaran serbuk sari *A. artemisiifolia* (Asteraceae) yang memperlihatkan lapisan eksin (biru) dan intin (kuning)
(Sumber : Halbritter dkk., 2018)

2.3.5 Sitologi

Penemuan mikroskop oleh Robert Hooke pada 1665 memberikan khazanah baru terkait sel makhluk hidup. Sitologi merupakan kajian yang mempelajari tentang seluk beluk sel seperti: bentuk, jumlah, dan ukuran kromosom; perilaku kromosom saat mitosis maupun meiosis, serta jumlah DNA (Stuessy, 2009). Kajian ini mulai terkenal pada beberapa dekade abad ke-20 seiring dengan perkembangan

biosistematika (Sivarajan, 1991). Dalam kajian sitologi, pengamatan perilaku kromosom saat mitosis pada tahap metafase selanjutnya dilukiskan dalam bentuk *kariotipe* yang memiliki nilai taksonomi (Gambar 2.3). Pengamatan jumlah kromosom pada tumbuhan bervariasi mulai dari $n=2$ (Angiospermae) hingga $2n=1440$ (tumbuhan paku *Opioglossum*) Secara garis besar, terdapat tiga macam jumlah kromosom. Tipe pertama yaitu kromosom pada tumbuhan berjumlah sama, contoh pada semua jenis *Pinus* memiliki jumlah kromosom $n=12$ atau jumlah kromosom pada *Quercus* adalah $n=12$. Pada tipe kedua jumlah kromosom mengalami multiplikasi yang memberikan efek *poliploid*. *Taraxacum* memiliki informasi kromosom $2n=16, 24, 32, 40, 48$. Tipe ketiga yaitu jumlah kromosom tubuh mengalami pelipatgandaan sebagai akibat penggabungan dua jenis organisme yang disebut *euploidi* (Davis & Heywood, 1963; Judd dkk., 2007).



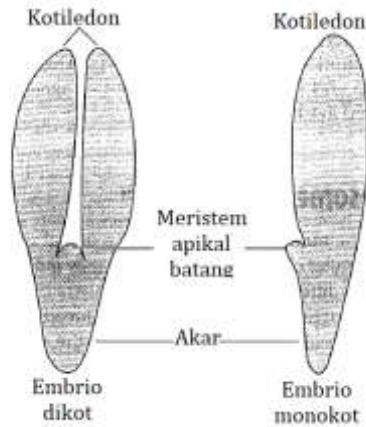
Gambar 2.3. Kariotipe sebagai data sitologi pada *Amomum curtisii* asal Thailand
(Sumber : Saensouk & Saensouk, 2021)

Informasi tentang kromosom sangat penting untuk mengetahui proses evolusi dan keanekaragaman tumbuhan. Ciri kromosom bersifat mantap dalam pengelompokan pada tingkatan di bawah suku, terutama jenis (Stace, 2000). Dalam tumbuhan paku, ciri sitologi sangat penting karena terkait dengan hubungan biogeografi dan identifikasi jenisnya (Harstuti dkk., 2011). *Disocorea* asal India memiliki variasi

jumlah kromosom yang beragam dan mengalami multiplikasi (Ramachandran, 1967). Data sitologi dapat menentukan status *Psidium cujavillus* tergolong dalam tingkatan infrajenis bersama dengan *P. guajava* (Marpaung & Hartana, 2014).

2.3.6 Ontogeni dan embriologi

Kajian embriologi mempelajari tentang perkembangan fase tumbuhan mulai dari perkembangan serbuk sari, gametofit jantan maupun betina, fertilisasi, embriogenesis, endosperma, hingga perkembangan biji (Stuessy, 2009). Perannya dalam dunia sistematika telah dibuktikan dalam pemecahan permasalahan ini pada tingkatan marga di atasnya. Pemisahan monokot dan dikot secara mendasar berdasarkan jumlah kotiledon merupakan implikasi dari data embriologi (Gambar 2.4). Bahkan, sejumlah suku tumbuhan tertentu memiliki ciri diagnostik berdasarkan data embriologi antara lain: pembentukan kantung pseudoembrio pada *Podostemaceae*, pembelahan tahap 3 sel terjadi pada serbuk sari dari *Cyperaceae*, kantung embrio bertipe *Oenothera* pada *Onagraceae*, serta keberadaan kalikuli di bawah tajuk pada *Loranthaceae* (Judd dkk., 2007; Stuessy, 2009; Singh, 2010). Identifikasi *Prionium serratum* tampak jelas berdasarkan bukti morfologi yang mengarah pada suku *Juncaceae* yaitu susunan serbuk sari tetrad, pembentukan endosperm bertipe helobial, serta tipe perkecambahan hipogeal (Munro & Linder, 1997).



Gambar 2.4. Pemisahan tumbuhan monokot dan dikot berdasarkan embrio biji
(Sumber : Judd dkk., 2007)

2.3.7 Ekologi dan distribusi

Setiap makhluk hidup menempati habitat yang sesuai dan terjadi interaksi baik secara biotik maupun abiotik. Interaksi ini ternyata dapat digunakan sebagai data penelitian sistematika. Dua data ini digunakan sebagai informasi tambahan terkait jenis yang dideskripsikan. Ekologi dan distribusi memiliki keterkaitan satu sama lain. Radford (1986) menjelaskan bahwa data ekologi memuat informasi mengenai tipe habitat, interaksi terhadap abiotik maupun biotik, spasial maupun temporal, serta kemampuan adaptif. Data distribusi terkadang diperlukan untuk mempelajari tipe distribusi geografi, migrasi, evolusi, serta pengaruh keberadaan jenis tersebut terhadap habitatnya.

Ekologi memberikan data terkait pemahaman takson berupa komposisi flora, hubungan kekerabatan genetik dan filogenetik, variasi di dalam populasi, mekanisme evolusi yang erat kaitannya dengan spesiasi, periode berbunga hingga berbuah, serta faktor pembatas. Beberapa jenis tumbuhan

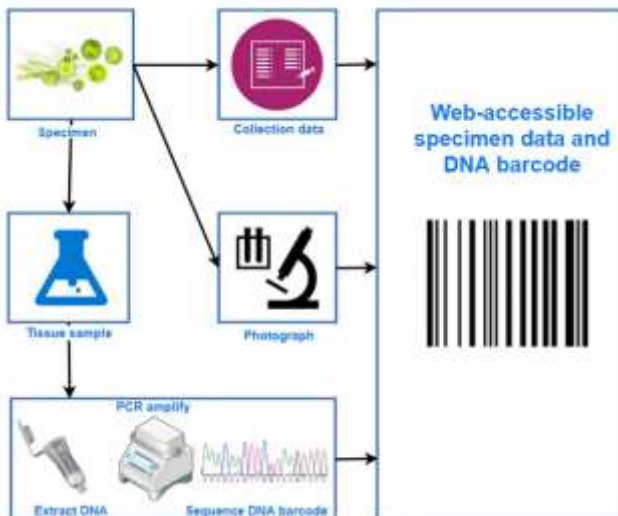
seperti *Opuntia* tidak tahan terhadap air, air disini sebagai faktor pembatas bagi *Opuntia*. *Cactaceae* tidak akan mungkin menjadi tumbuhan hidrofit, bahkan Anggrek tropis tidak mungkin hidup di kawasan Artik-Alpin (Kruckeberg, 1969; Radford, 1986).

Distribusi geografi memiliki korelasi terhadap kekerabatan takson pada semua tingkatan serta dapat digunakan dalam analisis filogenetik (Radford, 1986). Penggambaran pola distribusi dapat digambarkan dengan beberapa piranti perangkat lunak di masa sekarang seperti ArcGIS maupun QGIS. Bahkan, pemodelan distribusi dan kesesuaian habitat dapat digunakan sebagai pengambilan keputusan terhadap strategi konservasi. Hal ini dapat digambarkan dengan sebuah perangkat lunak bernama MaxEnt (Dai dkk., 2020). Penggunaan data distribusi geografi dapat memberikan gambaran pola persebaran *Puya* bersifat alopatrik dan dapat digambarkan terjadi divergensi dari dataran tinggi Guyana hingga Andes bagian utara (Varadarajan, 1990).

2.3.8 Molekuler

Kemajuan teknologi abad ke-20 membuka cakrawala pengetahuan dalam bidang sistematika. Kesulitan analisis data morfologi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan menjadi tersamarkan berkat bantuan DNA. Sebuah utas ganda berisikan informasi genetik suatu organisme dapat dijadikan sebagai pendekatan baru dalam menginformasikan variasi genetik di dalam suatu jenis dari organisme (Kowalska dkk., 2019). Penggunaan kode batang DNA (*DNA barcode*) dalam sistematika memiliki keunggulan lebih cepat, akurat, dan hanya memerlukan sekuen pendek saja untuk identifikasi tingkatan suatu takson (Hebert & Gregory, 2005). Berbagai penanda molekuler yang dapat digunakan dalam analisis ini didapatkan dari daerah inti atau kloroplas (CBOL, 2009). Melalui

pendekatan ini, sampel DNA yang belum diketahui identitasnya dibandingkan dengan pustaka terpercaya seperti NCBI. Cara kerja penanda ini seperti membeli barang di pasar swalayan. Barang yang memiliki *barcode* telah diintegrasikan dengan sistem data pasar swalayan. Dengan menggunakan teknik pindai *barcode*, barang tersebut telah diketahui identitasnya. Skema kerja penanda molekuler menggunakan DNA *barcode* diilustrasikan seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Skema kerja identifikasi organisme menggunakan penanda DNA *barcode*. (Sumber : Kowalska dkk., 2019)

Sekalipun dianggap sebagai penanda yang akurat dan stabil karena tidak terpengaruh oleh lingkungan, tidak boleh kita mendewakan bukti molekuler sebagai solusi tercepat dalam menyelesaikan permasalahan sistematika. Penanda molekuler seringkali disandingkan juga dengan penanda morfologi. Kerancuan hortikultoris pada pelabelan nama *Dorstenia elata* bukanlah nama jenis yang tepat sehingga dengan pendekatan molekuler status jenisnya menjadi jelas

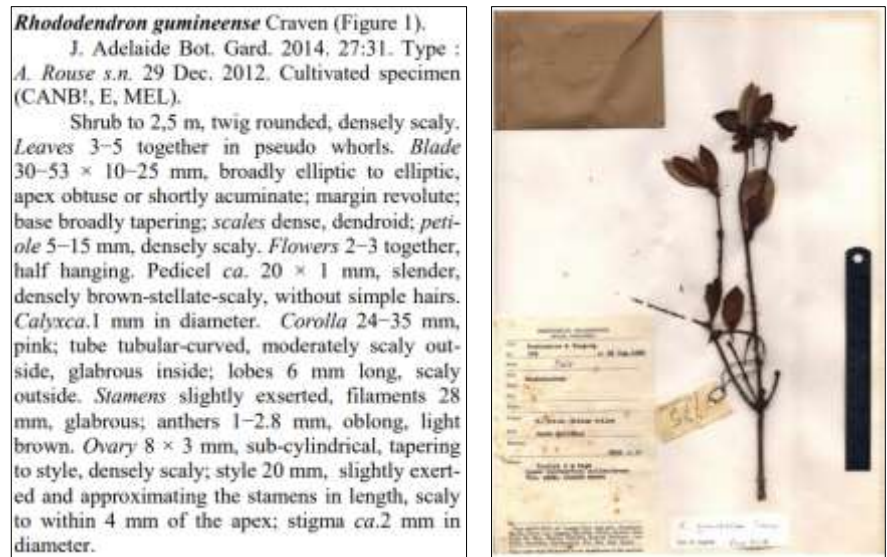
yaitu *D. bahiensis* (Irsyam dkk., 2021). Bahkan, tumbuhan *kamandin saebo* yang telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat Madura sebagai obat ternyata merupakan jenis dari *Asteraceae* endemik asal Pulau Madura berkat kecanggihan penanda ini (Hariri dkk., 2021).

2.4 Tata Cara Penulisan Deskripsi suatu Takson

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, seorang yang bekerja dalam bidang sistematika patutlah menyampaikan datanya. Dari sini akan disimpulkan kemudian menentukan batasan ruang lingkup takson yang dipelajarinya. Data tersebut disampaikan dalam bentuk deskripsi yang memuat informasi terkait takson yang sedang dipelajarinya. Deskripsi berbentuk paragraf mengalir yang memuat ciri dan sifat ciri yang kodratnya sebagian besar bersumber pada penanda morfologi. Deskripsi ini juga diperlukan gambar baik asli maupun sketsa dari bagian-bagian tumbuhan diamati sebagai pelengkap dan dapat dijadikan sebagai pengganti deskripsi.

Dalam membuat deskripsi yang nantinya dipublikasikan dalam sebuah karya sistematika berupa flora, revisi, maupun monografi perlu memerhatikan istilah biologi yang digunakan dalam mempelajari susunan tubuh organisme hingga paham. Deskripsi dituliskan secara ringkas, padat, lengkap, serta dapat dibandingkan dengan sesamanya. Penulisan deskripsi dibuat mulai dari ciri umum ke khusus, dari dasar ke ujung, dari luar ke dalam, serta dari organ umum hingga ke organ khusus. Sebagai contoh dalam mendeskripsikan bunga dimulai dari macam kelamin, dilanjutkan dengan bentuk umum dan simetri, serta dilanjutkan dengan organ umum hingga khusus meliputi: ciri tangkai bunga, kelopak tambahan, kelopak, mahkota, benang sari, tangkai sari, kepala sari, putik, bakal buah, dan bakal biji. Masing-masing bagian ini selanjutnya diperinci letak,

jumlah komponennya, bentuk, warna, serta ukuran. Sebagai contoh diberikan sebuah deskripsi tumbuhan berikut berdasarkan pendekatan morfologi pada Gambar 2.6.



A B
Gambar 2.6. Sebuah contoh deskripsi tumbuhan. A=deskripsi tertulis. Kata yang dicetak miring menandakan ciri yang diikuti dengan sifat ciri dari umum ke khusus, luar ke dalam, organ umum hingga organ khusus ; B=spesimen yang diamati (Sumber : Mambrasar, 2018)

Deskripsi suatu takson mencakup takson-takson di bawahnya. Semakin tinggi tingkatan takson, umumnya semakin pendek deskripsinya. Di dalam deskripsi, perlu dimuat ciri diagnosis yang menunjukkan takson tersebut berbeda dengan ciri yang dibandingkan dengan takson lain. Tujuannya yaitu memberikan kemudahan dalam pengenalan takson tersebut secara ringkas. Diagnosis digunakan dalam mengenalkan temuan jenis baru pertama kali dan diletakkan pada awal

deskripsi. Terkadang jenis baru tersebut dibandingkan dengan jenis berbeda yang dianggap sama dan dikombinasikan dalam bentuk tabel perbandingan (Gambar 2.7).

TAXONOMIC TREATMENT
Monoon longipetalum Nurmawati, sp. nov.
Figs. 1 & 2
Type: INDONESIA, Sumatra: West Sumatra, around hill of Ngalau Pangian, Lintau Buo, Kabupaten Tanah Datar (Fig 3.), about 24 km from Batusangkar city, 0°28'38.86"S, 100°44'49.15"E, 17 October 2000, Pitra A 52. In flower and fruit (holotype ANDA!, Isotype ANDA!, SING!).
Diagnosis: *Monoon longipetalum* is morphologically similar to *M. anomalum* (Becc.) B. Xue & R.M.K. Saunders and *M. borneense* (H. Okada) B. Xue & R.M.K. Saunders, both occurring in Sumatra with fusiform monocarps, wrinkled surface when dried, and long bluntly apiculate. Although the new species shares some characters with *M. anomalum* and *M. borneense*, the three species can be easily individually identified with the combination of characters presented in table 1.

A

Table 1. Comparison of morphological characters between <i>Monoon longipetalum</i> , <i>M. anomalum</i> and <i>M. borneense</i> .			
Characters	<i>M. longipetalum</i>	<i>M. anomalum</i>	<i>M. borneense</i>
Leaf apex	shortly acuminate	abruptly acuminate	abruptly acuminate
Leaf size	20–35 × 9–13 cm	5–22 × 3.5–8 cm	7–23 × 3–6 cm
Inflorescence position	ramiflorous	cauliflorous	cauliflorous
Flower	1–6 flowers in fascicles	> 10 flowers in fascicles	> 10 flowers in fascicles, generally on short branched axes arising from the trunk
Sepal shape and size	broadly triangular, 6–8 × 7–8 mm	ovate, 4–5 × 3–4 mm	ovate, 8–10 × 6–8 mm
Sepal indument	hairy abaxially more densely at the margin, glabrous adaxially	lanceolate	lanceolate
Petal shape	oblong	oblong	oblong
Outer petal size	7–9 × 0.6–0.8 cm	2–3 × 0.6–0.7 cm	4–5 × 0.6–1 cm
Inner petal size	6–8 × 0.4–0.5 cm	1.5–2.7 × 0.5–0.6 cm	3–4 × 0.7–0.8 cm
Petal indument	velutinous on both sides, more densely to the apex	glabrous abaxially, velutinous adaxially	sparsely hair on both sides, more densely to the margin
Ovary surface	glabrous	pubescent	glabrous
Stigma surface	pubescent	glabrous	pubescent
Torus diameter	ca 0.5 cm	2–2.5 cm	3–3.5 cm
Monocarp size	6–8 × 1.8–2 cm	7–8 × 2–2.5 cm	2.5–6 × 1.3–1.6 cm

B

Gambar 2.7. Sebuah contoh deskripsi temuan jenis baru. A=deskripsi tertulis yang menyajikan ciri diagnosis dalam mengenalkan tumbuhan jenis baru; B=perbandingan ciri yang termuat pada jenis baru dengan jenis yang dianggap sama dan dikombinasikan dalam bentuk tabel perbandingan (Sumber : Nurmawati dkk., 2019)

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, W. H., Hughes, M. 2018. Two new species of *Begonia* from Sumatra. *Edinburgh Journal of Botany*, 75 (3), 297–304. doi: 10.1017/S0960428618000136.
- Bell, A. 1991. *Plant Form: An Illustrated Guide to Flowering Plant Morphology*. Amerika Serikat: Timber Press.
- Bentjee, H. 2016. *The Kew Plant Glossary: An Illustrated Dictionary of Plant Terms. 2nd Edition*. Inggris Raya: Royal Botanic Gardens, Kew.
- CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *PNAS*, 106 (31), 12794-12797. doi: 10.1073/pnas.0905845106.
- Cohen, J. I. 2011. A phylogenetic analysis of morphological and molecular characters of *Lithospermum* L. (Boraginaceae) and related taxa: evolutionary relationships and character evolution. *Cladistics*, 27 (6), 559–580. doi: 10.1111/j.1096-0031.2011.00352.x.
- Cook, L. G., Edwards, R. D., Crisp, M. D., Hardy, N. B. 2010. Need morphology always be required for new species descriptions?. *Invertebrate Systematics*, 24 (3), 322–326 doi: 10.1071/IS10011.
- Dai, X., Wu, W., Ji, L., dkk. 2020. MaxEnt model-based prediction of potential distributions of *Parnassia wightiana* (Celastraceae) in China. *Biodiversity Data Journal*, 10, 1–16 doi: 10.3897/BDJ.10.e81073.
- Davis, V. H., Heywood, P. H. 1963. *Principles of Angiosperm Taxonomy*. New York: D. Van Nostrand Co.
- Dickison, W. C. 2000. *Integrative Plant Anatomy*. Amerika Serikat: Academic Press.

- Gershenzon, J., Mabry, T. J. 1983. Secondary metabolites and the higher classification of angiosperms. *Nordic Journal of Botany*, 3 (1), 5–34. doi: 10.1111/j.1756-1051.1983.tb01442.x.
- Grant, T. 2019. Outgroup sampling in phylogenetics: Severity of test and successive outgroup expansion. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 57 (4), 748–763. doi: 10.1111/jzs.12317.
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., dkk. 2018. Illustrated Pollen Terminology. Amerika Serikat: Springer.
- Harris, J. G., Harris, M. W. 1994. *Plant Identification Terminology: An Illustrated Glossary*. Amerika Serikat: Spring Lake Pub.
- Hariri, M. R., Irsyam, A. S. D., Setiawan, A. B., dkk. 2021. Identifikasi molekuler dan karakterisasi morfologi kamandin saebo, tumbuhan obat dari Pulau Madura. *Biotika*, 19 (2), 41–48. doi: 10.24198/biotika.v19i2.35627.
- Harstuti, D. V., Praptosuwiryo, T. N., Djuita, N. R. 2011. Sitologi dan tipe reproduksi *Pteris multifida* Poir. (Pteridaceae). *Buletin Kebun Raya*, 14 (1), 8–18.
- Hassemer, G., Prado, J., Baldini, R. M. 2020. Diagnoses and descriptions in Plant Taxonomy: Are we making proper use of them?. *Taxon*, 69 (1), 1–4. doi: 10.1002/tax.12200.
- Hebert, P. D. N., Gregory, T. R. 2005. The promise of DNA barcoding for taxonomy. *Systematic Biology*, 54 (5), 852–859. doi: 10.1080/10635150500354886.
- Hidayat, T., Pancoro, A. 2008. Kajian filogenetika molekuler dan peranannya dalam menyediakan informasi dasar untuk meningkatkan kualitas sumber genetik anggrek. *Jurnal AgroBiogen*, 4 (1), 35–40. doi: 10.21082/jbio.v4n1.2008.p35-40.

- Irsyam, A. S. D., Hariri, M. R., Peniwidiyanti, Irwanto, R. R. 2021. Short Communication: Note on the genus *Dorstenia* Plum. ex L. (Moraceae) in Java (Indonesia) and noteworthy information on the identity of *D. bahiensis* through ITS sequence. *Biodiversitas*, 22 (8), 3358–3363. doi: 10.13057/biodiv/d220832.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellong, E. A. dkk. 2007. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. 3rd Edition. Amerika Serikat: Sinaeur Associates.
- Kirchoff, B. K., Ritcher, S. J., Remington, D. L. 2007. Characters as groups: a new approach to morphological characters in phylogenetic analysis. *Taxon* 56 (2), 479–492. doi: 10.1002/tax.562018.
- Kholqiyah, S. F., Wahyudi, D., Hapsari, L. 2022. Kekerabatan fenetik *Heliconia* spp. koleksi Kebun Raya Purwodadi berdasarkan deskriptor kualitatif. *Buletin Plasma Nutfah*, 28 (1), 45–56. doi: 10.13057/BIODIV/D200505.
- Kowalska, Z., Pniewski, F., Latala, A. 2019. DNA barcoding – A new device in phycologist's toolbox. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 19 (3), 417–427. doi: 10.1016/j.ecohyd.2019.01.002.
- Kruckeberg, A. R. 1969. The implications of ecology for plant systematics. *Taxon*, 18 (1), 92–120. doi: 10.2307/1218592.
- Lin, M., Qiu, J., Xie, K., Tan, D. 2023. Palynological features and taxonomic significance for 16 species of *Gagea* (Liliaceae) from Xinjiang, China. *Phytokeys*, 225, 53–68. doi: 10.3897/phytokeys.225.101518.
- Mai, U., Sayyari, E., Mirarab, S. 2017. Minimum variance rooting of phylogenetic trees and implications for species tree reconstruction. *PLOS One*, 12 (8), 1–19. doi: 10.1371/journal.pone.0182238.

- Mambrasar, Y. M. 2018. *Rhododendron gumineense* Craven (Ericaceae, Submarga Vireya), rekaman baru untuk Indonesia. *Floribunda*, 6 (1), 19–21. doi: 10.32556/floribunda.v6i1.2018.248.
- Maury-Lechon, G., Curtet, L. 1998. Biogeography and Evolutionary Systematics of Dipterocarpaceae. Dalam: *A Review of Dipterocarps: Taxonomy, ecology and silviculture*. Appanah, S., Turnbull, J. M. (eds). Bogor: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Marpaung, Y. A. B., Hartana, A. 2014. Status taksonomi *Psidium cujavillus* Burm.f. *Floribunda*, 5 (1), 1–10. doi: 10.32556/floribunda.v5i1.2014.120.
- Munro, S. L., Linder, H. P. 1997. The embryology and systematic relationships of *Pronium serratum* (Juncaceae: Juncales). *American Journal of Botany*, 84 (6), 850–860. doi: 10.2307/2445821.
- Murrel, Z. 2010. *Vascular Plant Taxonomy. 6th Edition*. Amerika Serikat: Kendall Hunt Publishing.
- Nikmah, I. A., Rugayah, R., Chikmawati, T. 2020. Leaf anatomical variation in *Desmos* Lour. and *Dasymaschalon* (Hook. f. & Thomson) Dalla Torre & Harms species (Annonaceae). *Biodiversitas*, 21 (7), 3317–3330. doi: 10.13057/biodiv/d210756.
- Nurhuda, A., Yusnita, Hapsoro, D. 2017. Identifikasi karakter kuantitatif dan kualitatif beberapa varietas tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Agrotek Tropika*, 5 (2), 68–74. doi: 10.23960/jat.v5i2.1829.
- Nurmawati, S., Ariyanti, N. S., Chikmawati, T., Kessler, P. J. A. 2019. *Monoon longipetalum* (Annonaceae) - a new species from Sumatra, Indonesia. *Taiwania*, 64 (3), 235–239. doi: 10.6165/tai.2019.64.235.

- Pigatto, A. G. S., Blanco. C. C., Mentz, L. A., dkk. 2015. Tropane alkaloids and calystegines as chemotaxonomic markers in the Solanaceae. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 87 (4), 2139–2149. doi: 10.1590/0001-3765201520140231.
- Radford, A. E. 1986. *Fundamentals of Plant Systematics*. New York: Harper & Row Publisher.
- Ramachandran, K. 1967. Cytological studies in Dioscoreaceae. *Cytologia*, 33, 401–410.
- Rifai, M. A., Puryadi, D. 2008. *Glosarium Biologi*. Jakarta: Pusat Bahasa Kemendikbud.
- Rifai, M. A. 2015. *Asas-Asas Sistematika Biologi*. Bogor: Herbarium Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi LIPI.
- Ross, E. S. 1956. What is species describing?. *Systematics Biology*, 5 (4), 191–192. doi: 10.2307/2411921.
- Saensouk, P., Saensouk, S. 2021. Diversity and cytological studies of the Genus *Amomum* Roxb. former *Elettariopsis* Baker (Zingiberaceae) in Thailand. *Biodiversitas*, 22 (6), 3209–3218. doi: 10.13057/biodiv/d220624.
- Schuh, R. T., Brower, A, V. Z. 2009. *Biological Systematics: Principles and Applications*. 2nd Edition. New York: Cornell University Press.
- Setiawan, A. B., Ariyanti, N. S. 2018. Ciri anatomi untuk identifikasi jenis-jenis *Eleocharis* (Cyperaceae) Pulau Madura. *Floribunda*, 5 (8), 291–298. doi: 10.32556/floribunda.v5i8.2018.222.
- Simpson, M. G. 2019. *Plant Systematics*. 3rd Edition. Amerika: Academic Press.
- Singh, G. 2010. *Plant Systematics: An Integrated Approach*. 3rd Edition. Amerika Serikat: Science Publishers Inc.
- Singh, R. 2016. Chemotaxonomy: a tool for plant classification. *JMPS*, 4 (2), 90–93.

- Sivarajan, V. V. 1991. *Introduction to the Principles of Plant Taxonomy. 2nd Edition*. Oxford: Cambridge University Press.
- Sneath, P. H., Sokal, R. R. 1973. *Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification. 1st Edition*. San Fransisco: W. H. Freeman.
- Stace, C. A. 2000. Cytology and cytogenetics as a fundamental taxonomic resource for the 20th and 21st centuries. *Taxon*, 49 (3), 451–477. doi: 10.2307/1224344.
- Stevens, P. F. 1991. Character states, morphological variation, and phylogenetic analysis: a review. *Systematic Botany*, 16 (3), 553–583. doi: 10.2307/2419343.
- Stuessy, T. F. 2009. *Plant Taxonomy: The Systematic Evaluation of Comparative Data. 2nd Edition*. New York: Columbia University Press.
- Suratman, S., Suranto, S., Muzazzinah, M., Purnomo, P. 2022. Leaf anatomical characters variation of *Strobilanthes* s.l. from Sumatra, Indonesia and its taxonomic implications. *Biodiversitas*, 23 (7), 3706–3721. doi: 10.13057/biodiv/d230748.
- Tuler, A. C., da Silva, T., Carrijo, T. T., dkk. 2017. Taxonomic significance of pollen morphology for species delimitation in *Psidium* (Myrtaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 303, 317–327. doi: 10.1007/s00606-016-1373-8.
- Varadarajan, G. S. 1990. Patterns of geographic distribution and their implications on the phylogeny of *Puya* (Bromeliaceae). *Journal of the Arnold Arboretum*, 71 (4), 527–552. doi: 10.2307/43782604.
- Winston, J. E. 1999. *Describing Species: Practical Taxonomic Procedure for Biologists*. New York: Columbia University Press.

BAB 3

IDENTIFIKASI DAN TATA NAMA

Oleh Ite Morina Yostianti Tnunay

3.1 Identifikasi

Identifikasi adalah sebuah komponen Taksonomi dan biasa disebut juga dengan determinasi. Identifikasi dapat diartikan sebagai penentuan atau penetapan dari satu makhluk untuk digolongkan ke dalam kelompok makhluk yang identitasnya sudah diketahui sebelumnya. Hal ini berarti, makhluk yang diidentifikasi akan dibandingkan, dicocokkan, atau dipersamakan dengan salah satu anggota dari kelompok yang ada. Jika terdapat kemiripan atau kesamaan antara makhluk maka dapat dikatakan bahwa makhluk tersebut telah dideterminasi atau diidentifikasi (Rifai, 2015). Identifikasi dapat juga berarti pengungkapan atau penetapan identitas dari suatu makhluk yang dilakukan dengan menentukan nama serta tempatnya yang tepat di dalam sistem klasifikasi yang digunakan (Tjitrosoepomo, 1998). Berdasarkan pengertian yang ada dapat dikatakan bahwa identifikasi tumbuhan adalah proses penentuan identitas suatu tumbuhan dan kelompoknya dalam sistem klasifikasi.

Tujuan utama dilakukannya identifikasi adalah diperolehnya nama ilmiah tumbuhan yang akan diidentifikasi. Namun, identifikasi yang dilakukan pada tumbuhan cenderung mendapati dua peluang yakni: 1) tumbuhan yang hendak diidentifikasi belum diketahui namanya atau belum diketahui kelompoknya; dan 2) tumbuhan yang hendak diidentifikasi telah dikenal dan diketahui identitasnya sehingga akan diperoleh informasi baik namanya maupun letaknya dalam

sistem klasifikasi. Oleh karena itu, nama golongan makhluk atau nama takson yang dihasilkan dari proses identifikasi dapat langsung diperoleh nama jenis, nama marga, atau hanya mendapatkan nama sukunya, atau hanya baru diketahui kelompok besarnya saja. Proses penamaan berperan sangat penting dalam sistem klasifikasi karena selain menyediakan sebuah nama dan klasifikasi makhluk hidup tetapi juga menjadi sarana agar dapat dilakukannya identifikasi di kemudian hari (Rifai, 2015).

Kegiatan mengidentifikasi makhluk hidup adalah sebuah kegiatan yang tidak mudah sebab dibutuhkan ketekunan, kecekatan, dan kelengkapan alat untuk identifikasi. Sebelum melakukan identifikasi dibutuhkan juga beberapa langkah, yaitu: 1) pengumpulan spesimen dapat berupa spesimen hidup atau spesimen yang diawetkan; 2) pembuatan deskripsi dan gambar-gambar lengkap yang memuat ciri diagnostik tumbuhan sehingga dapat dibandingkan dengan spesimen sebelumnya; dan 3) penentuan metode yang akan digunakan untuk melakukan identifikasi.

3.1.1 Langkah Identifikasi

Setelah dilakukannya persiapan untuk identifikasi, langkah selanjutnya yaitu membandingkan, mencocokkan serta menyamakan ciri-ciri tumbuhan yang akan diidentifikasi dengan ciri-ciri tumbuhan lain yang sebelumnya sudah dikenal identitasnya. Proses tersebut menggunakan beberapa metode identifikasi sebagai berikut (Tjitrosoepomo, 1998; Singh, 2010; Rifai, 2015; Chikmawati *et al.*, 2020;).

Ingatan. Metode ini dilakukan berdasarkan ingatan jenis tumbuhan atau pengalaman pengenalan tumbuhan yang diperoleh sebelumnya. Kita dapat mengenali satu tumbuhan karena identitas atau jati dari tumbuhan yang akan diidentifikasi sama dengan tumbuhan yang sudah dikenali sebelumnya. Pengetahuan identitas tumbuhan dapat diperoleh di kelas saat kegiatan praktikum, pernah disampaikan atau

ditunjukkan oleh orang lain, dapat juga pernah dilihat gambarnya, atau pernah diteliti, dan sebagainya.

Bantuan Orang. Identifikasi tumbuhan dapat juga dilakukan dengan meminta bantuan kepada para ahli sistematika tumbuhan yang bekerja pada lembaga riset dan dapat juga kepada siapa saja yang bisa memberikan pertolongan. Para ahli sistematika memiliki pengalaman melakukan identifikasi sehingga berdasarkan ingatannya tumbuhan dapat diidentifikasi dapat cepat. Jika para ahli menemukan kesulitan maka dapat digunakan metode lain untuk identifikasi. Biasanya jasa ahli sistematika berbayar. Ahli sistematika juga kebanyakan mempunyai spesialisasi yang sempit misalnya ahli yang menguasai hanya satu macam suku atau pada satu kelompok marga yang anggotanya besar dan sukar.

Spesimen Acuan. Proses identifikasi dapat juga dibuat dengan cara membandingkan tumbuhan yang akan diidentifikasi dengan tumbuhan acuan yang telah diberikan label (etiket) yang berisikan identitasnya. Spesimen tumbuhan acuan dapat berbentuk tumbuhan yang masih hidup, contohnya tumbuhan-tumbuhan yang ditanam di kebun raya. Spesimen yang menjadi acuan juga dapat berupa spesimen kering misalnya bahan untuk herbarium atau bahan tumbuhan di museum. Spesimen yang dijadikan sebagai tumbuhan acuan biasanya dikoleksi dalam jumlah yang banyak, dapat disimpan serta disusun menggunakan suatu sistem tertentu sehingga dapat membantu memperlancar proses identifikasi.

Pustaka. Teknik lain yang digunakan untuk melakukan identifikasi adalah dengan membandingkan serta mencocokkan ciri dan sifat ciri tumbuhan yang akan diidentifikasi dengan deskripsi atau gambar yang tertera didalam pustaka. Deskripsi maupun gambar acuan dapat ditemukan pada laporan hasil penelitian sistematika tumbuhan yang ditulis dalam bentuk monografi, revisi, flora, buku pegangan maupun bentuk

lainnya. Kendala yang dihadapi pada metode ini adalah karya ilmiah yang ditulis terbagi dalam jurnal berkala ilmiah, dalam beragam bahasa, serta ditulis oleh para ahli sistematika biologi dari berbagai negara dengan bidang minat yang spesifik. Oleh karena itu, dibutuhkan lebih banyak waktu guna menemukan pustaka yang tepat, membaca, mempelajari, serta membandingkan deskripsi dari tumbuhan yang akan diidentifikasi. Beberapa pustaka juga telah memuat kunci identifikasi sehingga dapat memudahkan kendala yang dihadapi. Laporan penelitian lainnya berbentuk flora yang berisikan kumpulan tumbuhan yang berada di sebuah wilayah, misalnya *Flora of Java*, *Flora Malesiana*, *Flora of Turkey*, dan sebagainya. Beberapa jurnal yang memuat penelitian taksonomi misalnya *Taxon*, *Kew bulletin*, *Plant Systematics and Evolution*, *Botanical Journal of Linnaean Society*, dan *Adansonia*.

Komputer. Pesatnya perkembangan teknologi dan biometrika sekarang menyebabkan telah tersedianya media elektronik modern yang sudah diprogramkan untuk menyimpan, mengolah, dan memberikan kembali berbagai data dan informasi yang berkaitan dengan tumbuhan yang akan diidentifikasi. Oleh karena itu, proses identifikasi kini sudah dapat dilakukan dengan bantuan komputer. Sistem yang dibentuk sudah dapat diakses secara bebas. Selain itu ditemukan juga aplikasi-aplikasi pada ponsel pintar yang dapat dimanfaatkan untuk identifikasi. Hanya dengan mengunggah gambar tumbuhan pada aplikasi nama tumbuhan akan tampil pada layar. Tersedia juga informasi tumbuhan yang tertuang pada situs-situs resmi herbarium dunia yang mudah diakses.

Penyepadanan. Metode penyepadanan dilakukan apabila terdapat kesulitan dalam mencocokkan semua ciri dan sifat ciri yang digunakan atau karena variasi diri yang melekat antar individunya berpola secara tidak beraturan. Oleh karena itu dibutuhkan uji lanjutan untuk memastikan informasinya, misalnya uji biokimia dan anatomi.

DNA barcoding. Metode ini adalah pendekatan terbaru untuk memperbaiki identitas jenis yang berbeda. Metode adalah teknik untuk mengkarakterisasi jenis organisme menggunakan urutan DNA pendek yang disepakati dari genom. Urutan DNA barcode relatif pendek dan diperoleh dengan cepat. Gen yang digunakan untuk barcode tumbuhan adalah *rbcl* dan *matK*.

Jika telah dilakukan upaya identifikasi tetapi belum diperoleh namanya maka biasanya tumbuhan kemudian akan diidentifikasi hingga tingkat marga atau suku, dan seterusnya. Tumbuhan yang belum mempunyai identitas selanjutnya dapat diberikan identitas atau diberikan nama sesuai dengan mengikuti ketentuan yang diatur. Oleh pembuat identifikasi, spesimen yang belum dikenal kemudian dibuatkan deskripsinya disertai dengan gambar yang memuat ciri diagnostiknya. Berdasarkan hasil studi selanjutnya tumbuhan tersebut akan digolongkan ke dalam takson baik marga, suku, bangsa, kelas, dan devisinya. Pembuatan nama baru harus sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam *International Code of Botanical Nomenclature* atau Kode Internasional Tatanama Tumbuhan (KITTT). Identitas nama tumbuhan yang baru selanjutnya dipublikasi menurut ketentuan KITTT. Biasanya nama baru yang dikeluarkan dikerjakan oleh peneliti atau orang yang berkecimpung dalam dunia taksonomi tumbuhan (Tjitrosoepomo, 1998).

3.1.2 Kunci Identifikasi

Penggunaan kunci identifikasi merupakan metode identifikasi yang paling banyak dimanfaatkan orang untuk mengidentifikasi suatu tumbuhan terutama bagi yang belum memiliki spesimen acuan dalam jumlah cukup. Kunci identifikasi adalah sebuah alat analisis buatan yang sengaja dibuat secara khusus guna memperlancar kegiatan identifikasi. Kunci identifikasi sering dijumpai pada tulisan-tulisan

sistematika (Rifai, 2015). Kunci identifikasi dalam pustaka pertama kali ditemukan pada Flore Francoise hasil karya dari Lamarcks dan De Candolle's pada tahun 1778 (Chikmawati *et al.*, 2020).

Identifikasi menggunakan bantuan kunci wajib dilakukan secara bertahap karena masing-masing kunci mempunyai batasannya masing-masing. Terdapat kunci identifikasi yang dibuat hanya untuk identifikasi takson hingga suku saja, atau marga, atau jenis. Tiap-tiap tingkatan perlu diikuti secara beruntun dan tahap demi tahap hingga diperoleh jawaban yang diinginkan. Hal yang wajib diperhatikan adalah ketika sudah diperoleh jawaban dari kunci yang digunakan baik itu nama jenis, marga, atau suku perlu dilakukan penyesuaian deskripsi takson yang diperoleh. Jika terdapat kesamaan maka dianggap bahwa identifikasi sudah dilakukan dengan baik tetapi apabila deskripsinya berbeda maka kemungkinan telah terjadi kekeliruan ketika memakai kunci identifikasi atau ketika proses pembuatan kunci identifikasinya (Rifai, 2015).

Kunci identifikasi biasanya berisi ciri khas atau ciri diagnostik dari takson kelompoknya. Ciri yang terdapat dalam kunci identifikasi akan disusun sedemikian rupa akibatnya pengguna kunci secara bertahap terkesan dipaksa untuk menentukan satu dari dua atau beberapa ciri yang sengaja dipertentangkan hingga pada akhirnya akan didapatkan sebuah hasil berupa identitas tumbuhan yang diidentifikasi (Rifai, 2015). Ciri yang umumnya tertuang dalam kunci identifikasi adalah ciri vegetatif yang sifatnya tetap dan tetap terlihat dalam kurun waktu yang lama misalnya, daun berseling vs daun berkarang. Ciri demikian sering digunakan karena akan berguna meskipun tumbuhan sedang dalam keadaan tidak berbunga atau steril. Meskipun demikian, ciri kuantitatif juga merupakan ciri penting yang dapat dimasukkan dalam kunci identifikasi. Ciri kualitatif juga lebih sering digunakan

dibandingkan dengan ciri generatif. Hal tersebut karena hasil pengukuran ciri kuantitatif dapat bersifat tumpang tindih dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Chikmawati *et al.*, 2020).

Terdapat tiga macam kunci identifikasi yang sering digunakan, yakni: 1) kunci perbandingan; 2) kunci sinopsis; dan 3) kunci analisis. **Kunci perbandingan** atau poliklad atau kunci berlipat ganda memuat semua takson yang tergolong di dalamnya dan semua sifat ciri utamanya akan dicantumkan sekaligus, sehingga kunci ini dapat dipergunakan untuk membandingkan semua takson yang tercakup didalamnya. Pengguna kunci perbandingan bisa menentukan tempat mana atau ciri apa yang akan dipakai sebagai langkah awal guna memulai memakai kunci itu. Jadi pengguna kunci tidak harus menggunakannya secara bertahap seperti pada kunci analisis. Pola ini cenderung menguntungkan bagi pengguna yang tidak memiliki ciri tumbuhan yang lengkap. **Kunci sinopsis** disebut juga kunci Leenhouts atau kunci padat. Kunci sinopsis berisikan daftar ciri yang disusun secara efisien dan pada bagian akhir setiap sifat ciri akan ditambahkan nomor takson. Identifikasi dapat dimulai pengguna dengan memilih satu dari sifat ciri yang dimiliki tumbuhan yang akan diidentifikasi, kemudian seluruh nomor takson yang sesuai dengan ciri tumbuhan dicatat. Selanjutnya dipilih lagi sifat ciri lain kemudian dari daftar ciri yang ada dapat dituliskan nomor takson yang tidak ada dan dapat dihilangkan atau dicoret dari urutan nomor takson yang telah ditulis sebelumnya. Akhirnya, dengan pengulangan pengambilan ciri-ciri lainnya maka kemudian hanya tersisa satu nomor takson tumbuhan yang merupakan identitas tumbuhan yang akan diidentifikasi. **Kunci analisis** atau dikotom adalah jenis kunci yang lebih sering dimanfaatkan dalam identifikasi. Penyusunan kunci analisis lebih sering menggunakan ciri bunga dan buah. Kunci analisis terdiri atas deretan bait atau biasa disebut kuplet. Masing-masing bait mengandung dua atau beberapa baris yang biasa

disebut penuntun dan bertuliskan sifat ciri yang dibandingkan dengan baris pasangannya. Biasanya bait akan diberi nomor secara berurutan sedangkan untuk penuntun biasanya ditandai dengan huruf sehingga dapat digunakan dengan lebih mudah. Pengguna kunci wajib mengikuti bait yang tertera pada kunci secara bertahap hingga nanti akan tersisa satu peluang nama dan yang merupakan nama takson tumbuhan yang diidentifikasi. Contoh kunci analisis adalah kunci bertakik dan kunci paralel yang dibedakan berdasarkan cara penempatan bait-baitnya (Rifai, 2015).

3.2 Tatanama

Telah disebutkan bahwa tujuan akhir dilakukannya identifikasi adalah diperolehnya nama tumbuhan. Nama tumbuhan yang dimaksudkan bukan merupakan nama lokal (daerah) atau nama yang dipakai sehari-hari oleh masyarakat di suatu wilayah tertentu melainkan nama ilmiah yang dimanfaatkan di seluruh dunia terutama dalam bidang ilmu pengetahuan. Nama daerah atau nama lokal tidak dapat digunakan dalam komunikasi ilmiah karena mempunyai pengertian yang berbeda-beda dan terkadang tumbuhan yang sama dapat memiliki nama daerah yang beragam. Hal ini akan menimbulkan kesulitan dan kericuhan dalam komunikasi ilmiah. Nama yang demikian disebut "nama biasa". Perbedaan pemakaian maupun pengertian nama biasa akan menimbulkan kericuhan yang terus-menerus terjadi (Rifai, 2015). Adapun perbedaan nama biasa dan nama ilmiah tertera dalam Tabel 3.1.

Munculnya nama ilmiah untuk komunikasi ilmiah disebabkan karena: 1) beragamnya nama biasa yang pemanfaatannya terbatas dalam wilayah tertentu saja; 2) beragamnya nama biasa yang mengandung lebih dari dua kata yang tidak mengindikasikan nama jenis, marga, atau lainnya; 3)

terdapat nama sinonim yang beragam; 4) sukarnya nama biasa diterima secara mendunia (Tjitrosoepomo, 1998; Silalahi, 2014).

Tabel 3.1. Perbedaan nama biasa dan nama ilmiah

No.	Nama Biasa	Nama Ilmiah
1	Tidak mengikuti ketentuan penamaan yang berlaku	Mengikuti ketentuan internasional yang diatur dalam KITT
2	Merupakan bahasa sehari-hari dan bersifat lokal	Dalam bahasa yang diperlakukan sebagai Bahasa Latin
3	Hanya dimengerti oleh masyarakat setempat	Berlaku secara mendunia, khususnya dalam bidang ilmu pengetahuan dan digunakan oleh ilmuwan
4	Mudah dieja dan dihafalkan	Terkadang sulit dieja dan dihafalkan
5	Tidak jelas untuk kategori atau tingkatan takson yang dimaksud	Sudah jelas tingkatan takson yang dimaksud
6	Suatu takson dapat mempunyai nama yang berbeda-beda sesuai dengan bahasa yang dipakai, sering terdapat nama sinonim maupun nama homonim	Suatu takson hanya mempunyai satu nama kecuali jika ada ketentuan yang diatur secara khusus.

Sumber: Tjitrosoepomo, 1998.

3.2.1 Kode Internasional Tata Nama Tumbuhan

KITT merupakan ketentuan yang berisikan Mukadimah atau pembukaan, asas-asas dasar sistem tata nama, peraturan serta saran-saran yang termuat dalam pasal-pasal, serta lampiran yang berkaitan dengan nama hibrida, nama suku atau marga yang dilestarikan, dan nama yang ditolak. Perubahan atau tambahan pasal peraturan dalam KITT hanya dapat dilakukan setelah disepakati secara bersama dalam sebuah sidang paripurna dalam kongres internasional bidang ilmu tumbuhan dan diadakan lima tahun sekali serta diikuti oleh ribuan ilmuwan bidang tumbuhan. KITT dibuat untuk menentukan cara penamaan yang tepat, mencegah penggunaan nama yang dapat menyebabkan kericuhan, menerbitkan nama di masa lampau, menghindari terbentuknya nama yang tidak diperlukan, serta menertibkan tata nama di masa mendatang (Tjitrosoepomo, 1998; Rifai, 2015).

3.2.2 Nama Ilmiah

Nama ilmiah merupakan nama yang penentuan, pemberian, dan cara penggunaannya mengacu pada aturan yang sudah disepakati dalam forum internasional. Awalnya nama ilmiah merupakan sebuah deskripsi sehingga nama ilmiah disebut nama pertelaan. Setiap nama ilmiah dapat lebih dari dua kata yang memuat ciri dari tumbuhan yang ada. Misalnya tanaman rosela awalnya diberikan nama ilmiah *Hibiscus inermis foliis serratis inferioribus obovatis integris superioribus trilobis*. Nama tersebut berarti “Hibiscus yang tak berduri dengan daun bergerigi, bagian bawahnya rata membundar telur sungsang bagian atasnya bercuping tiga”. Kondisi demikian menyebabkan komunikasi ilmiah menjadi sulit karena nama yang diberikan terlalu panjang dan susah untuk diingat (Rifai, 2015).

Penggunaan nama jenis tumbuhan yang terdiri dari dua kata dimulai pada abad XVI. Penggunaan nama jenis tumbuhan

dilakukan oleh ilmuwan bidang filsafat dan peneliti kehidupan alam seperti Charles L. Escluse (1526–1609) dan Gaspard Bauhin (1560–1624). Nama yang ada belum digunakan secara teratur dan konsisten. Penggunaan nama binomen atau tata nama ganda secara baik dan masif baru dilakukan pada tahun 1753 kurang lebih seratus tahun kemudian. Ilmuan perintis penggunaan tata nama ganda untuk jenis adalah Carl von Linne yang dilatinkan menjadi Carolus Linnaeus (1707–1778) pada tahun 1753 menerbitkan buku berjudul *Systema Plantarum*. Linnaeus adalah seorang Swedia, ahli biologi, dokter dalam kerajaan dan mahaguru yang hingga kini dianggap sebagai dewa dalam sistematika biologi (Rifai, 2015).

Berdasarkan sistem tata nama ganda, tiap jenis tumbuhan mempunyai dua nama (kombinasi biner/*binomial nomenclature*). Kata pertama menunjuk pada marga dan kata kedua adalah penunjuk jenis. Jadi, nama jenis tumbuhan adalah gabungan dari nama marga dan nama jenis tumbuhan. Contohnya *Zea mays* adalah nama jenis untuk jagung; *Zea* adalah nama marga dan *mays* adalah nama jenisnya. Kebiasaan nama ilmiah yang ditulis miring atau diberi garis bawah terpisah merupakan tata aturan dalam bahasa Indonesia, bukan tata nama Biologi di mana nama ilmiah menggunakan bahasa Latin yang merupakan unsur asing sehingga harus diperlakukan demikian. Nama ganda tidak hanya sekedar nama jenis makhluk saja tetapi juga menunjukkan tempatnya dalam sistem klasifikasi sekaligus hubungan kekerabatannya dengan makhluk lain. Contohnya waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan rosela (*Hibiscus sabdarifa*) sekerabat karena keduanya tergolong dalam marga *Hibiscus*. Sistem tata nama ganda yang dimunculkan sangat sederhana, praktis, dan efektif, serta tiap kata yang digunakan memiliki arti masing-masing sehingga dapat digunakan secara mendunia (Rifai, 2015).

Sitasi nama pencipta atau pemberi nama (*author's name*) biasanya ditulis pada bagian akhir dari nama suku hingga nama jenis. Penulisanannya adalah dengan menyingkat nama penciptanya. Contohnya, Rosa **L.** (L=Linneaus), *Adiantum lunulatum* **Burm. f.** (Burman filius). Beberapa ketentuan lain pada penulisan nama ilmiah jenis misalnya *Impaties holstii* Engl. **et.** Warb, artinya *Imaties holstii* diciptakan secara bersama oleh dua orang yaitu Engler dan Warburg. Kedua namanya dihubungkan dengan kata Latin "**et**" yang berarti "dan". Kata "et" dapat diganti dengan simbol "&". Bila ada lebih dari dua nama yang membuat nama jenis maka hanya disebutkan satu nama disusul dengan kata "et allies" yang disingkat "et al." yang berarti "dengan sekutu-sekutunya". Penulisan nama pencipta lainnya misalnya *Medicago orbicularis* (L.) Bartal atau *Brugmansia candida* (v.Z.) Pers. Nama di dalam kurung adalah orang yang pertama kali menciptakan nama ilmiah sedangkan nama kedua adalah nama orang yang melakukan perubahan terhadap takson yang bersangkutan (Tjitrosoepomo, 1998).

Selain nama tumbuhan secara umum, terdapat juga Sistem penamaan untuk tanaman budidaya yang diatur secara khusus dalam Kode Internasional Tumbuhan Budidaya. Unit hasil dari tanaman pertanian biasanya disebut dengan kultivar (*cultivated variety*) (Tjitrosoepomo, 1998). Nama kultivar biasanya adalah nama "fantasi" atau "pujian", memakai bahasa apapun kecuali bahasa Latin, dan biasanya ditulis dengan huruf kapital serta diawali dengan singkatan **cv.** Dan dapat juga dituliskan dalam tanda petik. Contohnya *Citrullus lanatus* cv. Crimson Sweet (Chikmawati *et al.*, 2020).

3.2.3 Nama Takson sesuai Tingkatannya

Upaya untuk mempermudah penentuan hubungan kekerabatan dan untuk memperlancar kegiatan klasifikasi makhluk hidup dibuatlah peringkat satuan taksonomi yang

berbeda. Jenis dan peringkat tiap takson dapat langsung dikenal berdasarkan nama ilmiahnya karena pada bagian akhir satuan taksonomi itu terdapat akhirannya masing-masing. Tanpa memperhatikan peringkat yang beragam, setiap satuan taksonomi masing-masing disebut takson.

Berdasarkan ketentuan KITT, tumbuhan diklasifikasikan dimasukkan dalam beberapa tingkatan satuan taksonomi dengan urutan dengan akhiran nama ilmiahnya, yakni: 1) dunia tumbuh-tumbuhan (*regnum Vegetabile/Plantae*); 2) anak dunia (*subregnum*); 3) divisi (*divisio*) akhiran: *-phyta*; 4) anak divisi (*subdivisio*) akhiran: *-phytina*; 5) kelas (*classis*) akhiran: *-opsida*; 6) anak kelas (*subclassis*) akhiran: *-idea*; 7) bangsa (*ordo*) akhiran: *-ales*; 8) anak bangsa (*subordo*) akhiran: *-ineae*; 9) suku (*familia*) akhiran: *-aceae*; 10) anak suku (*subfamilia*) akhiran: *-oidea*; 11) puak (*tribus*) akhiran: *-eae*; 12) anak puak (*subtribus*) akhiran: *-inae*; 13) marga (*genus*) nama ilmiah marga dan semua tingkat di bawahnya tidak diseragamkan akhirannya; 14) anak marga (*subgenus*); 15) seksi (*sectio*); 16) anak seksi (*subsectio*); 17) deret (*series*); 18) anak deret (*subseries*); 19) jenis (*species*); 20) anak jenis (*subspecies*); 21) varietas (*varietas*); 22) anak varietas (*subvarietas*); 23) forma (*forma*); serta 24) anak forma (*subforma*). Susunan satuan taksonomi bersifat mutlak dan tidak boleh dirubah atau ditukar. Dalam berbagai tulisan ilmiah, kedua puluh empat peringkat satuan taksonomi biasanya hanya dituliskan dalam tujuh peringkat pokok, yaitu 1) dunia; 2) divisi; 3) kelas; 4) bangsa; 5) suku; 6) marga; 7) jenis (Tjitrosoepomo, 1998; Rifai, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Chikmawati, T., Ariyanti, N. S., Djuita, R. N., & Tjitrosoedirdjo, S. S. 2020. *Taksonomi Tumbuhan Tinggi*. Jakarta: Penerbit Universitas Terbuka.
- Rifai, M. A. 2015. *Asas-Asas Sistematika Biologi*. Bogor: Herbarium Bogoriense, Puslit Biologi LIPI.
- Silalahi, M. 2014. *Bahan Ajar Taksonomi Tumbuhan Tinggi*. Jakarta: Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Kristen Indonesia.
- Singh, G. 2010. *Plant Systematics An Interated Approach Third Edition*. Enfield: Science Publishers.
- Tjitrosoepomo, G. 1998. *Taksonomi Umum (Dasar-Dasar Taksonomi Tumbuhan)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

BAB 4

KOMPONEN SISTEMATIKA: FILOGENI

Oleh Satriani

4.1 Pendahuluan

Makhluk hidup yang ada di bumi jumlahnya sangat banyak dan sangat beraneka ragam. Keanekaragaman merupakan suatu gejala yang dapat diamati, yang merupakan kenyataan yang kehadirannya atau adanya tidak mungkin ditolak dan berlaku universal. Keanekaragaman dijumpai secara universal, dalam arti dapat dijumpai pada apa saja, baik pada manusia, hewan dan tidak terkecuali pada tumbuhan (Sujadmiko, Sulastri and Sabbithah, 2012). Bidang studi yang mencakup Keanekaragaman, identifikasi, penamaan, klasifikasi, dan evolusi tumbuhan disebut juga dengan sistematika tumbuhan.

Ada tiga bidang kajian yang dilakukan dalam sistematika yaitu, klasifikasi, identifikasi dan tatanama (nomenclature). Klasifikasi adalah praktek taksonomi yaitu proses penataan organisme ke dalam suatu kelompok (takson) berdasarkan hubungan kemiripan. Identifikasi merupakan proses dan hasil penentuan apakah suatu organisme yang belum dikenal merupakan anggota kelompok yang sudah dikenal sebelumnya atau merupakan suatu spesies baru. Sedangkan tatanama merupakan proses atau tata cara pemberian nama ilmiah pada organisme berdasarkan aturan dalam kode internasional tatanama (Idramsa, 2013).

Dalam ilmu biologi, sistematika memiliki peran utama menyediakan perangkat pengetahuan untuk mengkarakterisasi

organisme dan sekaligus mengenalinya dalam rangka memahami keanekaragaman. Secara fundamental, sistematika bertujuan untuk memahami dan mendeskripsikan keanekaragaman suatu organisme dan mengkonstruksi hubungan kekerabatan dengan organisme lainnya (Hidayat and Pancoro, 2016). Sistematika dilakukan melalui konstruksi sejarah evolusi dan hubungan evolusi antara keturunan dengan nenek moyangnya berdasarkan pada kemiripan karakter sebagai dasar dari perbandingan (Dharmayanti, 2011). Analisis hubungan kekerabatan merupakan metode yang digunakan dalam mengevaluasi sistematika yang diharapkan mampu menjelaskan keanekaragaman organisme serta hubungan kekerabatannya yang digambarkan dalam sebuah klad atau filogeni (Hidayat and Pancoro, 2016).

Tumbuhan di permukaan bumi, berjumlah sangat besar dan menunjukkan keanekaragaman yang sangat tinggi. Jumlah dan keanekaragaman yang sangat tinggi mendorong manusia terlibat dalam studi tumbuhan melakukan penyederhanaan obyek tumbuhan melalui klasifikasi (pengelompokan) dan pemberian nama yang tepat untuk setiap kelompok yang terbentuk (Chikmawati and Tjittrosoedirjo, 2015).

Sistem klasifikasi yang paling awal muncul adalah sistem klasifikasi berdasarkan perawakan atau habitus, kemudian digantikan dengan sistem numerik, dilanjutkan dengan sistem kekerabatan filogenetik. Sistem filogenetik menggunakan urutan klasifikasi yang menunjukkan urutan filogeninya. Suatu takson anggota-anggotanya saling berkerabat erat satu sama lain sebab berasal dari satu nenek moyang yang sama melalui proses evolusi.

4.2 Filogeni

Organisme berbagi karakteristik homolog karena memiliki nenek moyang yang sama. Oleh karena itu, kita dapat mempelajari banyak hal tentang suatu spesies apabila kita mengetahui sejarah evolusinya. Misalnya, suatu organisme mungkin memiliki banyak kesamaan gen, jalur metabolik, dan protein struktural dengan kerabat-kerabat dekatnya (Campbell, 2008).

Pemahaman tentang hubungan evolusioner menunjukkan suatu cara untuk menghadapi pertanyaan-pertanyaan tentang bagaimana menempatkan suatu spesies dengan cara membandingkan sifat-sifatnya dengan yang dimiliki calon-calon kerabat dekatnya. Berkaitan dengan keanekaragaman makhluk hidup, para ahli biologi melacak filogeni (*phylogeny*), sejarah evolusi suatu spesies atau kelompok spesies (Campbell, 2008).

Kata Filogenetik (*Phylogenetics*) berasal dari bahasa Yunani, *phyle* dan *phylon* yang berarti suku dan ras, serta kata genetikos yang berarti kerabat dari kelahiran. Filogenetik merupakan sebuah ilmu yang mempelajari mengenai bagaimana keterhubungan organisme satu dan yang lainnya dilihat dari nenek moyang terakhir yang dimiliki bersama. Dimana pada nenek moyang tersebut terdapat sebuah sifat khusus baik secara morfologi ataupun molekular yang masih dimiliki oleh dua atau lebih organisme tersebut. Lalu saat diturunkan dari nenek moyang tersebut terdapat sifat-sifat yang hilang ataupun tidak menurun pada beberapa organisme sehingga menyebabkan terpisahnya organisme tersebut dari satu organisme, karena sudah merupakan organisme yang berbeda satu dan lainnya (Mirabella, 2011).

Filogeni adalah hipotesis kekerabatan kelompok organisme dan hipotesis nenek moyang mereka. Pada zaman Linnaeus, kekerabatan organisme diukur berdasarkan

banyaknya persamaan karakter makro dan mikroanatomi. Setelah struktur DNA ditemukan, kekerabatan organisme diukur berdasarkan persamaan urutan DNA. Hal itu karena, DNA merupakan unit terkecil dalam proses pewarisan keturunan, sehingga dipakai sebagai patokan dalam menentukan kekerabatan organisme. Mikroba merupakan organisme yang paling mudah mengalami mutasi, sehingga urutan DNA telah banyak mengalami perubahan dalam kurun waktu ribuan tahun. Oleh karena itu, parameter urutan DNA sudah tidak memungkinkan dipakai sebagai patokan. Kemudian, para peneliti mencari parameter yang dapat dipakai sebagai patokan hubungan kekerabatan. Akan tetapi, pencarian itu tidak jauh dari senyawa atau organela yang berkaitan dengan pewarisan keturunan (Anafarida and Badruzsaufari, 2020).

Metode yang umum digunakan dalam analisis kekerabatan adalah filogenetika yang dapat digunakan untuk menafsirkan kekerabatan antar spesies dengan rekonstruksi filogenetik (Anafarida and Badruzsaufari, 2020).

Filogenetik adalah studi yang mempelajari hubungan kekerabatan suatu kelompok organisme berdasarkan hubungan evolusioner antara kesatuan biologis. Ide dasarnya adalah untuk membandingkan karakter khusus dari spesies dengan asumsi spesies yang sama (yaitu, spesies dengan karakter yang sama) memiliki kedekatan genetik. Filogeni disajikan dalam bentuk pohon filogenetik untuk menggambarkan hubungan antar organisme. Filogeni klasik menggunakan karakter fisik atau morfologi seperti bentuk koloni, warna koloni, dan sebagainya. Filogeni modern menggunakan sumber informasi yang diambil dari materi genetik terutama DNA dan urutan protein.

Pemikiran dasar penggunaan sekuen DNA dalam studi filogenetika adalah bahwa terjadi perubahan basa nukleotida menurut waktu, sehingga akan dapat diperkirakan kecepatan

evolusi yang terjadi dan akan dapat direkonstruksi hubungan evolusi antara satu kelompok organisme dengan yang lainnya. Beberapa alasan penggunaan sekuen DNA (Hillis et al. 1996), yaitu (1) DNA merupakan unit dasar informasi yang mengkode organisme, (2) lebih memudahkan dalam mengekstrak dan menggabungkan informasi mengenai proses evolusi suatu kelompok organisme, sehingga mudah untuk dianalisis, (3) memudahkan dalam pembuatan model dari peristiwa evolusi secara komparatif, dan (4) menghasilkan informasi yang banyak dan beragam, dengan demikian akan ada banyak bukti tentang keberadaan suatu hubungan filogenetik. Pohon filogenetik adalah genealogi atau silsilah kemungkinan hubungan evolusioner diantara kelompok-kelompok taksonomi (Hidayat and Pancoro, 2006).

Filogeni bertujuan untuk merepresentasikan sejarah evolusi organisme dengan mendefinisikan gugus alami (mono phyletic). Penyusunan klasifikasi filogenetik merupakan cara terbaik untuk menyusun informasi keanekaragaman hayati dan telah menjadi praktik universal dalam klasifikasi biologi. Pemahaman tidak hanya tentang keanekaragaman spesifik tetapi juga keanekaragaman filogenetik memberi kita pandangan komparatif tentang evolusi dan distribusi karakteristik di antara garis keturunan, baik itu morfologi, biologis, atau molekuler. Segala jenis karakteristik didistribusikan di antara makhluk hidup menurut asal filogenetiknya, dan dengan demikian berfungsi sebagai sumber informasi untuk penemuan sejarah filogenetik (Fietri, W A., Abdul Razak, 2021).

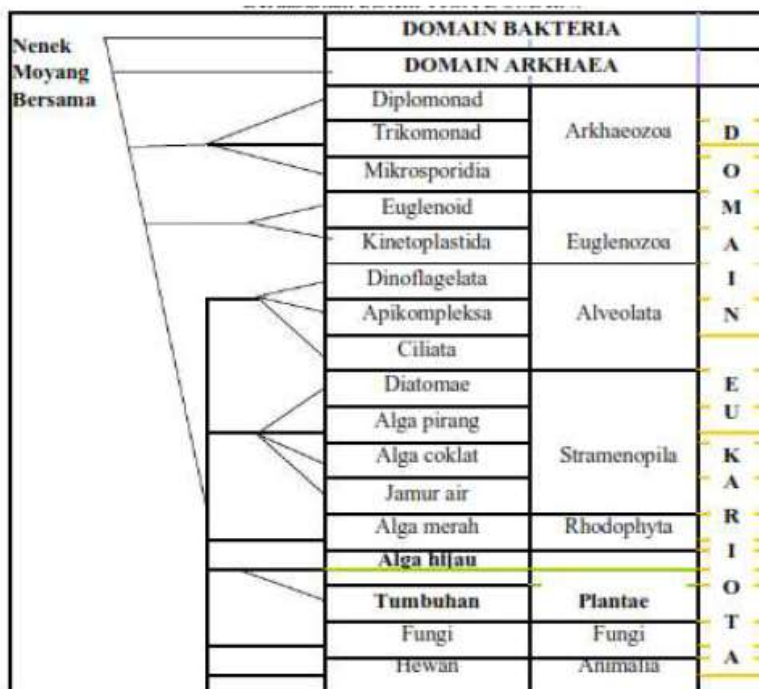
4.3 Pohon Filogeni

Pohon filogeni merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengetahui hubungan kekerabatan makhluk hidup di muka bumi. Pohon filogeni diartikan dalam dua kata, yaitu

pohon dan filogeni. Pohon yang berarti data terstruktur yang menggambarkan sebuah data yang dapat diinterpretasikan secara hierarki yang berhubungan dan digambarkan dengan setiap cabang dalam pohon. Sedangkan filogeni yang berasal dari bahasa Yunani, yaitu *phyle* dan *phylon* yang mempunyai suku dan ras, serta genetika yang berarti kerabat dari kelahiran (Lubis, 2014).

Pohon filogenetik berupa diagram percabangan atau pohon yang menunjukkan hubungan evolusi berbagai spesies makhluk hidup berdasarkan kemiripan dan perbedaan karakteristik fisik dan genetika mereka (Idrumsa, 2013).

Pengetahuan tentang hubungan kekerabatan suatu spesies diperlukan untuk mempelajari evolusi beberapa taksa yang memiliki kekerabatan dengan membandingkan sekuens DNA nya. Ilmu filogenetik dapat memperkirakan evolusi yang terjadi pada masa lalu dengan membandingkan sekuens DNA atau Protein. Filogenetik dapat menunjukkan hubungan evolusioner dari suatu organisme yang disimpulkan dari data morfologi dan molekuler (Akbar *et al.*, 2018).



Gambar 4.1. Sistematika dan filogeni eukariot berdasarkan sistem tiga domain. (sumber: adaptasi dari cambell, 2023)

Pada gambar 4.3.1 tergambarakan bahwa alga hijau lebih maju dari pada alga merah. Kemajuan alga hijau dimasukkan dalam kelompok plantae.

Dalam ilmu genetika di Biologi dikenal istilah *Most Recent Common Ancestor* (MRCA) yang dapat diartikan sebagai nenek moyang terakhir yang dimiliki oleh organisme. Terakhir yang dimaksudkan disini adalah menuju kepada nenek moyang yang langsung menuju kepada keturunannya tersebut. sehingga diatas keturunan itu langsung terdapat nenek moyang yang dimaksudkan. Pengertian ini sangat penting pada pembuatan pohon Filogenetik dimana kesalahan nenek moyang dan keturunannya menyebabkan pengertioan dari pohon filognetik

yang salah. Namun pada kenyataannya, secara umum, adalah sebuah hal yang mustahil untuk mengetahui nenek moyang dari sebuah organisme. Hanya saja, memang konsep inilah yang dipakai pada pembuatan pohon filogenetik (Mirabella, 2011).

Terdapat konsep yang perlu dipahami dalam pembuatan pohon filogenetik. Konsep itu mengenai bagaimana sekelompok makhluk hidup membagi sifat yang dimilikinya satu dengan yang lainnya. Dalam ilmu Biologi, pembagian sifat ini mempunyai istilahnya sendiri. Beberapa istilah tersebut adalah (Mirabella, 2011):

1. *Symplesiomorphy*

Merupakan sifat yang dibagi oleh dua atau lebih taksa tapi juga ditemukan pada taksa nenek moyang yang sebelumnya. Misalnya pada monyet dan tikus ditemukan terdapat 5 kuku jari, hal ini juga ditemukan pada kadal. Namun, kedua kelompok ini terdapat pada taksa yang berbeda.

2. *Homoplasy*

Merupakan sifat yang dibagi oleh dua atau lebih taksa tetapi tidak dimiliki oleh nenek moyang yang paling terakhir yang dimiliki. Misalnya saja pada mamalia dan aves. Keduanya berdarah panas, tetapi pada nenek moyang terakhir sebelum keduanya terpisah sifat ini tidak ditemukan.

3. *Synapomorphy*

Merupakan sifat yang dibagi oleh satu atau dua taksa yang mempunyai nenek moyang terakhir yang sama. Misalnya saja pada kelompok mamalia, semua mamalia membagi sifat mempunyai rambut dan berdarah panas.

4.3.1 Membuat Pohon Filogeni

Langkah-langkah pembuatan pohon filogeni berdasarkan urutan DNA adalah sebagai berikut (Lubis, 2014):

1. Misalkan ada empat taksa, yaitu taksa A, B, C, dan D yang mempunyai urutan DNA sebagai berikut:

A – GCTTGTCCGTTACGAT

B – ACTTGTCTGTTACGAT

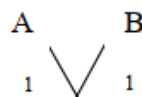
C – ACTTGTCCGAAACGAT

D – ACTTGACCGTTTCCTT

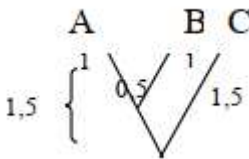
2. Dari urutan DNA di atas carilah perbedaan urutan DNA nya. Perbedaan urutan DNA ini dinamakan jarak genetik. Berdasarkan urutan DNA di atas maka jarak genetik di antara taksa adalah sebagai berikut:

	A	B	C	D
A		2	3	5
B	2		3	5
C	3	3		6
D	5	5	6	

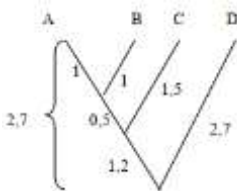
3. Kemudian carilah kedua taksa yang paling dekat hubungannya atau yang paling pendek jarak genetiknya. Dari tabel di atas jarak taksa A dan B adalah taksa yang paling dekat karena hanya ada dua urutan DNA yang berbeda.
4. Mulailah pohon filogeni ini dengan cabang yang menghubungkan A dan B masing-masing cabang harus memiliki panjang yang sama sehingga jaraknya dibagi dua. Jadi $2 \div 2 = 1$.



5. Selanjutnya taksirlah jarak anatara unit AB dengan taksa yang lain.
 - a. Hitung jarak rata-rata AB ke C. jarak A ke C adalah 3. Jarak B ke C adalah 3. Maka rata-rata AB ke C adalah 3.
 - b. Hitung jarak rata-rata dari AB ke D. Jarak A ke D adalah 5 dan jarak B ke D adalah 5. Maka rata-ratanya adalah 5.
6. Oleh karena jarak AB ke C lebih kecil dari jarak AB ke D, maka C ditempatkan setelah A dan B pada pohon tersebut. Masing-masing cabang (cabang AB dan cabang C) mempunyai panjang 1,5.



7. Terakhir taksirlah jarak ABC ke D. Jarak A ke D adalah 5, jarak B ke D = 5, dan jarak C ke D = 6. Jadi jarak rata-rata jarak ABC ke D = $5,3$. Sehingga panjang cabang D adalah $5,3 \div 2 = 2,7$.



4.3.2 Klasifikasi Berdasarkan Filogeni

Dalam sistem klasifikasi, spesies-spesies tidak lagi sebagai sesuatu yang statis, mantap, dan tidak berubah-ubah, melainkan merupakan populasi yang bervariasi, dinamis, selalu mengalami perubahan, dan diakui sebagai keturunan dari spesies yang sudah pernah ada sebelumnya. Suatu takson

memiliki anggota yang saling berkerabat erat satu sama lain sebab berasal dari satu nenek moyang yang sama melalui proses evolusi. Dalam sistem filogeni, urutan klasifikasi sekaligus menunjukkan urutan filogeninya (Chikmawati and Tjittrosoedirjo, 2015).

Penggolongan tumbuhan dalam sistem filogeni berasumsi bahwa arah pertama dalam evolusi pada dunia tumbuhan maupun hewan dimulai dari organisme yang dianggap primitif (sederhana) menuju bentuk yang lebih kompleks (maju). Banyak sekali bukti, baik berasal dari tumbuhan hidup maupun fosil, memperlihatkan urutan-urutan tersebut. Keragaman yang dihasilkan dengan adanya gerak mekanisme evolusioner memungkinkan kita untuk mengelompokkan organisme menjadi spesies, genus, familia, ordo, kelas serta divisi, dan mengaturnya ke dalam suatu urutan yang tertib. Semua hal tersebut didasarkan atas terdapatnya sifat-sifat primitif atau maju pada tumbuhan. Pada umumnya, sekelompok tumbuhan dianggap mempunyai hubungan paling erat (dekat), jika terdapat ciri-ciri atau tanda-tanda yang serupa, sedangkan hubungan kekerabatan dianggap paling renggang (jauh) apabila ciri-ciri yang sama sangat sedikit ditemukan (Chikmawati and Tjittrosoedirjo, 2015).

4.4 Konsep Spesies

Banyak cara dalam menentukan spesies suatu organisme, sehingga menimbulkan kontroversi antar peneliti. Akan tetapi, terdapat tiga Konsep spesiasi yang didiskusikan, yaitu konsep spesiasi morfologi, spesiasi diologi, dan spesiasi filogenetik. Konsep spesiasi morfologi adalah penentuan spesies berdasarkan karakter morfologi. Sebagian besar spesies pada fungi khususnya basidiomycota dan tumbuhan ditentukan berdasarkan persamaan morfologi. Konsep spesiasi biologi adalah penentuan spesies berdasarkan potensi

individu-individu dalam populasi melakukan perkawinan dan terisolasi secara reproduktif dengan populasi lainnya (Purwoko Tjahjadi, 2009).

Konsep spesiasi filogenetik adalah penentuan spesies berdasarkan kekerabatan genetik. Karakter kekerabatan genetik yang dipakai pada saat sekarang adalah urutan rRNA 16S. Konsep spesiasi itu dipakai dalam menentukan spesies pada arkhaea, bakteri, dan fungi (*Zygomycota* dan *Ascomycota*) (Purwoko Tjahjadi, 2009).

Munculnya keanekaragaman konsep spesies dilatarbelakangi oleh dua alasan mendasar. Alasan pertama adanya perbedaan pemahaman tentang spesiasi yang merupakan proses munculnya suatu spesies baru. Alasan kedua adalah karena spesies merupakan hasil dari proses evolusi yang terus berjalan. Artinya bahwa konsep spesies yang dibuat berdasarkan proses spesiasi yang masih sebagian berjalan akan berbeda dengan konsep spesies yang dibuat ketika spesies itu benar-benar sudah sampai pada akhirnya. Selain itu, bermacam konsep spesies muncul karena tujuan klasifikasi yang berbeda-beda (Amri, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, N. *et al.* 2018. 'Kajian Filogenetik Ikan Tuna (*Thunnus* spp) sebagai Data Pengelolaan di Perairan Sekitar Kepulauan Maluku, Indonesia', *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(2), p. 120. doi:10.21107/jk.v11i2.3459.
- Amri, A. 2020. *Evolusi*. UM Pare-pare. Available at: https://www.academia.edu/45601600/BUKU_AJAR_EVOLUSI.
- Anafarida, O. and Badruzsaufari, B. 2020. 'Analisis Filogenetik Mangga (*Mangifera* Spp.) Berdasarkan Gen 5,8S Rrna', *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 45(2), p. 120. doi:10.31602/zmip.v45i2.3001.
- Campbell, N.A. & J.B.R. 2008. *BIOLOGI*. Edisi 8. Edited by H.W. Hardani. Jakarta: Erlangga.
- Chikmawati, T. and Tjittrosoedirjo, S. 2015. 'Konsep Dasar Taksonomi Tumbuhan dan Sejarah Klasifikasi', *Modul 1*, 1(1), pp. 1–39.
- Dharmayanti, N.L.P.I. 2011. 'Filogenetika Molekuler : Metode Taksonomi Organisme', *Wartazoa*, 21(30), pp. 1–10.
- Fietri, W A., Abdul Razak, Y.A. 2021. 'Analisis Filogenetik Ikan Tuna (*Thunnus* spp) di Perairan Maluku Utara Menggunakan COI (Cytocrome Oxydase I)', *jurnal Biologi Makasar*, 6(2), pp. 31–39.
- Hidayat, T. and Pancoro, A. 2006. 'Sistematika dan Filogenetika Molekuler', *Kursus Singkat Aplikasi Perangkat Lunak PAUP dan MrBayes untuk Penelitian Filogenetika Molekuler SITH-ITB 2006*, pp. 1–9.

- Hidayat, T. and Pancoro, A. 2016. 'ULASAN Kajian Filogenetika Molekuler dan Peranannya dalam Menyediakan Informasi Dasar untuk Meningkatkan Kualitas Sumber Genetik Anggrek', *Jurnal AgroBiogen*, 4(1), p. 35. doi:10.21082/jbio.v4n1.2008.p35-40.
- Idramsa, I. 2013. 'Peran Sistematika Mikrobia dalam Mengungkap Keanekaragaman Mikroorganisme', *Jurnal Keluarga Sehat Sejahtera*, 11(2), pp. 58–63. Available at: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jkss/article/view/3564>.
- Lubis, K. 2014. 'Cara Pembuatan Pohon Filogeni', *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 23(75), pp. 66–69.
- Mirabella, F.M. 2011. 'Pendekatan Pohon dalam Filogenetik', *Makalah IF2091 Struktur Diskrit*, 1, pp. 1–7.
- Purwoko Tjahjadi. 2009. *Fisiologi Mikroba*. Ed. 1, Cet. Edited by Junwinanto. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Sujadmiko, H., Sulastri, S. and Sabbithah, S. 2012. 'Keanekaragaman Tumbuhan', *Educa*, 2(2), pp. 6–8.

BAB 5

MONERA DAN PROTISTA

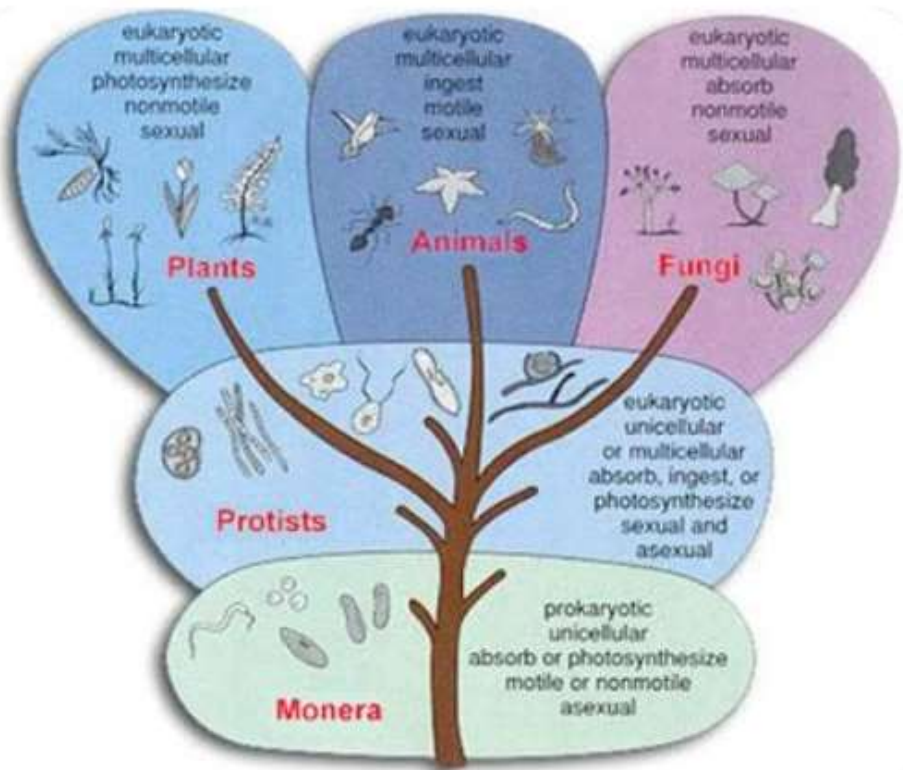
Oleh Novita K. Indah

5.1 Pendahuluan

Sistem klasifikasi lima kingdom yang dicetuskan oleh Whitakker dengan nama lengkap Robert Harding Whittaker (1920–1980) seorang ahli ekologi tumbuhan USA yang mulai meneliti sejak 1950-an sampai 1970-an. Robert Whittaker dilahirkan di kota kecil Wichita, Kansas, serta mendapatkan gelar B.A. di Universitas Washburn, dan gelar doktor di Universitas Illinois).

Tahun 1969, Robert H. Whittaker membagi semua makhluk hidup dalam lima golongan, yang sekarang lebih dikenal dengan Sistem Lima Kingdom dengan dasar yang digunakan antara lain; ada tidaknya membran inti sel, penyusun tubuh tersusun atas satu atau banyak sel, cara memperoleh makanan, dan cara bergerak. Bab ini hanya akan membahas segala sesuatu yang berhubungan dengan tumbuhan.

Whittaker menganalisis dan mengembangkan analisis gradien untuk ekologi komunitas tanaman. Klasifikasi lima kingdom digambarkan pda Gambar 5.1.



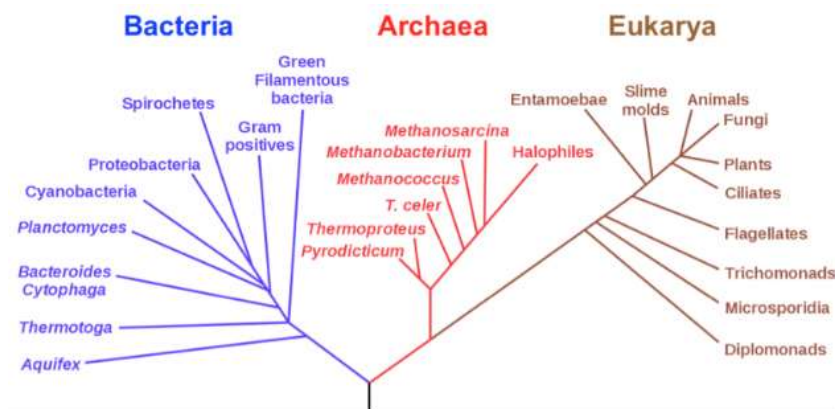
Gambar 5.1. Klasifikasi lima kingdom (Sumber : Arnyal, 2022)

5.2 Monera

Kingdom pertama dan dasar dari sistem klasifikasi yaitu Monera. Monera berisi organisme prokariotik atau tidak mempunyai inti sel. Nama kingdom berasal dari bahasa Yunani, *moneres* atau tunggal, maka semua merupakan organisme bersel tunggal.

Pembentukan kingdom ini pada awalnya terbagi menjadi dua divisi yaitu Bacteria atau Schizomycetes dan Cyanophyta atau alga hijau-biru, atau Cyanobacteria. Bab 5 mencoba menjelaskan sedikit tentang Bakteri karena bakteri

juga masuk dalam Monera selanjutnya penjelasan akan ditekankan pada Cyanobacteria. Monera termasuk kingdom dengan jumlah organismenya terbanyak di muka bumi ini. Oleh karena itu pada tahun 1990, Carl Woese membagi menjadi tiga domain, yaitu *Bacteria*, *Eubacteria*, dan *Eucharya*. Pembagian berdasarkan rRNA. (Gambar 5.2).



Gambar 5.2. Pohon Filogeni
(Sumber: Blais, C. & John M. Archibald, 2021)

Karakter monera antara lain:

1. Uniseluler.
2. Sel prokarotik, yaitu inti sel tidak terbungkus oleh membran.
3. Bentuk sel bervariasi seperti batang, bulat, atau spiral, serta bentuk tubuh berkoloni, filamen. Koloni terbentuk berupa gabungan dua sel atau lebih.
4. Cara perkembangbiakan membelah diri.

5.2.1 Eubacteria

Eubacteria dikenalkan oleh Antony Van Leeuwenhoek. Antony merupakan penemu mikroskop lensa tunggal yang berasal Eubacteria dari Belanda di tahun 1674.

Eubacteria dahulu dimasukkan dalam Kingdom Monera menurut klasifikasi Whittaker dengan nama bakteri. Eubacteria ditemukan hampir di seluruh tempat seperti udara, air dan tubuh makhluk hidup.

Eu dalam bahasa Yunani artinya sejati. Oleh karena itu Eubacteria disebut bakteri sejati. Bakteri dalam Kamus Bahasa Indonesia diartikan sebagai makhluk hidup terkecil bersel tunggal, terdapat segala tempat, dapat berkembang biak dengan kecepatan luar biasa dengan cara membelah diri, ada yang merugikan seperti menyebabkan penyakit dan ada yang bermanfaat.

Eubacteria adalah organisme uniseluler atau bersel satu dan tidak memiliki membran inti sel atau prokariotik, dan pada umumnya tidak berklorofil. Gambar 5.2 memperlihatkan dua ranah organisme prokariota yang terpisah yaitu Eubacteria dan Archaeobacteria atau Bacteria dan Archaea. Keduanya mempunyai persamaan yaitu tidak memiliki membran inti sel atau prokariotik, maka disebut organisme prokariotik. Adapun perbedaan yaitu pada komposisi RNA dan ada tidaknya peptidoglikan pada dinding sel. Archae tidak tersusun oleh peptidoglikan sedangkan Eubacteria dinding selnya tersusun atas peptidoglikan.

Selain itu, Archae struktur sel lebih sederhana dengan tempat hidup yang ekstrim, sedangkan Eubacteria struktur sel lebih kompleks dan dapat dijumpai di segala tempat. Tempat hidup Archae yaitu

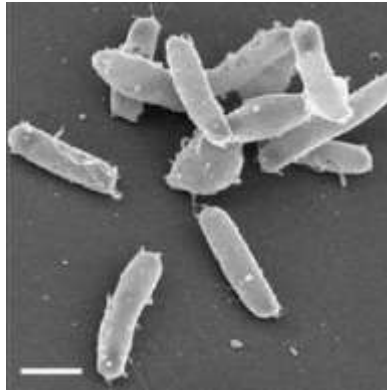
1. Metanogen, Archabacteria kelompok ini dapat menghasilkan metana (CH_4) dari gas hidrogen dan karbondioksida atau asam asetat. Bakteri jenis ini merupakan bakteri anaerob yang biasanya sebagai pengurai di lumpur atau rawa. Oksigen telah diserap mikroorganisme lain. Bakteri kelompok ini juga bisa tumbuh pada sistem pencernaan. Bakteri metanogen merupakan bakteri yang sangat sensitif dan merupakan bakteri gram positif dan tidak bergerak.

Bakteri ini terbatas pada alkohol dan asam organik, dapat digunakan sebagai sumber karbon. Oksidasi substrat tunggal oleh salah satu jenis bakteri seringkali tidak baik, maka produksi degradasi sebagian dapat digunakan sebagai substrat oleh spesies lainnya untuk membentuk gas metana (Yani dan Darwis, 1990). Contoh bakteri metanogen dari marga *Methanobacterium* (Gambar 5.3) merupakan spesies baru, *Metanococcus*, dan *Metanaosarcina*.



Gambar 5.3. *Methanobacterium paludis*
(Sumber: H. Cadillo-Quiroz, etc., 2014)

2. Bakteri halofil dapat ditemukan pada danau air asin atau laut mati. Kelompok ini hidup dan membelah diri pada lingkungan dengan kadar garam tinggi, misalnya marga *Halobacterium* (Gambar 5.4). Beberapa spesies kelompok bakteri halofilik, dapat menghasilkan protease ekstraselular. Enzim ini dapat digunakan dalam industri penyamakan kulit, makanan, dan deterjen (Khumaira & Rohman, 2013).



Gambar 5.4. *Halobacterium*
(Sumber: Gruber, *et al*, 2004)

3. Terakhir, kelompok termofil ekstrim artinya kelompok archaeobacteria yang hidup di suhu tinggi. Hidup dengan cara mengoksidasi sulfur pada suhu 60⁰-80⁰ °C. Kelompok ini umumnya memiliki daya adaptasi untuk dapat tumbuh pada suhu tinggi.

Karakter Eubacteria antara lain:

Bakteri sejati juga merupakan nama yang diberikan untuk eubacteria. Ini adalah prokariotik yang uniseluler.

1. Dinding sel yang kaku karena tersusun atas peptidoglikan.
2. Memiliki membran sel yang berfungsi untuk melindungi sekaligus transfer materi keluar masuk sel.
3. Bergerak dengan flagela atau mengikuti aliran air.
4. Mayoritas Eubacteria yaitu heterotrofik, tetapi ada yang bersifat fotosintesis atau kemosintetik.
5. Beberapa bakteri mempunyai fili yang terletak pada permukaan sel untuk membantu reproduksi seksual. Fili juga membantu penempelan patogen ke inangnya.
6. Ukuran Eubakteri ini berkisar antara 0,2 hingga 50 mm.
7. RNA polimerase sederhana, terdiri dari 4 polipeptida

8. Endospora akan terbentuk pada kondisi yang kurang menguntungkan.
9. Kromosom berbentuk sirkuler, yang berfungsi menyimpan materi genetik.
10. Sitoplasma merupakan cairan tak berwarna, sebagai tempat sintesis protein, mencerna makanan, dan reaksi lain dalam metabolisme sel.
11. Adanya kapsul pada beberapa bakteri punya kapsul untuk mencegah fagositosis dan sebagai bentuk pertahanan diri.

Reproduksi Eubacteria secara aseksual atau vegetatif dengan cara membelah diri (pembelahan biner), dalam keadaan optimal bisa membelah diri setiap 20 menit pada beberapa bakteri.

Berdasarkan bentuknya Eubacteria terbagi atas tiga bentuk yaitu 1) basillus, memiliki bentuk menyerupai tongkat atau batang; 2) spirillum, berbentuk mirip spiral atau bengkok; dan 3) kokus, menyerupai bola atau bulat. Pembagian Eubacteria selanjutnya berdasarkan pengecatan gram positif dan negatif. Bakteri gram positif memiliki jumlah peptidoglikan yang banyak sehingga bereaksi positif pada pengecatan gram dinding sel yang sederhana. Misalnya *Enterobacteria*, *Salmonella*, dan *Escherichia coli*. Bakteri gram negatif sebaliknya memiliki lebih sedikit jumlah peptidoglikan dengan struktur yang kompleks, karena membran luarnya mengandung lipopolisakarida seperti *Chlamydia trachomatis*.

Pembeda selanjutnya berdasarkan kebutuhan oksigen dibedakan menjadi dua macam, yaitu : pertama, bakteri aerob contohnya: *Nitrosomonas*, *Nitrococcus*, *Nitrobacter* dan *Acetobacter*. Kedua, bakteri anaerob, seperti *Streptococcus*, *Enterobacter*, *Lactobacillus*, *Escherichia*, dan *Clostridium*.

Eubacteria dapat berdampak positif dan negatif misalnya Eubacteria pengikat nitrogen pada tanaman, bakteri penghasil antibiotik untuk pengobatan, selain juga bakteri

dalam industri makanan seperti yoghurt, *nata de coco*, mentega, dan asam cuka. Adapun berdampak negatif seperti penyebab penyakit tetanus, tipus, TBC, radang paru-paru, hingga penyakit pencernaan.

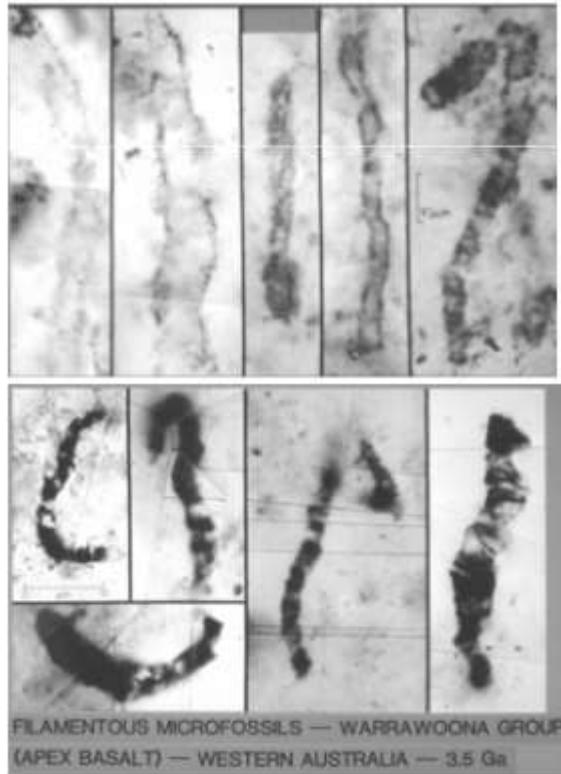
Anggota Eubacteria seperti *Cyanobacteria*, *Chloroxybacteria*, *Paracoccus*, Bakteri non-sulfur, bakteri belerang, bakteri filamen hijau, bakteri belerang hijau, *Spirochetes*, dan *Desulphovibrio*.

5.2.2 Cyanobacteria

Pendahuluan

Cyanobacteria dikenal juga dengan nama antara lain Cyanocloronta, Cyanophyta, Chloroxybacteria, dan dalam bahasa Indonesia nama alga biru atau alga biru-hijau. Cyanobacteria merupakan bentuk kehidupan yang dominan di bumi selama lebih dari 1,5 miliar tahun. Mereka adalah bakteri gram negatif dan penghasil oksigen primitif. Alga ini memiliki 150 marga dengan 1500 spesies yang telah bernama.

Cyanobacteria merupakan mempunyai organisme dan fosil tertua (Gambar 5.5). Jenis tersebut yaitu *Stromatolit* merupakan fosil sejenis batuan berlapis yang terdiri dari lapisan mikroorganisme berasal dari lebih 3,5 miliar tahun yang lalu dan berisi bukti aktivitas Cyanobacteria yang mirip dengan *Oscillatoria*. Akan tetapi bukti ini diperdebatkan pada tahun 2010 kemudian muncul bukti lain yang merupakan fosil yang paling berusia 2,1 miliar tahun.



Gambar 5.5. Fosil (Sumber: Hofmann *et al*, 1999)

Habitat dan Karakteristik

Habitat pada umumnya di perairan tetapi ada yang ditemukan di perairan air laut. Alga ini bersimbiosis dengan kelompok eukariotik. Misalnya *Anabaena* bersimbiosis dengan akar koralooid *Cycas*. Ciri utama Cyanobacteria adalah:

1. ukuran tubuh yang berkisar 1–60 mm;
2. memiliki selubung lendir dengan ketebalan bervariasi;
3. dinding sel mengandung peptidoglikan tipis, 8 asam amino, asam muramik, asam diaminopimelik, dan glukosamin;

4. pigmen yang dimiliki yaitu fikobilin, klorofil a, C-fikosianin, C-fikoeritrin, myxoxantin, myxoxantofil, dan karoten;
5. dapat melakukan fotosintesis;
6. sel prokariotik;
7. pertemuan gametik tidak terjadi;
8. memiliki selubung lendir dengan ketebalan bervariasi
9. memiliki tilakoid: kantong pipih mengandung klorofil a terletak lebih sering pada perifer sel
10. memiliki fikobilisom : struktur kecil mengandung pigmen tambahan yang tersusun paralel dengan permukaan tilakoid. Pigmen tambahan tersebut adalah fikobilin (fikosianin/biru) dan fikoeritrin (merah);
11. materi inti (DNA) tidak oleh membran atau dengan kata lain letaknya tersebar seperti jala;
12. nukleoli tidak ada;
13. tidak memiliki retikulum endoplasmik, mitokondria, dan badan golgi;
14. kelebihan hasil fotosintesis disimpan sebagai granula kecil disebut tepung cyanophycean yang merupakan merupakan glikogen dan granula lain terdapat pada sel;
15. Vakuola gas : Sejumlah spesies planktonik berisi vakuola gas di tepi sel. Biasanya nampak berwarna agak merah.

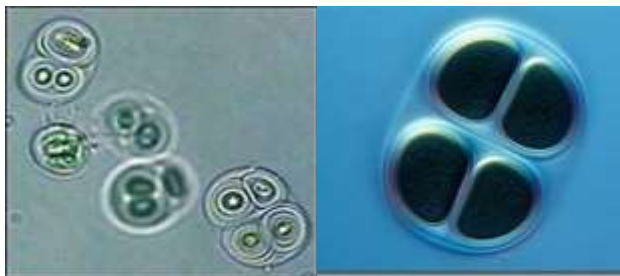
Bentuk tubuh uniseluler dan multiseluler. Uniseluler dapat dalam kondisi soliter, kelompok, dan koloni, sedangkan yang multiseluler biasanya berbentuk benang (filamen). Ukuran tubuh bakteri ini cukup besar, sekitar 1-60 mm dan bisa diamati dengan mikroskop cahaya biasa.

Marga Terpilih

1. Uniseluler

Chroococcus dan *Gleocapsa*

Chroococcus sering bersama-sama dengan alga lain pada endapan dari dasar kolam. *Chroococcus* dan *Gleocapsa* (Gambar 5.6) dijumpai pada batu-batuan lembab, tembok, dan pot tanaman. Keduanya sering sukar dijumpai dalam bentuk uniseluler karena sering terjadi pembelahan sel & kecenderungan sel induk bergabung dengan sel anak. Umumnya dijumpai dalam bentuk koloni seperti pada Gambar 5.6. Perbedaannya terletak pada tebal tipisnya selubung lendir dan ukuran sel individu.



Gleocapsa

Chroococcus

Gambar 5.6. Uniseluler Cyanobacteria

Gleocapsa memiliki selubung lendir lebih tebal daripada *Chroococcus*. Perbedaan lain terletak pada individu. *Gleocapsa* memiliki individu yang berukuran lebih kecil daripada *chroococcus*.

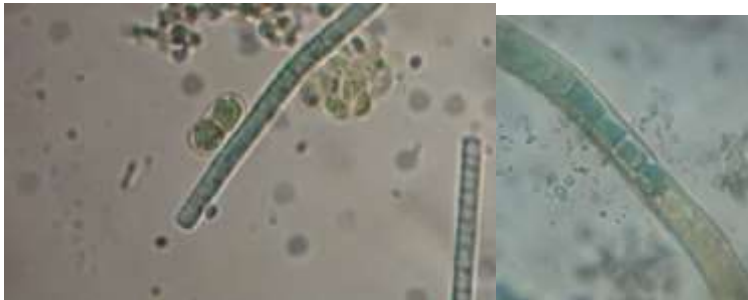
2. Multiseluler

Deretan sel tersusun dalam untaian bercabang atau tidak yang dihasilkan dari pembelahan satu arah. Contohnya *Oscillatoria*, *Lyngbia*, *Nostoc*, *Anabaena*, *Ruvularia*, dan *Gloeotrichia*.

Oscillatoria* dan *Lyngbia

Habitat *Oscillatoria* dan *Lyngbia* (Gambar 5.7) akuatik, tanah lembab. *Oscillatoria* adalah memiliki anggota 76 spesies pada suku Oscillatoriaceae. Ini dapat ditemukan di berbagai habitat, terutama di tempat-tempat yang kaya akan bahan organik.

Contohnya *Oscillatoria prolifica* adalah spesies planktonik yang ditemukan di air laut, sedangkan *O. terebriformis* adalah Cyanobacteria termal yang tumbuh di sumber air panas. Jenis seperti *O. princeps* hidup di air tawar, air laut, atau tanah lembab.



Oscillatoria

Lyngbia

Gambar 5.7. *Oscillatoria* dan *Lyngbia*

Oscillatoria umumnya terjadi di kolam air hujan, kolam, sungai, dan selokan pinggir jalan. Beberapa spesies juga tumbuh di tanah dan bebatuan yang lembab.

Susunan tubuh kedua individu yaitu sel mempunyai lebar yg melebihi ukuran panjang (lebih lebar) atau sebaliknya. Perbedaan spesies biasanya dibedakan dari sel apikal (ujung) yg mempunyai bentuk berbeda dari sel vegetatif.

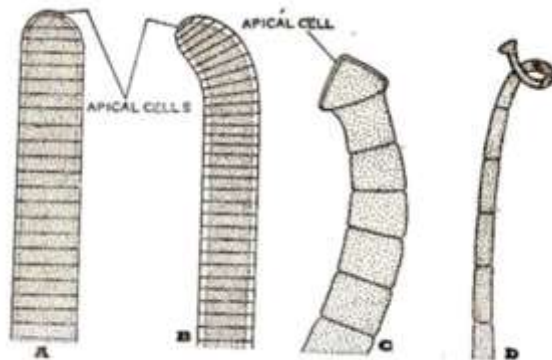
Bentuk tubuh kedua marga adalah filamen tidak bercabang. Filamen *Oscillatoria* disebut trikoma. Trikoma mungkin telanjang atau dikelilingi oleh selubung lendir

yang tipis dan kurang berkembang. Setiap trikoma adalah *uniserial* dan terdiri dari banyak sel yang tersusun rapat dan seragam.

Sel biasanya lebih luas daripada panjang. Setiap sel dapat dibedakan menjadi dinding sel dan protoplasma. *Oscillatoria* menunjukkan berbagai jenis gerakan seperti meluncur, berosilasi, merangkak, dan membungkuk (Gambar 5.8).

Sel trikoma seperti *Oscillatoria* mempunyai bentuk yang sama, kecuali sel apikal, sel bagian ujung ini bervariasi dalam bentuk spesies yang berbeda dan biasanya berbentuk bulat atau kubah. Misalnya pada beberapa spesies (*O. proboscidea*), sel apikal berujung dengan selaput tebal yang disebut kaliptra. Reproduksi hanya melalui metode vegetatif, seperti fragmentasi dan pembentukan hormogonium.

Lyngbya (Gambar 5.7) berbeda dengan *Oscillatoria* yaitu dikelilingi oleh selubung yang jelas nampak dan kuat.

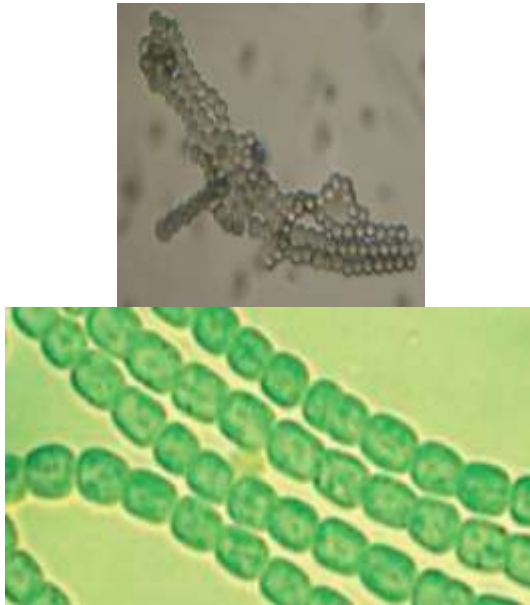


Gambar 5.8. Sel apikal *Oscillatoria*
(Sumber SZE, 1993)

Anabaena* dan *Nostoc

Anabaena (Gambar 5.9) merupakan spesies planktonik yang membentuk lapisan pada vegetasi akuatik atau tersebar pada air tawar atau air asin. Marga ini memiliki mampu mengikat nitrogen, dan bersimbiosis dengan organisme lain, seperti *Azolla*.

Anabaena merupakan marga penghasil neurotoksin, yang berbahaya bagi binatang liar lokal, dan binatang ternak dan peliharaan. Produksi neurotoksin ini ditafsirkan sebagai masukan dalam bersimbiosis, menjaga tumbuhan dari rusaknya penggembalaan.



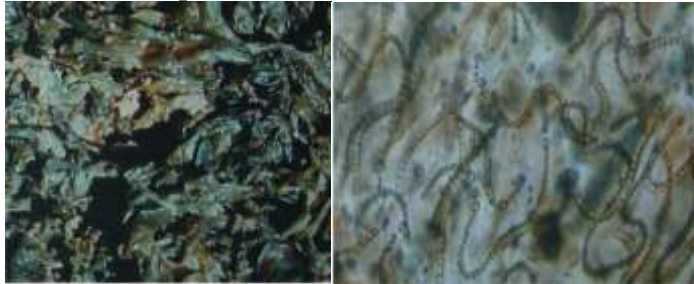
Gambar 5.9. *Anabaena*

(Sumber: Dokumentasi pribadi dan Azza & Abd. El, 2022)

Nostoc tampak hampir sama dengan *Anabaena*, tetapi penampakkannya berbeda. Genus ini mirip jeli termasuk spesies akuatik, terestrial atau batu-batuan. Genus alga biru ini memiliki sel-sel yang tersusun dalam rantai seperti manik-manik. Ukurannya mulai dari mikroskopis hingga seukuran besar seperti buah kenari.

Nostoc dapat ditemukan pada tanah dan mengambang di air yang tenang. Reproduksi secara fragmentasi. Sel berdinding tebal khusus (akinet) memiliki kemampuan menahan pengeringan untuk jangka waktu yang lama sampai 70 tahun. Akinetnya dapat tumbuh menjadi menjadi filamen saat dibasahi.

Nostoc terestrial telah digunakan sebagai sumber makanan tambahan seperti di Sidorarjo Jawa Timur, *Nostoc* digunakana untuk bahan makanan dengan nama **lumut sri dempok**.



Gambar 5.10. *Nostoc*
(Sumber: Wisanti & Novita, 2011)

3. Koloni

Koloni yaitu sejumlah individu tumbuh bersama-sama dalam selubung lendir yang sama. Selubung ini dihasilkan melalui sekresi dari setiap sel anggota. Contoh koloniyakni *Microcystis*, *Polycistis*, dan *Merismopedia*

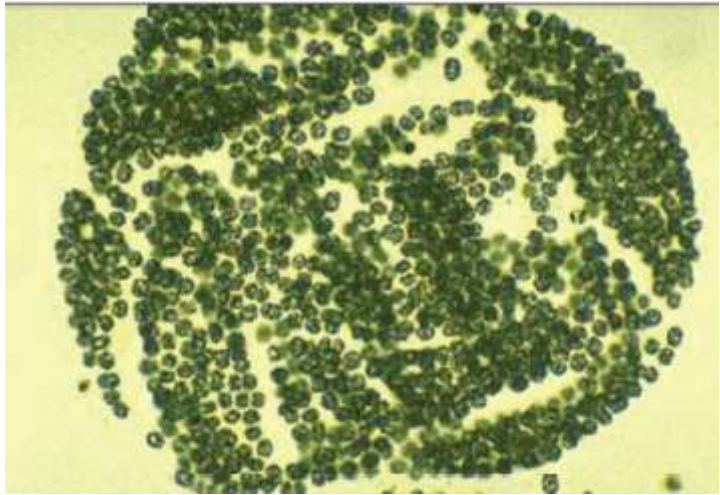
Microcystis

Bentuk koloni *Microcystis* bervariasi berbentuk bulat, diskoid, atau tidak teratur, tetapi ketika diamati secara makroskopik, mereka tidak berbentuk, tidak teratur, dan kadang-kadang seperti jaring *Microcystis*, sel individunya bulat kecil dan biasanya mengandung pseudovakuola.

Ciri-ciri genus ini adalah [1] sel-sel kecil dengan diameternya ukuran 2–7 μm sedangkan koloni berukuran 40 μm hingga 3 mm serta tidak memiliki selaput individual; [2] sel-sel biasanya bergabung menjadi koloni besar yang dapat dilihat dengan mata telanjang awalnya berbentuk bulat, tetapi kemudian mulai kehilangan bentuk menjadi tak teratur; dan [3] warna protoplas biru-hijau terang, tampak gelap atau coklat karena efek optik vesikel yang terisi oleh gas.

Spesies yang paling banyak dikenali adalah *Microcystis aeruginosa* yang hidup di air tawar. Spesies ini melimpah sehingga mampu menghasilkan neurotoksin dan hepatotoksin/mikrosistin dan mampu menjadi alasan timbulnya polusi air minum). Selain itu, banyaknya oksigen di perairan dapat berakibat kematian ikan dan biota air (Borowitzka, 2018)

Spesies *M. aeruginosa* dan *M. viridis* ditemukan dapat menghambat MCF-7 (kanker payudara). Sel target DCM dan ekstrak metanol *M. aeruginosa* adalah 3LL (kanker paru). Pengobatan dengan etanol dan ekstrak DCM efektif untuk CT-2 (Lee, *et al.* (2021).

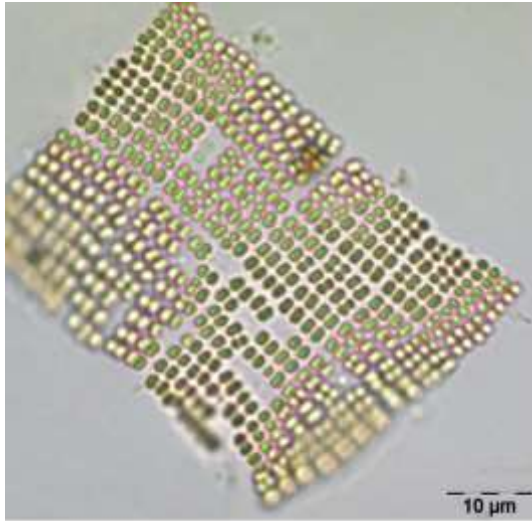


Gambar 5.11. *Microcystis*
(Sumber: Backer & Dennis, 2006)

Merismopedia

Genus ini berbeda dengan *Microcystis* dari bentuk sel individunya yang elips dan tersusun bersejajar, keteraturan bentuk koloni disebabkan pembelahan sel dua arah. Sel berbentuk setengah bola dan $(0,4)1,2-6,5(17) \mu\text{m}$ diameternya.

Merismopedia terdiri dari koloni pipih, hidup bebas, seperti piring (persegi panjang), kurang lebih persegi panjang yang memiliki satu lapisan sel, tersusun longgar atau padat dalam baris tegak lurus dan diselimuti oleh lendir halus, tidak berwarna, biasanya tidak jelas, dan sedikit menyebar. Koloni berbentuk datar atau sedikit bergelombang, biasanya berukuran mikroskopis (kecuali beberapa spesies yang terlihat secara makroskopis), dan terkadang terdiri dari subkoloni.



Gambar 5.12. *Merismopedia*
(Sumber: Olenina *et al.*, 2006)

Reproduksi aseksual

Cyanobacteria tidak melakukan reproduksi melalui pertemuan antar gamet tetapi melakukan reproduksi aseksual. Reproduksi aseksual antara lain:

1. Pembelahan biner: dapat terjadi pada Cyanobacteria uniseluler maupun multiseluler yang berbentuk filamen (benang). Cyanobacteria uniseluler, sel-sel hasil pembelahan ada yang langsung memisah, dan ada pula yang tetap bergabung sehingga membentuk koloni (misalnya *Gloeocapsa*). Sel-sel hasil pembelahan pada Cyanobacteria yang berbentuk filamen menyebabkan filamen menjadi bertambah panjang.
2. Fragmentasi adalah pemutusan sebagian tubuh organisme. Bagian tubuh yang terlepas akan tumbuh menjadi individu baru. Fragmentasi terjadi pada Cyanobacteria yang berbentuk filamen. Pemutusan bagian tubuh dapat terjadi di bagian-bagian tertentu pada sel-sel

yang mati. Filamen hasil pemutusan disebut hormogonium. Hormogonium ini memiliki panjang filamen yang berbeda-beda, dan bila terlepas dari filamen induk maka akan tumbuh menjadi Cyanobacteria baru. Contoh Cyanobacteria yang mengalami fragmentasi antara lain *Oscillatoria* dan *Plectonema boryanum*.

3. Endospora terjadi bila kondisi lingkungan kurang menguntungkan, misalnya pada kondisi kekeringan. Sel yang mengandung endospora ini disebut akinet. Akinet berasal dari sel vegetatif, berukuran lebih besar dari sel-sel tubuh lainnya karena mengandung cadangan makanan, dan berdinding tebal. Bila kondisi lingkungan membaik, maka endospora akan tumbuh menjadi Cyanobacteria baru, contohnya *Nostoc*.

Kerugian adanya Cyanobacteria

Sejumlah jenis Cyanobacteria dapat memproduksi racun syaraf (neurotoksin), yang dapat menyerang hati (hepatotoksin) dan sel (sitotoksin), kemudian membentuk endotoksin yang sangat berbahaya bagi lingkungan makhluk hidup lainnya.

Alga biru mudah ditemukan pada dinding yang lembab. Akan tetapi, keberlimpahan *Cyanobacteria* yang tumbuh di tembok bangunan maka dalam waktu yang lama secara perlahan tembok rumah tersebut akan mengalami keretakan.

Cyanobacteria juga hidup pada lingkungan yang memiliki fosfat dan nitrogen dengan kadar yang tinggi. Tingginya kadar N dikarenakan polusi industri dan pertanian. Kondisi tersebut mengakibatkan melimpahnya alga biru. Keberlimpahan ini menutupi permukaan air sehingga berdampak sinar matahari dan O_2 yang dibutuhkan organisme air berkurang.

Manfaat Cyanobacteria

Cyanobacteria memiliki banyak peranan positif dalam kehidupan. Contohnya, *Spirulina* yang merupakan sel berprotein tinggi dan bisa jadi sumber makanan disebut Protein Sel Tunggal (PST), banyak digunakan dalam pengobatan dan makanan tambahan. Manfaat *Spirulina* antara lain: 1) memperkuat sistem kekebalan tubuh; 2) menjaga kesehatan jantung; 3) meredakan gejala alergi; 4) mengurangi resiko penyakit kanker; 5) menurunkan tekanan darah tinggi; 6) menjaga kesehatan saluran pencernaan dan kulit.

Cyanobacteria seperti *Anabaena* dapat mengikat nitrogen di alam. Dampaknya tanah subur hal ini menguntungkan tanaman di sekitar mereka untuk bisa tumbuh subur. *Anabaena* memfiksasi nitrogen dari air dan udara yang bersimbiosis pada tanaman. Simbion ini termasuk kedalam jenis alga penambat nitrogen yang bersifat autotrof. Sumber nitrogen yang bermanfaat secara langsung bagi tumbuhan adalah nitrat dan amoniak. Nitrat adalah bentuk utama dari nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan alga.

5.3 Protista

Protista merupakan mikroorganisme eukariota yang bukan hewan, tumbuhan, ataupun jamur atau disebut Kingdom tong Sampah. Akan tetapi, meskipun protista tidak dapat dikategorikan dalam kelompok hewan, tumbuhan, atau jamur, tetapi protista memiliki ciri yang mirip dengan ketiga kelompok tersebut. Oleh karena itu, pengklasifikasian protista dibagi menjadi 3 macam, yaitu protista mirip hewan, protista mirip tumbuhan, dan protista mirip jamur. Bab ini lebih menekankan pada pembahasan **Protista Mirip Tumbuhan**.

Protista terdiri dari satu sel atau banyak sel dan memiliki membran inti (eukariot). Sebagian besar Protista

hidup di air, karena tidak memiliki pelindung untuk menjaga tubuhnya dari hawa kering. Protista memiliki membran inti sehingga disebut sebagai sel eukariotik. Sel yang sudah bermembran inti

Protista hidup bebas dan dapat menguntungkan organisma lain, tetapi juga dapat bersifat parasit yang merugikan organisma lain seperti menimbulkan penyakit. Habitat biasanya di tempat lembab dan berair. Protista dapat hidup di air tawar dan juga air asin atau lautan dengan kadar garam yang tinggi sebagai fitoplankton.

Karakter lain yaitu sifat aerob dan anaerob, selain autotrof dan heterotrof. Protista memiliki alat gerak berupa flagel atau bulu cambuk, silia atau rambut getar, dan pseudopodia atau kaki semu. Akibatnya Protista dapat bergerak bebas.

5.3.1 Sejarah Klasifikasi Protista

Protista diusulkan oleh biologiawan Jerman tahun 1830, George A. Goldfuss memperkenalkan istilah Protozoa yang meliputi *Ciliata* dan *Coral* (Scamardella, 1999). Penganut Goldfuss tahun 1845, mengembangkannya agar meliputi semua binatang bersel satu seperti *Foraminifera* dan *Amuba*. Selanjutnya, pada awal 1860, istilah Protoctista sebagai kategori klasifikasi pertama kali diusulkan oleh John Hogg, yang menganggap protista binatang dan tumbuhan primitif bersel satu. Hogg, mengartikan Protoctista sebagai kingdom keempat setelah tumbuhan, binatang, dan mineral (Scamardella, 1999).

Herbert Copeland tahun 1938, menghidupkan lagi klasifikasi Hogg. Menurutny, "Protoctista" secara harfiah berfaedah "makhluk hidup pertama". Istilah Haeckel disanggah Copeland, protista karena meliputi mikroba tak berinti sel seperti bakteri, sementara istilah protoctista tidak masuk. Sebaliknya, protoctista meliputi eukaryota berinti sel seperti diatom, alga hijau, dan fungi (Copeland, 1938).

Istilah protista dipakai sebagai mengacu pada eukariota bersel satu atau kalaupun berkoloni tidak menunjukkan diferensiasi dalam jaringan. Istilah ini tidak dipakai lagi pada klasifikasi modern. Klasifikasi modern berupaya menyajikan kelompok monofiletik berlandaskan ultrastruktur, biokimia, dan genetika sedangkan protista merupakan parafiletik sistem seperti itu seringkali memecah atau meninggalkan kingdom tersebut, ketimbang memperlakukan himpunan protista sebagai eukaryota.

Protista pertama kali diusulkan oleh Ernst Haeckel. Secara tradisional, protista digolongkan menjadi beberapa himpunan berlandaskan kecocokannya dengan kerajaan yang semakin tinggi yaitu meliputi Protozoa yang mirip binatang bersel satu, Protophyta yang mirip tumbuhan (mayoritas algae bersel satu), serta jamur lendir dan jamur air yang mirip jamur.

5.3.2 Protista Mirip Hewan

Protista mirip hewan sering disebut Protozoa, dengan karakter sebagai berikut:

1. Tubuh uniseluler, ukuran tubuh sekitar 100–300 μ .
2. Sel atau individu terbungkus oleh membran. Protoplasma dibedakan menjadi dua, yaitu ektoplasma (bagian luar) dan endoplasma (bagian dalam). Ektoplasma dapat menghasilkan dinding sel yang merupakan ciri hewan. Dinding sel tersebut dikenal dengan nama pedicula (selaput sel) atau cangkang yang keras. Endoplasma terdapat organel seperti nukleus, vakuola kontraktil dan vakuola makanan.
3. Protista mirip hewan memiliki satu inti, kecuali pada *Paramecium* terdapat mempunyai dua inti yaitu makronukleus dan mikronukleus.
4. Pertukaran oksigen dengan karbondioksida dilakukan oleh seluruh permukaan tubuhnya dengan cara difusi.

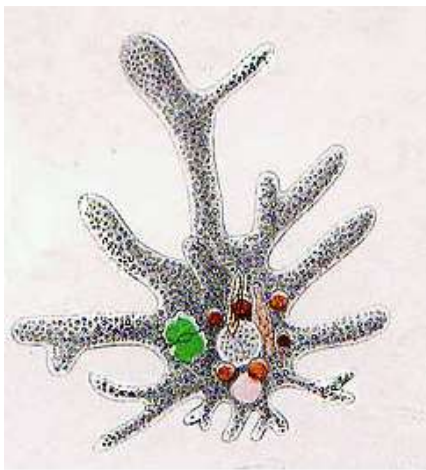
5. Reproduksi pada umumnya membelah diri atau secara konjugasi.

Protozoa dapat ditemukan air, di tempat lembab atau parasit pada organisme lain atau kosmopolitan. Protozoa diklasifikasikan berdasarkan alat geraknya, maka terbagi dalam empat filum.

Rhizopoda (Sarcodina)

Rhizopoda merupakan kelompok protista yang memiliki kemampuan untuk bergerak dan mengambil makanan dengan mengeluarkan pseudopodia (kaki semu). Rhizopoda ini dapat ditemukan di lingkungan air tawar, laut, dan bahkan di tanah.

Anggota filum ini sebanyak kurang lebih 10.000 spesies. Beberapa spesies yang terkenal contohnya *Amoeba proteus* (Gambar 5.13), *Amoeba dubia*, *Amoeba chaos*, dan *Amoeba verrucosa*.



Gambar 5.13. *Amoeba*
(Sumber: Laidy, 1878)

Pergerakan Rhizopoda dilakukan dengan menggunakan kaki semu (pseudopodia). Rhizopoda tidak memiliki bentuk tetap karena selalu berubah-ubah sesuai dengan pergerakannya. Selain berfungsi untuk bergerak, kaki semu juga berfungsi untuk menangkap makanannya. Setelah makanan tersebut dicerna, zat sisa hasil pencernaan akan memadat dan menepi pada ujung tubuh kemudian keluar dari tubuh, maka rhizopoda termasuk organisme heterotrof. Contoh anggota filum rhizopoda adalah Amoeba.

Kemampuan regenerasi luar biasa. Jika sebagian kecil dari tubuhnya rusak atau hilang, maka Rhizopoda dapat memperbaiki dengan mengganti bagian yang rusak atau hilang dengan cepat. Misalnya pada *Amoeba dubia* dapat memperbaiki bagian tubuhnya yang rusak dalam waktu kurang dari 24 jam. Rhizopoda berkembangbiak dengan membelah diri secara langsung (pembelahan biner).

Beberapa spesies Rhizopoda dapat bertahan hidup dalam kondisi ekstrim seperti pada suhu yang sangat panas atau dingin, kekurangan air, dan tekanan yang ekstrem. Misalnya, *Amoeba polyphaga* merupakan spesies yang dapat bertahan hidup dalam kondisi kekurangan air yang ekstrim.

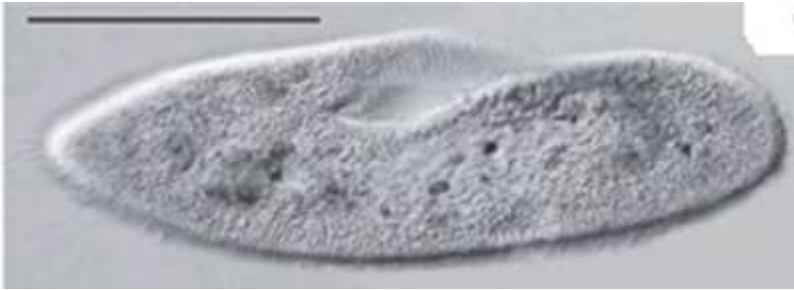
Rhizopoda juga predator yang efektif dan dapat memangsa organisme yang lebih besar dari ukurannya. Cara menangkap mangsa menggunakan pseudopodia dan menyerapnya ke dalam tubuhnya. Selain itu, juga dikenal sebagai bioindikator, yaitu organisme yang digunakan untuk menunjukkan kondisi lingkungan. Hal ini disebabkan Rhizopoda sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan di suatu daerah. Misalnya, jika populasi rhizopoda menurun, ini bisa menjadi indikasi bahwa lingkungan tersebut telah tercemar atau mengalami kerusakan.

Ciliata

Ciliata (Ciliophora atau Infusiora), filum ini sesuai namanya, maka bergerak dengan menggunakan silia (bulu getar). Selain berfungsi sebagai alat gerak, silia yang terdapat di seluruh tubuhnya berfungsi juga menggerakkan makanan agar dapat masuk melalui mulutnya. maka Ciliata termasuk organisme heterotrof sama dengan *Amoeba*. Makanan yang terkumpul di sitostoma dilanjutkan ke sitofaring. Apabila telah penuh, makanan hendak masuk ke sitoplasma dengan membentuk vakuola makanan.

Ciliata mempunyai dua inti yaitu makronucleus dan mikronucleus. Makronukleus berfungsi sebagai vegetatif, sedangkan mikronukleus mempunyai berfungsi reproduktif konjugasi.

Ciliata hidup di lingkungan perairan baik tawar maupun laut, selain itu dapat hidup parasit maupun simbiosis. Misalnya *Balantidium coli*, *Vorticella*, dan *Paramecium*. Contoh spesies Ciliata adalah *Paramecium caudatum* (Gambar 5.14) yang mempunyai bentuk selnya seperti sandal dengan ukuran kira-kira 250 μ , memiliki sitostom (celah mulut) pada membran plasma, dan diselubungi oleh pelikel. Tubuh terbagi bagian anterior tumpul, sedangkan bagian posterior runcing. Reproduksi aseksual dengan membelah diri (pembelahan biner) dan secara seksual dengan konjugasi yang diawali dengan pertukaran inti antara dua individu lalu berpisah dan masing-masing membelah menjadi dua individu.



Gambar 5.14. *Paramaecium caudatum*
(Sumber : van Hauten, 2023)

Gerakan *P. caudatum* sangat cepat sulit diamati dengan mikroskop dilakukan dengan menggetarkan cilianya. *P. caudatum* bergerak maju sambil mengadakan gerak rotasi yang arah perputarannya kalau dilihat dari belakang berlawanan dengan arah jarum jam. Gerak terjadi karena perpaduan antara gerak silia tubuh seperti sistem dayung dan gerak silia pada *oral groove* yang sangat kuat.

Flagellata/ Mastigophora

Kata flagela berasal dari bahasa latin yang artinya cambuk, dan Mastigophora memiliki arti yang sama tetapi berasal dari bahasa Yunani dan **phora** yaitu gerakan. Jika dihubungkan dengan karakter individu maka sebagian besar Flagellata memiliki dua cambuk di bagian belakang tubuhnya, sehingga saat bergerak terlihat seperti didorong dari belakang.

Anggota flagellata sangat beragam teridentifikasi sekitar 8.500 spesies yang hidup. Organisme ini tersebar di seluruh dunia, dari perairan tawar hingga laut dalam, dan bahkan dapat ditemukan di tanah dan tubuh manusia.

Flagellata dapat hidup sebagai organisme uniseluler atau multiseluler, dengan ciri spesies yang sangat berbeda-beda, mulai dari bentuk yang sederhana hingga kompleks. Filum terbagi secara taksonomi dalam dua kelas, yaitu

phytomastigophorea (mirip tumbuhan) dan zoomastigophorea (mirip hewan).

Phytomastigophorea merupakan protozoa yang mengandung klorofil dan dapat menghasilkan makanan secara fotosintesis misalnya, *dinoflagellata*. Anggota *zoomastigophorea* merupakan protozoa yang tidak berwarna, misalnya, hipermastigid simbiotik. Beberapa jenis Flagellata bersifat parasit dan merugikan, contohnya genus *Trypanosoma* dan *Trichomonas*. *Trypanosoma gambiense* dan *Trypanosoma rhodesiense* merupakan parasit pada darah manusia dan dapat menyebabkan penyakit tidur yang mematikan (Gambar 5.15). Di Afrika, penularan dilakukan melalui lalat Tse-tse (*Glossina palpalis*).

Gerakan mencambuk Flagellata seperti cambuk yang memberikan daya gerak. Flagela ini terdiri dari benang-benang halus yang bergerak secara koordinatif agar menghasilkan gerakan. Ciri lain yaitu memiliki organel seperti vakuola, mitokondria, dan plastida yang mengandung pigmen fotosintetik. Organisme ini juga memiliki selubung sel atau pelindung seperti cangkang atau kulit untuk melindungi tubuhnya dari lingkungan.



Gambar 5.15. *Trypanosoma*
(Sumber: Makarim, 2019)

Kelompok ini berperan penting dalam ekosistem perairan. Anggota filum dapat berfungsi sebagai produsen atau konsumen, dan juga dapat bertindak sebagai predator dan parasit. Selain itu juga dijadikan indikator kualitas air karena spesiesnya sensitif terhadap perubahan kualitas air. Beberapa spesies sangat sensitif terhadap polutan organik dan kimia dalam air. Jika jumlah flagellata menurun drastis, ini dapat menunjukkan adanya pencemaran yang serius dalam air.

Sporozoa

Sporozoa dikenal dengan *Apicomplexa* merupakan organisme uniseluler yang tidak memiliki alat gerak. Kata tersebut dari dua kata Latin yaitu *apex* (top) dan *complexus* (*infold*), yang merujuk pada satu set organel pada sporozoite. Organisme ini bergerak dengan melakukan kontraksi seluruh sel. *Apicomplexa* memiliki organel diagnostik yang disebut *apical complex*.

Hidup seluruh Sporozoa sebagai parasit (makanan diserap langsung dari inangnya), biasanya tidak memiliki bulu cambuk, bulu getar, atau kaki semu (Sibley, 2010). Reproduksi sporozoa dapat berlangsung secara seksual maupun aseksual. Reproduksi seksual terjadi dengan pertemuan mikrogamet dan makrogamet dalam tubuh inang, sedangkan aseksual dilakukan dengan pembelahan sel. Contoh sporozoa adalah *Plasmodium vivax*, merupakan penyebab penyakit malaria pada manusia.

Apicomplexa membentuk spora dan tidak memiliki bulu cambuk atau kaki semu kecuali pada beberapa tahap gamet. Selain itu, memiliki organel unik apikoplast, yaitu plastida tidak berwarna yang mengecil. Apikoplast berasal dari alga merah dengan proses endosimbiotik pada awal evolusi eukariotik. Sel merozoite mempunyai apikoplast yang dikelilingi dengan empat membran. Dua didalam dan dua di

luar berasal dari membran vakuola dan membran plasma dari endosimbiotik alga merah.

Apicomplexa memiliki tiga struktur berbeda pada apikal terdiri dari mikrotubul spiral/konoid, badan sekretori/*rhoptry* dan 1 atau lebih cincin polar yang mengelilingi mikronema, yaitu badan sekretori tipis berelektron (Lee, 2008; Slapeta & Morin, 2011). Apicomplexa mempunyai polisakarida laminin pada permukaannya dan sel inang memiliki reseptor laminin.

Parasit sporozoa berikatan dengan sel inang dengan konoid yang menonjol untuk mengeluarkan stilet yang menghubungkan antara apicomplexa dan sel inang. Sel apicomplexa diambil masuk ke sel inang pada vakuola parasitoforous. Selain itu, sporozoa memiliki inti, RE, dan badan golgi, serta mitokondria. Kelompok selanjutnya dari organel berbentuk bola, terdistribusi pada sel (tidak terkumpul di kompleks apikal), disebut granula padat, memiliki diameter sekitar 0.7 μm . Flagela ditemukan pada gamet motil, berjumlah 1 atau 3 dan mengarah ke posterior.

Sporozoa tidak memiliki sentriol, kloroplas, organel ejektil dan inklusi. Sel dikelilingi oleh pelikel dengan tiga lapisan membran (struktur alveolar) yang dipenetrasi oleh mikropori. Replikasi dari sporozoon terdiri dari tahap mitosis, pembelahan sel (biasanya oleh *schizogony*), dan meiosis (terjadi di zigot). Sel ini memiliki kemampuan *gliding* untuk bergerak di jaringan, masuk dan keluar sel inangnya karena adanya adesi dan motor miosin berstatus kecil.

Banyak kelompok ini dapat menginfeksi lebih dari satu inang. Siklus hidup filum ini kompleks dan memungkinkan untuk bertahan di berbagai kondisi lingkungan. Sporozoa berkembangbiak seksual dan aseksual. Inang diinfeksi melalui invasi secara aktif oleh parasit dengan cara membelah untuk memproduksi *sporozoite* dan masuk ke sel. Lalu sel akan lisis, melepas merozoit yang akan menginfeksi sel lainnya. Proses ini

terjadi berkali-kali sampai dihasilkan *gamont*, dan membentuk gamet yang akan fusi menghasilkan *cysts* baru.

5.3.3 Protista Mirip Jamur

Kelompok ini bukan bagian dalam kingdom Fungi. Oleh karena struktur tubuh dan cara reproduksi yang berbeda dengan Fungi. Ciri-ciri sebagai berikut: 1) eukariotik, 2) tidak memiliki klorofil, 3) dapat menghasilkan spora, 4) heterotrof, 5) memiliki sel berflagel pada satu saat dalam siklus hidupnya, 6) memiliki dinding sel yang tersusun oleh selulosa (jamur air), 7) membentuk spora diploid ($2n$), pada jamur air menghasilkan zoospora (spora berflagel), dan 8) fagositosis.

Protista mirip jamur diklasifikasikan ke dalam tiga filum, antara lain :

1. Myxomycota (Jamur Lendir)

Myxomycota dikenal dengan jamur lendir plasmodium atau kapang berlendir. Myxomycota dulu dikenal dengan jamur lendir sejati. Akan tetapi dengan molekuler diketahui amoebozoa atau dengan kata lain protista ini mirip jamur tetapi berperilaku mirip Amoeba. Anggotanya sekitar 500 spesies bersifat heterotrof. Oleh karena tidak bisa melakukan fotosintesis. Pigmen berwarna terang, seperti kuning atau jingga.

Protista ini menghabiskan sebagian besar hidupnya pada bentuk amoebozoa. Jamur lendir dapat ditemukan di hutan basah, kayu lapuk, dan tanah lembab. Jamur lendir dalam siklus hidupnya terdapat kumpulan sel amoeboid yang disebut plasmodium. Plasmodium dapat tumbuh hingga diameternya mencapai beberapa sentimeter (cm), tetapi merupakan organisme uniseluler, ukuran tubuhnya besar karena kelompok ini dapat memiliki banyak nukleus tanpa sekat.

Sel amoeboid merupakan sel yang dapat hidup bebas, dan plasmodium dapat memakan bakteri, hama, spora,

atau komponen organik lainnya. Makanan tersebut dicerna dengan mekanisme fagositosis. Jika makanan kurang, maka sel ini akan bergabung membentuk lendir. Kemudian lendir ini akan mencari lingkungan baru yang lebih mendukung kebutuhannya.

Perpindahan lendir tersebut dilakukan dengan mekanisme kontraksi dari setiap sel yang bergabung, sedangkan plasmodium akan Ketika berhenti tumbuh dan berkembang, serta akan berdiferensiasi menjadi suatu tahapan siklus hidup yang berfungsi untuk reproduksi seksual.

Myxomycota merupakan jamur lendir yang nggak bersekat. Jamur ini berinti banyak, setiap intinya nggak dipisahkan oleh adanya sekat, bersifat uniseluler ataupun multiseluler, dan dapat bergerak bebas. Jamur lendir hidup di batang kayu yang membusuk, tanah lembap, sampah basah, kayu lapuk, dan di hutan basah.



Gambar 5.16. Myxomycota
(Sumber: Encyclopedia Britanica, 2023)

2. Acrasiomycota

Sebaliknya, pada Acrasiomycota, individu sel tetap terpisah dan bergabung membentuk pseudoplasmodium

atau multiseluler. Selain itu, Acrasiomycota merupakan jamur lendir seluler atau jamur lendir bersekat. Perbedaan selanjutnya adalah Acrasiomycota merupakan organisme haploid/ n hanya zigot bersifat diploid/ $2n$, sedangkan Myxomycota menjalani hidupnya lebih dominan sebagai organisme diploid. Perbedaan ketiga, Acrasiomycota memiliki tubuh yang berfungsi untuk menghasilkan spora saat reproduksi aseksual dan tidak memiliki siklus hidup berflagel.

Ketika plasmodium membesar dan inti sel membelah sel individu tetap terpisah tetapi ketika bergabung akan membentuk pseudoplasmodium. Jika zat makanan berkurang, maka zat kimia yang dikeluarkan oleh amoeba akan bergabung membentuk plasmodium. Plasmodium kemudian bergerak ke arah cahaya dan jika ada makanan kembali, plasmodium akan berhenti bergerak dan tubuhnya mengandung spora reproduksi. Akan tetapi jika kondisi menguntungkan, maka spora yang tertinggal akan membentuk Amoeba baru dan siklus terus berulang.

Acrasiomycota adalah jamur lendir bersekat. Acrasiomycota memiliki bentuk mirip dengan myxomycota, namun sporanya bersekat dan berinti banyak. Pada kondisi yang tidak menguntungkan, acrsiomycota akan berhenti bergerak dan membentuk tubuh buah. Tubuh buah tersebut kemudian akan digunakan untuk memproduksi spora yang baru.

3. Oomycota

Oomycota dikenal dengan jamur air, sebenarnya nama ini kurang tepat, karena itu merupakan salah satu spesies filum ini. Nama ini berasal dari "Oo" yang artinya telur dan "Mycota" yang artinya jamur. Sebagian besar anggotanya sebagai pengurai dan berperan penting di

habitat perairan. Beberapa anggotanya juga sebagai parasit.

Oomycota memiliki spora yang terbentuk dari dinding selulosa dan tanpa sekat. Ciri lain yaitu memiliki flagela yang digunakan juga sebagai alat reproduksi aseksual untuk memproduksi spora baru. Akan tetapi oomycota juga dapat bereproduksi secara seksual dengan cara pertemuan gamet jantan dan betina dan menghasilkan spora tidak bergerak atau oospora.



Gamar 5.17. Oomycota
(Sumber: Encyclopedia Britanica, 2023)

5.3.4 Protista Mirip Tumbuhan (Alga)

Protista mirip tumbuhan pada sistem klasifikasi lama dimasukkan dalam kelompok tumbuhan. Akan tetapi alga atau protista mirip tumbuhan telah dikeluarkan dari sistem tersebut. Hal ini dikarenakan terdapat karakter yang berbeda dengan tumbuhan terutama pada bagian reproduksi. Tumbuhan memiliki bagian tumbuhan yang digunakan untuk reproduksi sedangkan alga tidak.

Alga bersel satu tidak memiliki sel reproduksi atau gamet artinya tubuhnya dapat berfungsi sebagai sel reproduksi atau gamet dan pada alga multiseluler gamet dapat

dihasilkan dari tiap sel. Tiap sel tersebut fertil dan dapat menghasilkan gamet. Selain itu, pada individu multiseluler dapat membentuk spora yang berkembang dalam sporangium bersel satu atau sporangium multiseluler yang masing-masing selnya fertil.

Protista ini dikenal dengan beberapa nama, untuk uniseluler disebut fitoplankton dan individu multiseluler disebut alga. Keduanya mampu melakukan fotosintesis. Fitoplankton memiliki peranan penting dalam memberikan oksigen ke atmosfer melalui proses fotosintesis yang dilakukan.

Rhodophyta

Rhodophyta atau dikenal dengan nama alga merah terdiri dari 400 marga dan 3900 jenis. Sebagian besar anggotanya berada di laut terutama laut daerah tropis kecuali *Batrachospermum* berada pada air tawar.

Struktur sel alga merah antara lain 1) uninukleat seperti *Nemalion*, *Batrachospermum* atau multinukleat misalnya *Polysiphonia* dan *Callithamnion*; 2) memiliki vakuola yang terlihat jelas pada multinukleat; 3) dinding sel terdiri dari selulosa dan yang lain seperti mannan, xylan (derivat xylosa). Filamen tertutup dengan material tambahan gelatin, hidrokoloid seperti agar-agar dan karagenan; 4) plastida satu dalam tiap sel, masif atau banyak dan bentuk diskoid; 5) pigmen terdiri dari klorofil a, klorofil d, karotenoid, fikobiliprotein yang terdiri dari fikoerithrin, fikosianin, dan alofikosianin; 6) memiliki *pit connection* yang merupakan struktur terdapat di antara dua sel yang berdampingan, berfungsi untuk kontinuitas aliran protoplasmik antara dua sel yang berdampingan; 7) tidak ada tahap flagel; 8) terdapat pirenoid. Cadangan makanan berupa tepung floridin (menyerupai fraksi amilopektin dan glikogen pada *Chlorophyta*).

Rhodophyta sebagian besar bentuk tubuhnya berupa filamen, membran, bentuk seperti daun (foliose), uniseluler. Adapun siklus hidupnya Sebagian besar berupa diplobiontik artinya dalam satu siklus hidup terdapat bentuk haploid dan diploid. Reproduksi secara aseksual dengan fragmentasi dan monospora dan seksual secara oogami. Alat perkembangbiakan jantan disebut spermatangium dan alat perkembangbiakan betina disebut karpogonium.

Alga merah terbagi dalam dua subklas yaitu Florideophycidae dan Bangiophycidae.

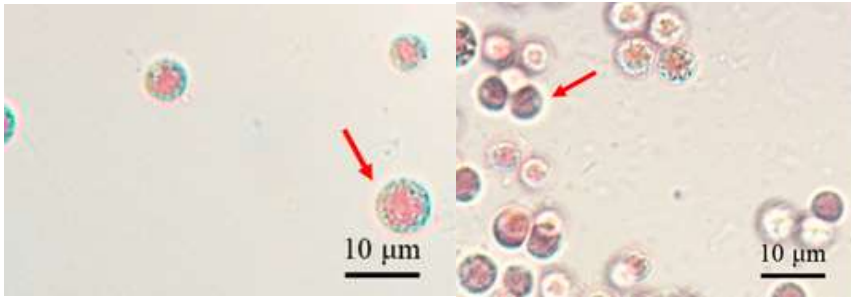
Bangiophycidae

Subklas ini mempunyai bentuk tubuh antara lain uniseluler seperti *Porphyridium*, filamen misalnya

Bangia, dan foliose seperti *Porphyra*. Bentuk filamen dan foliose tidak memiliki *pit connection*. Jika ada alat perkembangbiakan, maka tidak banyak terdiferensiasi, hanya beberapa marga yang dikenal mempunyai organ seksual.

Porphyridium

Marga (Gambar 5. 18) mempunyai ciri yaitu 1) uniseluler dan uninukleat; 2) bentuk bulat; 3) kloroplas berbentuk bintang dengan pirenoid sentral; dan 4) jika berbentuk padat berwarna merah atau hijau kebiruan, tergantung pada kandungan fikoeritrin dan fikosianin pada permukaan tilakoid dalam bentuk partikel kecil fikobilisom; 5) sel mempunyai selaput koloid, pada lingkungan tertentu dapat terlihat seperti tangkai yang terpecah; dan 6) berkembangbiak dengan pembelahan sel menjadi 2 atau lebih.

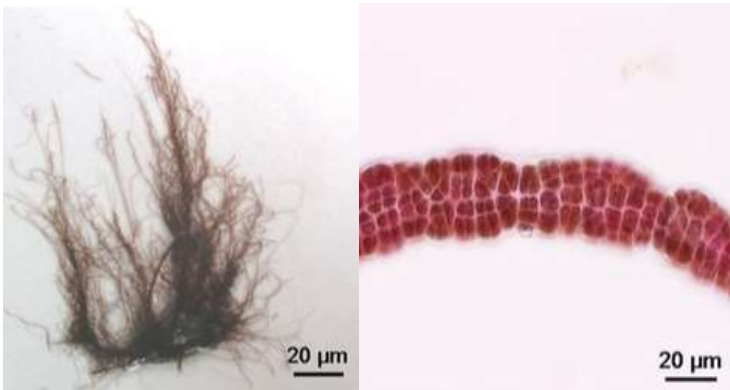


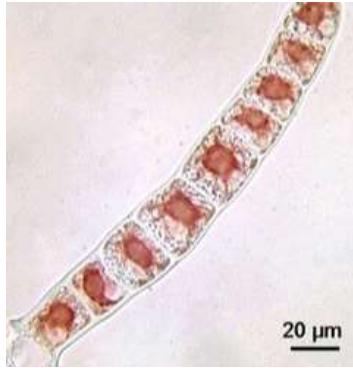
Gambar 5.18. *Porphyridium*
(Sumber: Li, et al, 2022)

Porphyridium banyak ditemukan pada tanah lembab dan air laut yang tenang.

Bangia

Marga ini berbentuk filamen tidak bercabang tetapi ketika sudah tua menjadi multiseriate. Selain itu *Bangia* merupakan marga uninukleat dan plastida masif berbentuk bintang dengan pirenoid sentral. *Bangia* mudah ditemukan di air tawar dan air asin dengan menempel di karang atau di kayu. Diameter 75 mikron.





Gambar 5.19. *Bangia*
(Sumber: Cao, *et.al*, 2018)

Habitatnya pada zona intertidal lingkungan air tawar dan laut. Bentuk awal musim dingin berwarna merah tua, tetapi pada musim semi warnanya berubah dapat berwarna jingga hingga kuning. Siklus hidup diplobiontik. Satu seri atau uniseriate Kedua fase tersebut dapat menghasilkan spora. (Graham dan Graham, 1987).

Porphyra

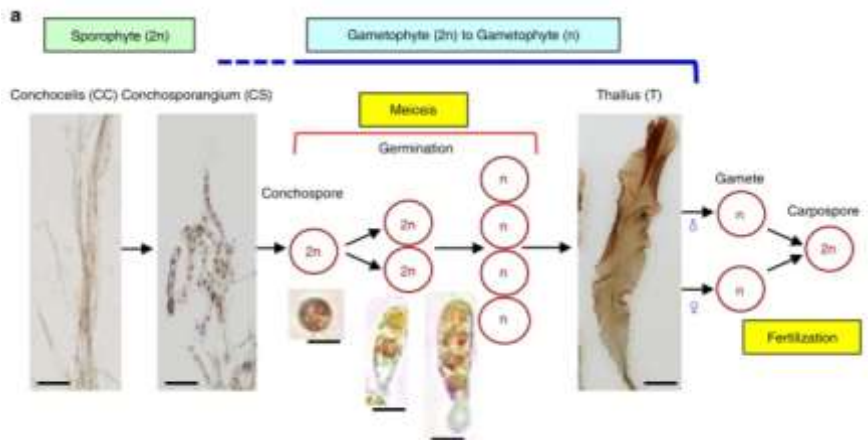
Porphyra dikenal sebagai Rhodophyta primitif. Di Jepang dikenal dengan nama nori. Warna khasnya yaitu coklat ungu atau merah muda. Anggota berjumlah 150 spesies. Tumbuh baik pada perairan yang kaya akan nitrogen.

Ciri-ciri marga ini yaitu 1) talus seperti *Ulva*; 2) dengan rhizoid menempel pada karang atau alga laut yang lebih besar; 3) talus tersusun satu atau dua lapis sel yang dikelilingi dinding sel yang tebal bersifat koloid; 4) uninukleat; 5) kloroplas berbentuk bintang berjumlah 1 atau 2, terletak di sentral; dan 6) adanya *pit connection* pada fase *conchocelis* contohnya *P. Leucostica*.



Gambar 5.20. Herbarium *Porphyra*
(Sumber: Seaweed of Canada)

Siklus hidup (Gambar 5.21) *Porphyra* mirip *Bangia* karena adanya fase conchocelis. Penelitian Giraud dan Magne (1968) menyatakan bahwa *Porphyra* adalah haploid dan conchocelis adalah diploid. Meiosis terjadi pada sel fertil conchocelis terbentuk spora yang menjadi *Porphyra*. Talus haploid, selebar satu atau dua lapis sel yang tertanam dalam lapisan tipis agar-agar, warnanya bervariasi dari coklat tua atau merah hingga merah muda. Bentuk thalus berkisar dari linier hingga bulat telur, dan spesies terbesar dapat mencapai panjang sekitar 1 meter (3,3 kaki). Struktur reproduksi seksual pada tepi thallus, dan banyak spesies juga dapat bereproduksi secara aseksual dengan spora. Tahap diploid, yang dikenal sebagai fase conchocelis, biasanya mikroskopis dan terdiri dari filamen sel bercabang.



Gambar 5.21. Siklus hidup *Porphyra*
(Sumber : Mikami, *et al.*, 2019)

Porphyra yang dikenal dengan nori di Jepang dikenal sebagai bahan makanan. Nori dipanen, dikeringkan, dan digunakan sebagai makanan dalam jumlah yang lebih banyak daripada rumput laut lainnya seperti *Eucheuma*, sehingga keberadaannya sangat penting secara ekonomi.

Nori juga ditemukan di perairan Maluku. *Porphyra* tidak didapati di wilayah perairan lain di Indonesia, kecuali di perairan Serui, Papua. Padahal secara ekonomis jenis rumput laut ini memiliki prospek industri kelautan dengan nilai yang cukup besar.

Floridophycidae

Subklas kedua yaitu Floridophycidae memiliki ciri sebagai berikut :

- 1) pada umumnya mengalami pertumbuhan apikal; 2) mempunyai *pit connection* kecuali Nemalion dan kerabatnya; 3) kloroplas berbentuk cakra; 4) alat perkembangbiakan jantan dan betina sangat berbeda. Gametangium betina disebut

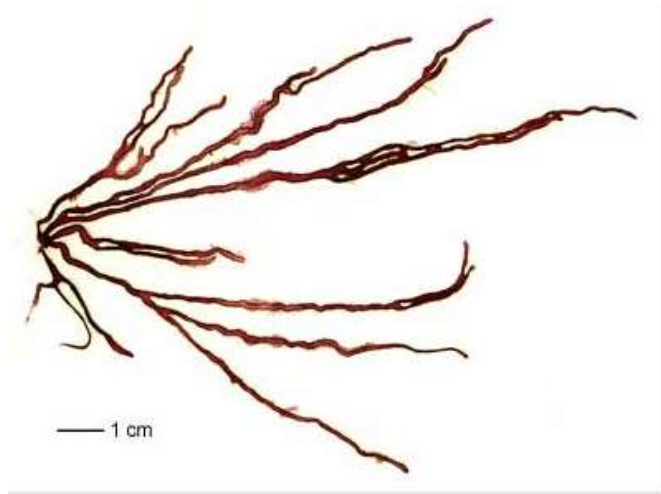
karpogonium bisa dikenali pada cabang yang pucat karena terhentinya pembentukan plastida. Gametangium jantan disebut spermatangium yang menghasilkan satu spermatia dari setiap spermatangium dan tidak berflagel; dan 5) siklus hidup umumnya modifikasi tipe diplobiontik, yang isomorfik atau heteromorfik. Misalnya: *Nemalion*, *Batrachospermum*, dan *Polysiphonia*.

Nemalion

Nemalion berbentuk silindris, bentuk talus berstruktur gelatin menyerupai cacing bercabang. kemerahan sampai coklat ungu atau coklat kemerahan. , talus belum pernah ditemukan di Indonesia ini lembut seperti agar-agar, bercabang sederhana atau sedikit dikotomis, lebar 2 mm, panjang 250 mm, kloroplas atau plastida dengan dasar diskoid.

Struktur talus *Nemalion* yaitu tersusun atas sejumlah filamen sentral, tak berwarna yang ujungnya tumbuh memanjang melalui aktivitas sel apikal, filamen fotosintetik berkelompok, menggerombol, melekat pada materi koloid yang agak kuat, sel fotosintetik uninukleat, satu kloroplas bentuk bintang dengan satu pirenoid sentral dan ujung filamen fotosintetik diakhiri dengan sel yang menyerupai rambut.

Habitat di perairan berbatu. Seluruh dunia di pantai sedang selama musim panas. Musim panas tahunan (Mei atau Juni-September atau Oktober) di pantai berbatu terbuka. Tersebar luas di sekitar Kepulauan Inggris kecuali di Inggris tenggara. Eropa: Mediterania, Azores, Portugal, Spanyol, Belanda, dan Norwegia. Pantai Atlantik Amerika Utara: Kanada ke Connecticut dan Long Island, Kepulauan Canary.



Gambar 5.22. *Nemalion helminthoides*
(Sumber: Morton & Picton, 2016)

Nemalion merupakan alga monoecus. Alat reproduksi betina disebut karpogonium yaitu oogonium dengan penonjolan yang disebut trikogin. Karpogonium muncul pada cabang lateral tidak berwarna dekat sumbu filamen fotosintetik cabang lain pada Rhodophyta yang sama, dengan pembelahan berlanjut, menghasilkan alat pperkembangbiakan jantan yang disebut spermatangium analog dengan anteridium uniseluler. Spermatium yang dihasilkannya, dilepaskan, dan ditransportasikan oleh aliran air, bergerak secara amoeboid. Tiap spermatangium menghasilkan satu spermatium. Ketika spermatium mengadakan kontak dengan trikogen, inti membelah dua. Dinding sel tempat terjadinya meluruh, inti spermatium masuk ke trikogen. Selanjutnya terjadi fertilisasi. Setelah itu, trikogen akan layu, zigot membelah meiosis dilanjutkan dengan pembelahan mitosis sehingga terbentuk filamen pendek yang disebut karposporofit. Tiap sel membentuk spora yang disebut karpospora.

Manfaat

Rhodophyta atau alga merah ini memiliki banyak kegunaan antara lain:

1. Sebagai bahan makanan misalnya *Porphyra* atau dikenal dengan nama nori di Jepang dan *Eucheuma*;
3. Penyeimbang pada puding, es krim , cat, pasta gigi, kosmetik, dan tekstil misalnya *Chondrus*, *Eucheuma*;
4. Pengental pada jelly, selai, sari buah, bir, dan susu misalnya pada marga *Furcellaran*;
5. Media kultur bakteri dan jamur;
6. Menjaga fungsi tiroid misalnya *Palmaria palmata* atau dikenal dengan dulce kaya akan yodium;
7. Menurunkan kolesterol;
8. Sumber zat besi;
9. Sumber pembentuk utama halogenated

Phaeohyta

Phaeophyta berasal dari bahasa Yunani, *phaios* yang berarti gelap, alga ini dikenal dengan nama alga coklat dan merupakan alga multiseluler dan makroskopik. (Pitriana, 2008). Warna coklat berasal dari fukosantin yang dimilikinya. Pigmen lain yaitu klorofil a, c1, c2, santofil, violasantin, antherasantin, neosantin, diadinosantin, dan diatosantin. Dinding sel tersusun atas selulosa, asam fusinat, dan asam alginat. Cadangan makanan yaitu laminarin, manitol, dan polifenolik. Gamet mempunyai flagel lateral (Sulisetijono, 2009).

Alga coklat umumnya hidup di lingkungan laut pada zona litoral Hanya beberapa jenis *Phaeophyta* yang saja yang hidup di air tawar. Banyak alga coklat memiliki struktur berisi udara yang membuat mereka dapat melayang di air.

Selain itu siklus hidup pada *Phaeophyta* berbeda yaitu isomorfik, heteromorfik, dan *cyclospora* atau tanpa generasi

gametofit bebas. Perbedaan ini menjadi pembeda anggota takson.

Reproduksi alga coklat hampir sama dengan tumbuhan tinggi, pada ujung atau aksiler cabang dibentuk reseptakel, yaitu badan yang mengandung alat reproduksi. Reseptakel berisi konseptakel yang mengandung gamet berupa sel telur atau spermatozoid. Pembiakan aseksual yaitu dengan zoospora atau aplonospora tanpa dinding, sedangkan pembiakan seksualnya dengan isogami, anisogami, atau oogami. Siklus hidupnya sebagian besar generasi terdapat pergantian keturunan antara sporofit yang hidup bebas dengan gametofit. Alga coklat gametofit dan sporofit mungkin isomorfik atau heteromorfik.

Isomorfik

Isomorfik adalah siklus hidup ini memiliki ciri gametofit dan sporofit mempunyai bentuk dan ukuran yang sama. Contohnya *Dictyota* dan *Padina*.

Dictyota

Dictyota (Gambar 5.23) merupakan marga Phaeophyta yang ada di sebagian besar wilayah dunia, kecuali di sekitar kutub. Keragaman spesies lebih besar di daerah tropis daripada di perairan sedang. Keanekaragaman *Dictyota* tertinggi ditemukan di benus Australia. *D. dichotoma* paling sering tercatat terjadi di hampir semua pantai Asia Tenggara, seringkali bersama dengan varietasnya *intricata*. Akan tetapi dta distribusi dan taksonomi belum dapat dikatakan data yang valid. Kemungkinan besar baik *D. dichotoma* var. *dikotoma* dan var. *intricata* berada di perairan Asia Tenggara.

Talus terdiri dari tali bercabang dikotomi hingga tidak beraturan, masing-masing dengan sel apikal berbentuk lensa tunggal. Alat untuk menempel berupa hodfast. Satu sampai beberapa lapis sel medula besar, berdinding tebal, dikelilingi

oleh satu lapis sel kortikal berpigmen kecil, berwarna-warni atau tidak - pada spesimen kering warna hilang. *Dictyota* ada yang memiliki sorus berambut tetapi ada pula yang tidak.



Gambar 5.23. *Dictyota*

Talus pada beberapa spesies dapat dimakan dan digunakan di Indonesia (Sulawesi), Malaysia, dan Thailand. Beberapa *Dictyota* diketahui memiliki rasa yang agak pahit. Ekstrak aseton *D. dichotoma* di India menunjukkan sinergisme dengan sejumlah insektisida yang digunakan untuk membunuh jentik nyamuk. Sinergi ini mungkin karena penghambatan beberapa enzim detoksifikasi pada larva nyamuk oleh ekstrak alga. Jika ekstrak aseton ini dapat dikombinasikan dengan insektisida sintetik, maka akan mengurangi konsumsi insektisida sintetik, sehingga mengurangi pencemaran air.

Dictyota mengandung asam alginat, lendir membran asam dengan sifat pengemulsi, pembentuk gel, dan penebalan yang sangat penting dalam skala dunia di berbagai industri. Selain itu, *D. dichotoma* memiliki kandungan asam folat yang tinggi. Beberapa *Dictyota* memiliki zat antibiotik dan antivirus

(terpene). Kandungan zat marga ini mengandung senyawa untuk melawan sejenis leukemia limfositik dan tumor. *D. dichotoma*, juga menghambat pertumbuhan beberapa jamur patogen dan fitopatogenik manusia

Siklus hidup diplo-haplontik dan isomorfik. Sporofit membentuk tetrasporangium unilokular yang masing-masing mengandung 4 tetraspora non-motil; tetrasporangium berkelompok dalam sorus atau tersebar di seluruh atau sebagian pelepah. Gametofit dioecious; oogonium dan antheridium dikelilingi oleh satu sampai beberapa baris paraphyses, dikelompokkan dalam sorus.

Padina

Padina ditemukan di sepanjang pantai laut beriklim tropis dan hangat. Di Asia Tenggara kebanyakan *Padina* ada di hampir semua pantai. Spesiesnya yang berbeda dapat ditemukan di kisaran habitat yang sangat luas mulai dari zona intertidal hingga subtidal hingga kedalaman 15-20 m di daerah yang bercirikan air jernih. Mereka dapat tumbuh menempel pada berbagai jenis substrat padat serta secara epifit pada rumput laut besar seperti *Sargassum*. Berlimpah selama bulan-bulan cerah sepanjang tahun.



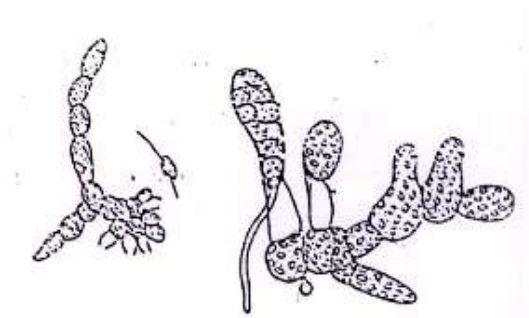
Gambar 5.24. *Padina*

Deskripsiciri *Padina*: talus flabelate, coklat atau keputih-putihan oleh endapan tipis kapur, melekt dengan holdfast yang padat. Siklus hidup diplo-haplontik dan isomorfik. Gametofit bersifat dioecious atau berumah satu. Sel reproduksi (sporangium, gametangium) pada bilah tersebar. Bilah *Padina* tumbuh oleh banyak sel apikal di tepi distal, melengkung, dan rumit.

Heteromorfik

Heteromorfik adalah sporofit dan gametofit morfologidan ukurannya berbeda. Tipe ini, sporofit berkembang dengan baik dan berukuran makroskopik, sedangkan gametofitnya berukuran mikroskopik (Gambar 5.26). Contohnya pada anggota Laminariales.

Genus yang penting secara ekonomi ini ditandai dengan lamina yang panjang dan kasar dan ukurannya relatif besar. Beberapa spesies disebut dengan nama umum celemek Iblis (Devil's apron), karena bentuknya, atau *sea colander*, karena perforasi yang ada pada lamina. *Laminaria* dapat ditemukan di Samudra Atlantik utara dan Samudra Pasifik utara pada kedalaman 8 hingga 30 m (26 hingga 98 ft) (dapat mencapai 120 m (390 ft) di perairan hangat Laut Tengah dan lepas pantai Brasil *Laminaria* merupakan habitat bagi banyak ikan dan invertebrate.



Gambar 5.26. Sporofit dan Gametotit *Laminaria*
(Sumber: *pinterest & Bold, et. al., 1980*)

Dalam ekosistem alami kita melihat bahwa mereka tumbuh terutama di lautan dan lautan yang perairannya lebih dingin. Berkat kandungan garam mineralnya yang tinggi, ini telah menjadi salah satu alga yang paling banyak digunakan dalam berbagai proses industri. Telah menjadi spesies sangat dikumpulkan dan dieksploitasi di berbagai bidang berkat propertinya. Saat dikeringkan dan diproses secara industri, serangkaian produk berbeda dapat diperoleh tergantung pada perawatan sebelumnya.

Cyclospora

Tipe ini tidak menunjukkan adanya pergantian keturunan. Cyclospora adalah tanpa bentuk gametofit. Contohnya Sargassum dan Fucus. Siklus hidupnya bersifat diplontik. Fase haploid hanya terdapat pada gametnya. Di antara jenis-jenis Phaeophyceae, golongan Fucales ini adalah unik, karena tidak mempunyai keturunan yang membentuk spora. Di sini hanya ada satu keturunan yaitu tubuh yang diploid, dengan demikian tidak mempunyai pergantian keturunan. Meiosis terjadi sebelum gametogenesis, jadi yang bersifat haploid hanya gametnya.



Gambar 5.27. *Sargassum*

Sargassum (Gambar 5.27) di atas merupakan salah satu anggota Fucales yang banyak ditemukan di perairan nusantara. *Sargassum* tumbuh perennial atau annual, penampakkannya lebih besar dari *Eucheuma cattonii* atau rumput laut agak besar, tinggi mencapai 1(-3) m, memiliki holdfast, batang, dan

cabang, bilah mirip “daun” , vesikel, dan cabang kecil yang berbuah (gelembung udara/ *gas bladder*).

Sumbu utama dan holdfast terkadang bersama-sama membentuk sistem rizoid yang kompleks. “Daun” memiliki ciri diagnostik pada tiap spesies, berbeda dalam ukuran dan bentuk, tidak hanya bervariasi antar spesies tetapi juga di dalam satu spesies, baik antar populasi dan bahkan antar individu. Tepi “daun” datar, melengkung, bergelombang, menggembung, sebagian terduplikasi. Bentuk “daun” mulai dari garis lurus hingga lanset dan bulat telur . Tepi “daun” rata , bergerigi, hingga sangat bergigi dan dianggap penting taksonomi khususnya untuk mengidentifikasi. Gelumbung udara atau vesikel juga menunjukkan variasi bentuk dan ukuran.

Siklus hidup diplontik. Struktur seksual terkandung dalam daun yang dimodifikasi disebut reseptakel. Reseptakel berbentuk wadah bentuk dan susunannya beragam seperti pada organ vegetatif. Dalam reseptakel mengandung konseptakel terdapat gamet, jadi konseptakel ini merupakan gametangium.

Alga dioecious mengandung gametangium jantan atau betina, sedangkan spesies monoecious, konseptakel dapat berupa hermafrodit dengan gametangium jantan dan betina dalam konseptakel yang sama, atau wadah bersifat androgini, berisi kedua konseptakel dengan hanya gametangium jantan dan konseptakel dengan hanya gametangium betina. Beberapa spesies bersifat androdioecious, wadah androgini dan benar-benar betina dapat terjadi. Di setiap gametangium betina (oogonium) hanya terbentuk satu sel telur non-motil; gametangium jantan (antheridium) membentuk banyak antherozoid motil kecil.

Sargassum adalah genus yang sangat besar (hampir 400 spesies) yang tersebar di seluruh dunia. Akan tetapi, di laut yang dingin tidak tumbuh. Anggotanya ditemukan di pantai

Indonesia, Malaysia, Singapura, Vietnam dan Filipina, lebih sedikit spesies yang tercatat dari Myanmar, Thailand, dan Papua Nugini. Di Indonesia lebih dari 50 spesies *Sargassum* telah dikoleksi.

Sargassum bersifat diploid dan gametnya haploid. Dalam konseptakel, gamet biasanya dibebaskan dari gametangium dan dikeluarkan melalui ostiola dari konseptakel ini. Oogami biasanya terjadi di laut dan zigot membentuk dinding lengket dan menempel langsung ke substrat yang sesuai. Selanjutnya, zigot dan kecambah yang menempel pada substrat yang sesuai yang berpeluang menjadi alga coklat dewasa.

Di banyak *Sargassum* cabang subur atau cabang degenerasi dewasa terlepas dari sumbu utama. Cabang yang memiliki banyak vesikel akan mengapung di permukaan laut, membentuk massa besar alga yang hanyut yang pada akhirnya dapat terdampar.

Sargassum mengalami beberapa fase pertumbuhan. Fase tersebut antara lain fase regenerasi dan pertumbuhan lambat pada musim kemarau, fase pertumbuhan cepat, serta fase reproduksi, dan fase penuaan. Perkembangan ini lebih terlihat di zona intertidal daripada di bagian subtidal. Di daerah intertidal hanya holdfasts, stipes dan bagian dari cabang primer yang tersisa, sedangkan di tanaman subtidal biasanya cabang lateral tidak ada.

Banyak anggota *Sargassum*, sering mendominasi terumbu karang dan pantai berbatu, baik dari segi biomassa maupun keanekaragaman spesies. Gelombang juga mempengaruhi ukuran tanaman *Sargassum*, serta terjadinya vesikel. Tahap pertumbuhan *Sargassum* mungkin terutama dipengaruhi oleh tingkat pasang surut, panjang hari, fosfor reaktif total, dan paparan gelombang dan arus, terutama bila terkait dengan variasi monsun.

Manfaat Pheophyta

Anggota Phaeophyta memiliki banyak kegunaan di antaranya sebagai:

1. Sumber makanan misalnya *Sargassum*, *Dictyota*.
2. Adsorben logam
3. Sumber senyawa bioaktif
4. Bioetanol
5. Biodiesel
6. Pupuk misalnya *Padina*
7. Komponen insektisida melawan larva nyamuk dan sebagai penyedia bahan kimia dan antibiotik, misalnya *Dictyota*
8. Garam-garam yang dapat larut dalam air, khususnya garam-garam natrium dari asam alginate digunakan dalam industri tekstil sebab dapat menghaluskan dan membuat bahan menjadi lebih baik, misalnya *Laminaria* Garam-garam alkali dapat juga digunakan sebagai pengental bahan untuk pewarnaan di industri percetakan, sebagai penguat dan perekat benang-benang yang digunakan untuk tenun, sebagai bahan perekat di industri briket khususnya yang terbuat dari batubara atau lignit
9. Sebagai penstabil yang dapat memberikan kelembutan pada kulit dan tekstur es krim serta mencegah terbentuknya kristal yang kasar
10. Antikolesterol, antikanker, antitumor, bioferilizer, krim kosmetik misalnya *Sargassum*.
11. Fitoterapi, untuk HIV misalnya *Laminaria*.

Chrysophyta

Nama Chrysophyta berasal dari bahasa Yunani, yaitu *Chrysos* yang berarti emas dengan kata lain Chrysophyta adalah alga keemasan. Hal ini disebabkan kloroplasnya mengandung pigmen karoten dan xantofil dalam jumlah banyak dibandingkan dengan klorofil. Kloroplas berbentuk cakram, pita, atau oval.

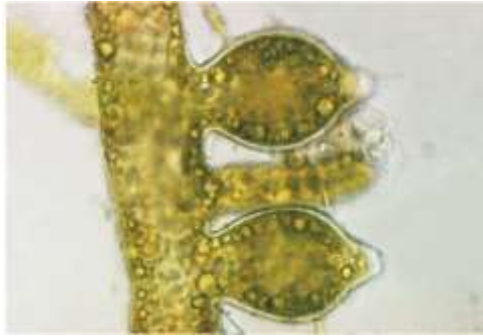
Ciri alga keemasan adalah klorofil a dan c, dan santofil, sel berwarna mulai dari hijau-kuning, dan coklat, hasil fotosintesis tidak disimpan dalam bentuk amilum, tetapi dalam bentuk karbohidrat lain atau dalam bentuk minyak. Beberapa marga, dinding sel bersilika dan mungkin tersusun dua bagian.

Bab ini akan menjelaskan empat class dari Chrysophyta. Alga keemasan diklasifikasikan ke dalam tiga kelas, yaitu: 1) *Xanthophyceae* (ganggang hijau kuning), contohnya : *Vaucheria*; 2) *Chrysophyceae* (ganggang coklat-keemasan, misalnya *Ochromonas*, dan 3) *Bacillariophyceae* (diatom) contohnya *Navicula*, *Pinnularia*. Akan tetapi diatome menjadi divisi sendiri yaitu Bacillariophyta.

Xanthophyceae

Xanthophyceae mempunyai ciri antara lain 1) warna hijau-kuning yang disebabkan kombinasi klorofil a dan β karoten serta santofil, lebih rinci plastida berisi a, c1, c2, beta karoten, fukosantin, & santofil; 2) hasil fotosintesis disimpan dalam bentuk tetes minyak dan granula yang disebut leukosin atau chrysolaminarin; 3) flagel tidak sama bentuk dan ukuran, yang panjang berbentuk cambuk berjumbai, sedangkan yang pendek berbentuk cambuk. Contohnya *Vaucheria* (Gambar 5. 28).

Xanthophyceae bervariasi dalam bentuk dan ukuran dari organisme bersel tunggal hingga bentuk berserabut kecil atau koloni sederhana. Dahulu masuk dalam alga hijau (Chlorophyta) berdasarkan kesamaan organisasi tubuh. Akan tetapi bukti molekuler, mengarah pada revisi taksonomi itu. Kelompok tersebut kemungkinan berkerabat dekat dengan alga coklat (Phaeophyta).



Gambar 5.28. *Xanthophyceae*
(Sumber *Britannica*)

Bentuk tubuh *Vaucheria* filamen panjang, silindris, bercabang, tidak bersekat, dan senosit. Talus membentuk sekat hanya selama proses reproduksi atau luka pada talus. Rizoid disebut haptera, berfungsi untuk menancapkan/ melekatkan diri pada substrat. Habitat marga ini tanah, air tawar, dan air laut. Wilayah distribusi India.

Vaucheria memiliki dinding sel terdiri dari dua lapis. Bagian dalam selulosa dan luar pektin. Dinding sel tipis. Sitoplasma tebal, bagian perifer terdapat lapisan kloroplas, lapisan dalam terdapat inti. Vakuola sentral mengisi lapisan sel sepanjang filamen membentuk saluran (siphon). Kloroplas kecil, oval atau elips, tanpa pirenoid. Jenis *Vaucheria medusa* ditemukan banyak pirenoid. Pigmen terdiri dari klorofil a, c, dan karoten. Hasil fotosintesis berupa minyak/lemak. Inti berukuran kecil, banyak, terdapat sebelah dalam dari lapisan kloroplas.

Reproduksi aseksual yaitu fragmentasi, zoospora, aplanospora, akinet dan reproduksi seksual secara oogami. Pembentukan zoospora diawali dengan ujung distal cabang lateral membentuk bentukan seperti tongkat. Kemudian terlihat bagian tidak berwarna. Selanjutnya terbentuk dinding (sekat). Bagian ini berfungsi sebagai zoosporangium

membentuk zoospora satu berflagel banyak. Pembentukan aplanospora prosesnya sama dengan pembentukan aplanospora. Reproduksi aseksual yang terakhir pembentukan akinet caranya terjadi penebalan dinding sampai membentuk sekat, sel yang terpisah dari sel lain akibat penebalan dinding disebut akinet.

Reproduksi seksual sebagai berikut:

1. Pembentukan anteridium diawali filamen membentuk tonjolan, yang selanjutnya akan memanjang. Inti dalam jumlah banyak pindah (mengalir ke tonjolan) dan membentuk sekat dan terbentuklah anteridium. Selanjutnya tiap inti akan berkembang menjadi sperma (anterozoid berflagel 2). Anteridium bisa silindris, tegak, atau melengkung seperti kait.
2. Pembentukan oogonium sedikit berbeda dengan pembentukan anteridium. Perbedaan terletak pada jumlah inti. Filamen dekat dasar cabang anteridium, terjadi akumulasi massa sitoplasma berinti banyak, tidak berwarna. Setelah itu, terbentuk tonjolan pada daerah tersebut. Massa sitoplasma mengalir ke dalam tonjolan, dan terbentuk sekat/dinding transversal antara tonjolan dan filamen. Akibatnya terbentuklah oogonium. Semua inti dan tertinggal satu inti selanjutnya terbentuklah ovum. Ada yang berpendapat bahwa hanya satu inti saja yang dapat membentuk ovum, inti lain pindah kembali ke filamen.
3. Tahap selanjutnya fertilisasi. Oogonium dan anteridium secara simultan membuka, atau salah satu membuka lebih dulu beberapa menit. Sperma akan mengalir atau berpindah ke oogonium. Satu sperma yang membuahi ovum. Kemudian terbentuk zigot (oospora), dinding menebal selanjutnya dorman dan melakukan miosis terakhir membentuk individu baru.

Chrysophyceae

Ciri *Chrysophyceae* sedikit berbeda dengan *Xanthophyceae* dalam beberapa karakter. Karakternya antara lain 1) plastida berisi klorofil a, c1, c2, beta karoten, fukosantin, dan santofil; 2) uninukleat; 3) dinding sel mengandung silika; 4) memiliki stigma dan vakuola kontraktil serta flagel; dan 5) badan paraflagelar mengandung flavin. Contoh anggotanya *Ochromonas*.

Ochromonas

Karakter marga (Gambar 5.29) ini yaitu 1) uniseluler motil; 2) bentuk sferik sampai tidak teratur; 3) plastida 1–2, bentuk kurva cekung; 4) biflagel heterokont (panjang flagel tidak sama); dan 5) jenis dibedakan secara fisiologi.



Gambar 5.29. *Ochromonas*
(Sumber: Andersen, *et al.*, 2017)

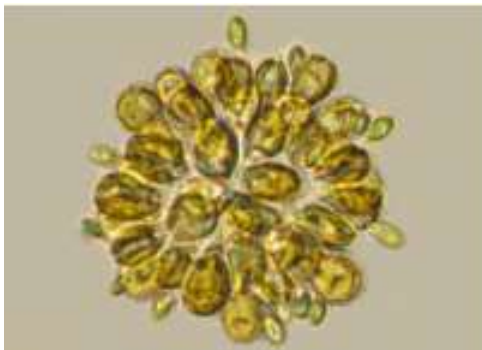
Reproduksi seksual secara isogami. Reproduksi aseksual caranya sel berflagel dan ketika akan berkembang biak flagelnya masuk sehingga berbentuk sel sferik yang dilingkupi gelatin. Gelatin ini kemudian digantikan dengan selulosa yang menebal dan diisi dengan silika kecuali bagian

atas tetap gelatin sehingga terbentuk sumbat gelatin. Sel dorman dan akhirnya sel terlepas dan flagel terbentuk.

Synuraceae

Sistem klasifikasi lama memasukkan *Synura* dalam class *Chrysophyceae* tetapi keberadaannya mengalami perubahan. Klasifikasi *Synura* masih terus berkembang. *Synura* diklasifikasikan sebagai alga emas heterokont. Ada dua marga dalam Synuraceae. Keduanya merupakan plankton umum di danau dan kolam.

Synura (Gambar 5. 30) ditemukan dalam bentuk koloni berbentuk Setiap koloni berdiameter sekitar 30-100 μm . Koloni ini memiliki sentral koloni. Individu sel berbentuk ovoid memanjang, Bagian anterior lebih besar dari posterior. Biflagel heterokont dan plastida cembung 1 dengan 2 lobe. Adapun reproduksi aseksual dengan fragmentasi.



Gambar 5.30. *Synura*
(Sumber: Manaaki Whenua, 2023)

Bacillariophyceae (Diatomae)

Diatomae (Gambar 5.31) merupakan kelompok yang terkenal di kingdom Protista karena banyak digunakan

terutama sebagai pakan ikan. Diatom tertua yaitu *Pyxidicula bollensis* dari Jurassic.

Diatomae ini uniseluler, biasanya muncul sendiri-sendiri, tetapi mungkin berkoloni atau berserabut. Ukuran sel berkisar dari 5 hingga 2000 μm . Dinding sel (frustula) berbahan dasar silika dan terdiri dari dua katup. Salah satunya tumpang tindih dengan yang lain seperti tutup kotak.

Frustula biasanya terdapat lubang-lubang kecil (punctae) yang mungkin ditutupi oleh selaput saringan berpori. Berdasarkan bentuk tubuh dibagi dua yaitu pertama Centrales (diatom sentris) berbentuk lingkaran, dengan simetri radial, dan didominasi oleh laut. Kedua, Pennales (pennate diatoms) berbentuk elips, dengan simetri bilateral, dan mendominasi lingkungan air tawar.



Gambar 5.31. Diatomae (*Navicula*)

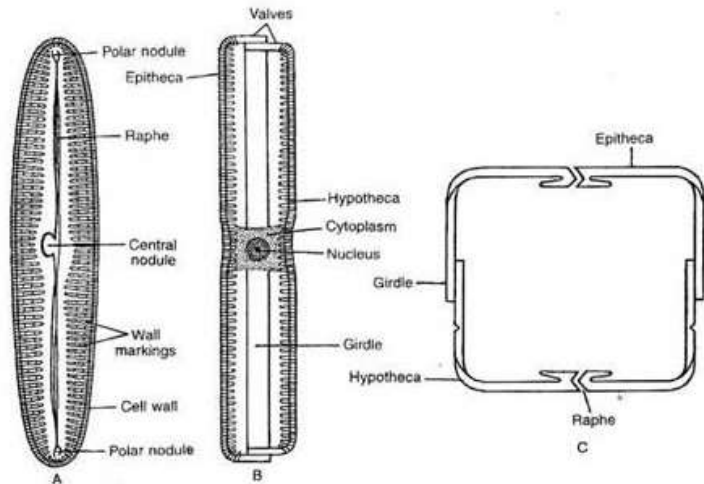
Karakter diatomae (Gambar 5.32) antara lain 1) uniseluler atau koloni; 2) tubuh terdiri dari dua bagian yang

saling tumpang tindih (seperti sepasang cawan petri) yang disebut valve. Valve biasanya bersilika dengan variasi ornamen (epiteka dan hipoteka); 3) kromatofor: satu atau lebih, kuning, olive green (hijau pudar) atau coklat atau kromatofor berisi klorofil a, c, β karoten, santofil, fukosantin, diatomatin; 4) pigmen: klorofil (a, c₁, c₂, β karoten, fukosantin, santofil); 5) sitoplasma tebal dengan vakuola sentral; 6) inti sel pada Pennales satu, besar sedangkan pada Centrales satu atau lebih terletak di perifer; 7) cadangan makanan: minyak, volutin (karbohidrat); 8) pirenoid berjumlah satu atau lebih talus; 9) bersifat diploid; dan 10) membentuk auktospora. Habitat air tawar, air asin, tanah lembab, dinding bebatuan di antara lumut, dan kulit pohon.

Dinding sel disusun oleh substansi pektin yang disisipi silika. Endapan materi silika terlihat dalam berbagai pola yang dikenal dengan wall marking. Pada dinding sel terdapat lekukan linier membentuk celah memanjang disebut raphe atau pseudoraphe (tanpa celah memanjang). Bagian tengah raphe mengalami penebalan yang disebut penebalan pada bagian tengah yaitu central nodule dan kutub/ujung yaitu polar nodule.

Diatom pennate bergerak secara spontan (Bold & Wyne, 1989). Pergerakan terjadi karena, pertama adanya sekresi rantai mukopolisakarida. Zat ini dikeluarkan secara terus-menerus sehingga menyebabkan sel bergerak, dan mampu pindah dari satu tempat ke tempat lain. Kedua, adanya mekanisme kapilaritas yang menimbulkan gerakan perlahan-lahan dari partikel-partikel di sepanjang raphe. Ketiga, pergerakan diatom berkaitan erat dengan aliran sitoplasma dalam sel dan keberadaan raphe pada dinding sel.

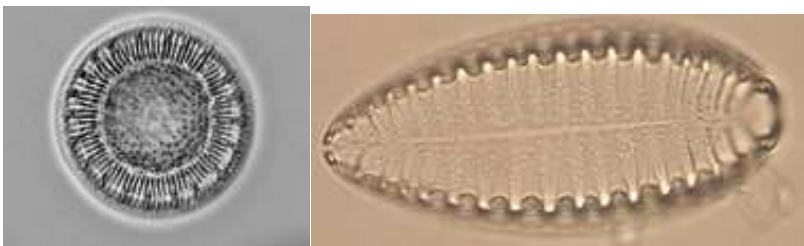
Centrales bergerak mengikuti aliran air.



Keterangan Gambar: A. Frustule dari sisi luar; B. Dari sisi Girdle
C. Dari sisi irisan frustul

Gambar 5.32. *Diatoma* dari berbagai pandangan
(Sumber: Bold & Wyne, 1989)

Seluruh permukaan valvula pada diatom penuh dengan berbagai ornamentasi yang simetris dan indah dan pori-pori yang menghubungkan sitoplasma dalam sel dengan lingkungan diluarnya. Ciri ornamentasi pada valvula ini merupakan hal penting untuk identifikasi jenis.



Gambar 5.33. Contoh ornamentasi
(Sumber: Wilianto, 2012)

Beberapa cara perkembangbiakkan diatmae antara lain:

1. **Pembelahan sel** mitosis caranya yaitu terbentuk dua anak, yang satu membawa epiteka induk, yang satu membawa hipoteka induk. Dalam perkembangan selanjutnya, selalu dibentuk hipoteka.
2. **Pembentukan auksospora pada Pennales yaitu**
 - a. Pembentukan satu auksospora dari 2 sel yang berkonyugasi. Dua isi sel dari 2 diatomae tertutup selaput gelatin. Inti diploid membelah miosis terbentuk 4 inti haploid. Empat inti tersebut hanya satu inti yang berfungsi. Protoplas berinti satu ini berfungsi sebagai gamet. Dua gamet melebur (fertilisasi) membentuk zigot yang selanjutnya dorman dan tumbuh menjadi auksospora terus membentuk valve. Kemudian terbentuk diatomae baru.
 - b. Pembentukan 2 auksospora dari 2 sel yang berkonyugasi. Dua diatom mendekat, diselubungi selaput gelatin. Inti diploid dari masing-masing sel membelah miosis terbentuk 4 inti haploid. Dua inti degenerasi, dua inti fungsional dan terbentuk 2 gamet bisa sama atau tidak sama ukurannya. Satu gamet dari diatom yang satu melebur dengan satu gamet dari diatom yang lain dan menjadi zigot dan auksospora (2 auksospora).
 - c. Pembentukan auksospora dengan parthenogenesis, dimulai dari dua sel diatomae dikelilingi selaput gelatin. Inti dari masing-masing sel membelah mitosis terus terbentuk 2 inti diploid. Satu fungsional, yang satu degenerasi. Protoplas dengan satu inti diploid akan berkembang menjadi auksospora selanjutnya terbentuk 2 auksospora dari 2 diatomae.
 - d. Pembentukan auksospora dengan autogamy, diawali dengan inti dari satu sel diatomae membelah miosis sehingga terbentuk 4 inti haploid. Dua di antaranya mengalami degenerasi. Dua yang lain berkembang

menjadi gamet mengalami fertilisasi terbentuk zigot dan akhirnya auksospora (satu auksospora).

3. **Pembentukan auksospora pada Centrales dengan cara** yang sama dengan Pennales. Selain itu, Satu sel diatomae berfungsi sebagai oogonium, satu sel diatomae berfungsi sebagai anteridium.
 - a. Pembentukan anteridium caranya Inti diploid membelah miosis membentuk 4 inti haploid. Kemudian membelah mitosis →→ terbentuk anteridium. Tiap inti dan sitoplasma yang meliputi inti terbentuk sperma/anterozoid berflagel 2.
 - b. Pembentukan oogonium caranya inti diploid membelah miosis, terbentuk 4 inti haploid. Tiga inti meluruh, 1 fungsional dan menjadi inti ovum.

Kegunaan dan kerugian

Kegunaan *Chrysophyta* di antaranya sebagai makanan makanan ikan, campuran semen, bahan penyaring, isolasi penyuling gasoline dan glukosa, digunakan sebagai bahan untuk pembuat jalan, sebagai indikator untuk menemukan minyak bumi, bahan penggosok, penyekat dinamis, bahan alat penoreh suara, bahan pembuat cat, pernis, dan yang utama berperan sebagai fitoplankton

Dampak negatif adanya *Chrysophyta* yaitu menimbulkan kotoran yang dapat menurunkan kualitas air, menimbulkan rasa dan bau kurang sedap, menurunkan pH, menyebabkan kekeruhan.

Euglenophyta

Euglenophyta beranggotakan 11 marga berklorofil seperti *Euglena* dan *Phacus* dan 25 marga tidak berklorofil atau tidak berwarna misalnya *Astasia* dan *Kwakinea*. Lebih dari 800 spesies divisi ini telah dideskripsikan.

Euglenophyta (Gambar 5.34 berasal dari kata *Euglena* yang artinya eu berarti baik dan glene berarti mata. Divisi ini mudah ditemukan di tempat-tempat yang kaya akan bahan organik.

Dahulu *Euglena* dan *Phacus* dimasukkan dalam *Chlorophyta*, tetapi setelah dipelajari lebih teliti keduanya dikeluarkan dalam *Chlorophyta* dan diwadahi dalam satu divisi tersendiri yaitu *Euglenophyta*.



Gambar 5.34. *Eulenophyta*
(Sumber: Britannica)

Euglena dan *Phacus* protoplasnya tidak dikelilingi oleh dinding sel tetapi oleh membran plasma dengan struktur khusus yang disebut periplast. Oleh karena itu sel *Euglena* disebut sel telanjang. Periplas ini mengandung sebagian besar protein dan 6 – 17 % lemak dan atau karbohidrat. Ada dua macam periplast yang elastik seperti pada *Euglena* dan periplas yang kaku seperti pada *Phacus*.

Bagian anterior sel *Euglena* terdapat bagian yang sempit yang terbuka yang disebut kanal dan berakhir pada bagian

reservoir. Mendekati dasar reservoir terdapat dua flagel yang satu panjang dan muncul keluar dan yang satu pendek tidak muncul. Flagel yang panjang terdapat rambut-rambut yang banyak, dan kadang-kadang hanya pada satu sisi flagel. Dibagian lateral flagel terdapat stigma atau bintik mata. Sedangkan pada bagian posterior terdapat vakuola kontraktil yang besar. Vakuola kontraktil yang besar ini merupakan gabungan dari 15 – 60 vakuola kecil.

Kloroplas mempunyai berbagai bentuk seperti diskoid, pita, jala, dan bintang, bentuk ini tergantung dari spesiesnya. Di dalam kloroplas terdapat pirenoid. Mitokondria, badan golgi, dan retikulum endoplasmik pun ada. Nukleus berada di sentral. Plastida mengandung klorofil a dan b, β karoten, quinon, anterosantin, neosantin, astasantin atau hamatokrom. Adanya astasantin ini yang membuat warna merah pada kolam merupakan penanda bahwa di tempat tersebut banyak terdapat *Euglena*.

Euglena sesuai dengan namanya mempunyai bintik mata yang mengandung 20 – 60 butir karatenoid yang berwarna orange sampai merah. Stigma dikelilingi oleh membran. Organel ini membantu pada fototaksis dan mencegah sinar sampai pada badan paraflagellar. Cadangan makanan berupa paramilon yang berbentuk butir-butir yang menyebar di sitoplasma. Cadangan makanan ini berbeda dengan Chlorophyta yang berupa amilum.

Reproduksi pada *Euglena* adalah pembelahan sel. Pengambilan nutrisi secara autotrop dan heterotrop. Dengan autotrop *Euglena* dapat membuat makanan sendiri dengan mengubah bahan anorganik menjadi organik dengan bantuan klorofil dan sinar matahari. Sedangkan marga yang tidak mempunyai klorofil mengambil makanan secara heterotrop.

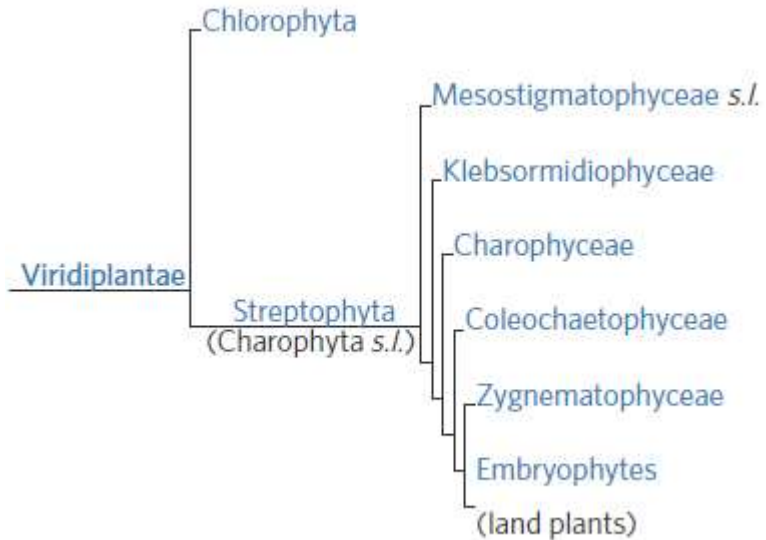
Charophyta

Nama *Charophyta* dari bahasa Latin **chars**, yang berarti jenis akar yang tidak diketahui dan -phyta, yang berarti "tanaman". Charophyta berwarna kehijauan, dan eukariotik. Chara berlimpah di air jernih, berdiri tegak dengan dasar berpasir atau berlumpur. Sangat umum di dasar kolam, danau, sungai dengan aliran pelan.



Gambar 5.35. Charophyta
(Sumber: iNaturalist, 2023)

Charophyta (Gambar 5.35) awalnya diklasifikasikan ke divisi *Chlorophyta* menurut sistem dalam buku Hoek, Mann dan Jahns (1995). Akan tetapi klasifikasi alga yang lebih baru memisahkan Charophyta dari Chlorophyta, seperti yang ada di Leliaert, *et al* (2012). Oleh karena itu, Charophyta, termasuk Viridiplantae. Viridiplantae adalah clade plantae dan ditandai dengan memiliki pigmen klorofil a dan b, adanya selulosa di dinding sel, kekurangan fikobilins, dan penyimpanan pati dalam plastida.



Cladogram (di atas kanan), terlihat Charophyta bisa saja berasal dari alga hijau/*Chlorophyta*. *Chlorophyta* diduga berasal dari endosimbiosis antara eukariota dan prokariota fotosintesis. Garis keturunan evolusi *Chlorophyta* bercabang menjadi *charophytes* dan *chlorophytes*. *Charophyta* berevolusi dan menyimpang menjadi berbagai kelompok dan kemudian memunculkan spermatohyta. *Charophyta* membentuk clade, *Streptophyta*.

Ciri dasar ini mirip dengan *Chlorophyta* disebabkan oleh klorofil a dan b yang melimpah di tilakoidnya. Pigmen karotenoid juga ada tetapi jumlahnya relatif sedikit. Cadangan makanan samadengan *Chlorophyta* menyimpan karbohidrat sebagai pati.

Salah satu perbedaan utama antara *Charophyta* dan *Chlorophyta* adalah penggunaan phragmoplast yang berfungsi sebagai perancah untuk perakitan pelat sel dan kemudian selama pembentukan dinding sel baru selama pembelahan sel.

Charophyta juga memiliki enzim (misalnya aldolase kelas I, Cu/Zn superoksida dismutase, glikolat oksidase, dan peroksidase flagela) yang tidak ditemukan dalam klorofit. *Charophyta* kemungkinan nenek moyang awal plantae (tanaman darat). Plantae lebih dekat hubungannya dengan *Charophyta* karena strukturnya lebih mirip daripada *Chlorophyta*.

Karakter unik *Charophyta* yaitu

1. Talus makroskopis, tegak, bercabang-cabang dan terdeferensiasi menjadi buku dan ruas. Tiap buku memiliki karangan cabang dari pertumbuhan terbatas ('daun'). Percabangan ini juga muncul di ketiak cabang. Perawakan seperti ini disebut equisetoid
2. Reproduksi seksual: oogami.
 - a. Oogonium oval atau bulat telur pada Gambar 5.36 terletak pada cabang lateral, terdiri dari satu sel telur dikelilingi sel steril.



Gambar 5.36. Oogonium *Charophyta*
(Sumber: Saber *et al*, 2021)

- b. Anteridium (Gambar 5.36) terletak di cabang lateral, berbentuk bulat mengandung beberapa anteridium multiseluler; masing-masing sel menjadi anterozoid.

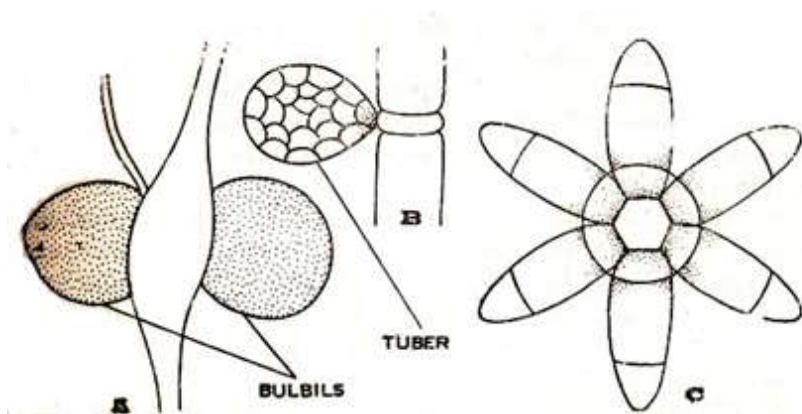


Gambar 5.37. Anteridium dan Oogonium
(Sumber: Saber et al, 2021)

3. Selama perkecambahan zigot terdapat tahap protonema.
4. Talus banyak sekali mengandung kalsium karbonat.

Banyak jenis anggotanya dalam bentuk fosil yang diduga berasal dari jaman Devonian. Contoh Charophyta adalah *Chara*. Reproduksi vegetatif Charophyta yaitu:

1. **Bintang amilum.** Struktur ini merupakan agregasi dari sel-sel berisi tepung. Biasanya muncul pada buku-buku bawah. Tiap bintang lepas dan tumbuh menjadi individu baru.
2. **Bulbil,** berkembang dari buku terbawah dan rizoid. Jika lepas dapat tumbuh menjadi individu baru.
3. **Protonema sekunder,** merupakan tonjolan dari buku-buku yang mampu tumbuh menjadi individu baru.

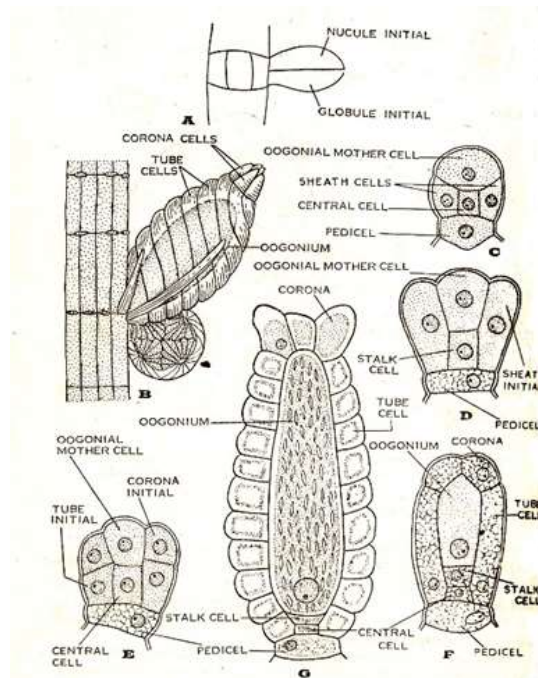


Keterangan A. Bulbil, B Protonema sekunder, C Bintang amilum
Gambar 5.38. A. Bulbil, B Protonema sekunder, C Bintang amilum
 amilum
 (Sumber: Gupta, 1981)

Uraian di atas telah dijelaskan reproduksi seksual secara Oogami. Oogonium disebut globul dan anteridium disebut nukul. Organ seksual cukup besar jika dilihat dengan mata telanjang terutama dengan globul yang berwarna oranye atau merah terang. Spesies homotalik, organ seksual berjajar. Biasanya nukul mengarah ke atas sedangkan globul ke bawah (Gambar 5.37). Keduanya terletak pada buku-buku dari cabang (pertumbuhan terbatas) di antara stipula. Nukul selalu di atas, sedangkan globul di bawah nukul. Perkembangan keduanya secara simultan, atau globul berkembang lebih dahulu dibanding nukul. Spesies heterotalik, globul dan nukul terletak pada individu berbeda. Tidak ada perbedaan dalam perkembangannya.

Pembentukan globul diawal dengan pembelahan pada inisial globul secara melintang menjadi 2. Selanjutnya sel anak terbawah tidak membelah lagi, berfungsi sebagai sel tangkai. Melalui pembelahan secara vertikal dua kali membentuk kuadran. Tiap sel bawah membelah secara melintang

membentuk oktan. Tiap sel oktan membelah secara periklinal dan juga dihasilkan 8 sel anak sebelah luar dari pembelahan periklinal sekali lagi. Tiap oktan terdiri dari sel luar menjadi sel pelindung, sel tengah merupakan sel manubrium, dan sel dalam menjadi sel kapitulum primer. Sel pelindung pada saat matang meluas pada sisi lateral dan menghasilkan rongga di dalam globul. Dinding periklinal luar dari masing-masing sel pelindung yang dewasa berkembang tidak lengkap secara radial sehingga nampak banyak sel. Sel manubrium membesar secara radial, dan sel kapitulum tetap di pusat globul. Sel tangkai membesar ke arah sisi interior globul. Akhirnya tiap globul berkembang menjadi masak dengan warna oranye atau merah, karena perubahan warna kloroplas dalam sel pelindung.

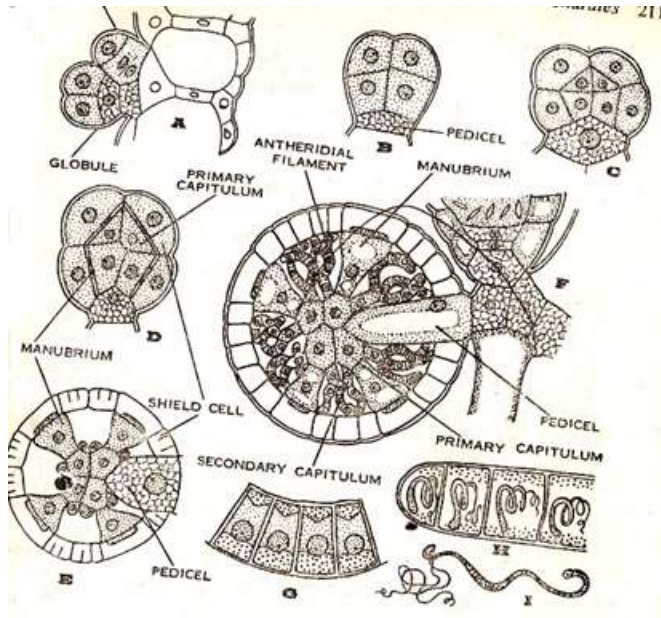


Gambar 5.39. Pembentukan Globule
(Sumber: Gupta, 1981)

Pembentukan anteridium diawali dengan tiap sel kapitulum primer membelah membentuk 6 sel kapitulum sekunder. Sel kapitulum ini bisa/tidak menghasilkan kapitulum tersier dan kuartener. Inisial filamen anteridium berkembang dari sel kapitulum primer, sekunder, tersier atau kuartener. Tiap inisial filamen anteridium berkembang menjadi filamen anteridium yang bercabang atau tidak. Jumlah sel filamen anteridium bervariasi dari 5 hingga 50 bahkan lebih. Tiap sel dari filamen anteridium adalah anteridium tunggal yang protoplasnya saat dewasa menjadi anterozoid tunggal. Inti dari protoplas yang mengalami metamorfosis bergerak menuju ke dinding, memanjang dan menjadi belitan secara spiral. Sementara itu terbentuk 2 flagel pada ujung anterozoid. Anterozoid masak, sebagian dinding pelindung globul, meregang dan menampilkan filamen anteridium sejajar dengan manubrium. Pori dibentuk pada dinding anteridium sehingga anterozoid dapat lepas. Biasanya pelepasan anterozoid pada pagi hari dan terus bergerak sampai sore hari.

Nukul yang matang berupa struktur oval besar dikelilingi oleh selubung terdiri dari 5 sel memanjang. Sel-sel ini tersusun secara spiral searah jarum jam dan melindungi oogonium. Tiap sel pelindung berakhir pada sel kecil tegak disebut sel korona. Sel korona berpasangan rapat pada ujung tudung dari oogonium. Inisial nukul pada permukaan adaksial buku 'daun' membelah secara melintang membentuk 3 deret sel. Sel terminal sebagai sel induk oogonium memanjang secara vertikal dan membelah secara melintang menjadi sel tangkai pendek dan oogonium yang memanjang secara vertikal yang berisi satu sel telur. Sel bawah dari deret sel tidak membelah namun membesar membentuk tangkai nukul. Sel tengah dari deret sel membelah secara vertikal membentuk 5 inisial pelindung melingkari sel tunggal sentral. Sebelum pemanjangan dari sel induk oogonium, 5 inisial pelindung

tersebut membentuk lapisan atas dan bawah. Lapisan atas disebut sel korona dan lapisan bawah disebut sel tabung. Sel korona agak memanjang sehingga menutupi nukul yang masak. Sel tabung memanjang beberapa kali panjang oogonium dan akhirnya melilit oogonium secara spiral.



Gambar 5.40. Pembentukan Nukul
(Sumber: Gupta, 1981)

Fertilisasi terjadi ketika nukul masak, sel tabung melilit secara spiral memisah satu sama lain di bawah korona dan membentuk 5 celah. Anterozoid melintas dengan membukanya pelindung nukul, bergerak menuju oogonium dan selanjutnya menembus dinding berlendir. Selanjutnya, oospora masak mirip kacang yang keras dengan warna kuning cerah sampai hitam. Oospora mensekresi dinding tebal, sehingga berbentuk

ellips sempit. Dinding pelindung oogonium disintegrasi, zigot jatuh di tempat yang cocok dan berlangsung periode istirahat.

Sebelum zigot berkecambah, inti diploid bergerak menuju kutub apikal dan membelah menjadi 4 anak inti. Sel kecil distal berinti tunggal memisah dari sebagian besar zigot yang berisi 3 anak inti. Sel besar ini mengalami degenerasi. Sel kecil selanjutnya membelah secara vertikal membentuk inisial rizoid dan inisial protonema. Inisial rizoid tumbuh menjadi rizoid filamen tidak berwarna terdeferensiasi menjadi buku dan ruas. Buku bisa tumbuh rizoid sekunder. Inisial protonema berkembang menjadi filamen hijau yang disebut protonema primer. Protonema ini terdeferensiasi menjadi buku dan ruas. Tonjolan yang dihasilkan dari buku terbawah bisa membentuk rizoid lainnya atau protonema sekunder. Buku kedua juga mempunyai berkas tonjolan yang berupa filamen dan berwarna hijau. Akhirnya terbentuklah individu baru yang menunjukkan kemiripan dengan bryophyta.

Talus terdiri dari sumbu tegak, panjang, ramping menempel di tempat tumbuh dengan rizoid multiseluler. Rizoid bercabang-cabang dan mempunyai sekat miring yang bisa/tidak terdeferensiasi menjadi buku dan ruas. Sumbu utama terdeferensiasi menjadi buku dan ruas. Pada tiap buku muncul karangan cabang dari pertumbuhan terbatas ('daun') atau lateral primer. Tiap cabang ini biasanya mempunyai 3-8 ruas. Di ketiak 'daun' terbentuk 1 cabang atau lebih yang strukturnya sama dengan sumbu utama.

Buku memiliki sel kecil yang terdiri dari sitoplasma padat, satu inti terletak menuju ke sentral sel, beberapa kloroplas cakram tanpa pirenoid tersebar luas di dalam sitoplasma. Ruas memiliki sel yang besar terdiri dari vakuola sentral besar yang mengisi area sentral, kloroplas kecil tersusun berderet memanjang pada sitoplasma perifer, inti terletak pada lapisan sitoplasma. Inti membelah secara amitosis membentuk sejumlah inti pada lapisan sitoplasma.

Lapisan sitoplasma menunjukkan dua area berbeda, eksoplasma dan endoplasma yang bergerak rotasi konstan. Kloroplas tidak beredar dan bertahan pada gerakan eksoplasma. Gerakan ini disebabkan fibril protein.

Pertumbuhan sumbu utama dan sumbu lateral melalui sel apikal berbentuk kubah, yang memotong derivatnya pada permukaan posteriornya. Tiap derivat membelah melintang menjadi 2 sel anak :

- Sel atas bikonkaf merupakan inisial buku
- Sel bawah bikonveks merupakan inisial ruas

Sel inisial ruas tidak membelah dan memanjang beberapa kali dari panjang aslinya dan dewasa menjadi sel aksiler membentuk ruas. Sel inisial buku membelah secara vertikal dan asimetri menjadi 2 sel anak yang mengulang pembelahan secara vertikal pada bidang yang memotong bidang pembelahan sebelumnya. Pembelahan berikutnya juga secara vertikal. Akhirnya jaringan buku terdiri dari 2 sel sentral dikelilingi 6 – 20 sel perifer. Sel sentral membelah atau tidak, tetapi semua sel perifer membelah periklinal menjadi sel perifer luar dan dalam. Sel perifer luar sebagai inisial cabang-cabang dari pertumbuhan terbatas, sedangkan sel-sel perifer dalam menambah jaringan buku. Jadi, jumlah cabang dari pertumbuhan terbatas berhubungan dengan jumlah sel perifer luar pada buku. Pertumbuhan “daun” . Cabang dari pertumbuhan terbatas dari sel perifer luar berfungsi sebagai sel apikal berbentuk kubah dari sumbu utama. Akan tetapi sel apikal ini memotong 5 – 15 derivat menghentikan pertumbuhan dan pada saat dewasa menjadi kerucut. Selanjutnya panjang sel ruas pendek. Perkembangan buku dari “daun” juga sangat mirip dengan sumbu tetapi bagian tersebut mempunyai satu sel sentral. Sel perifer tidak menjadi “daun” tetapi dewasa dengan satu sel dengan struktur mirip duri disebut stipula.

Chlorophyta

Chlorophyta umumnya dikenal dengan sebutan alga (ganggang) hijau. Secara etimologi istilah *Chlorophyta* berasal dari bahasa Yunani Kuno khlōrós, yang berarti "hijau" dan -phyta, yang berarti "tanaman". Alga hijau mempunyai banyak sinonim di antaranya *Prasinophyta*, *Chlorophycota*, *Chlorophytina*, *Chlorophyllophyceae*, *Isokontae*, *Stephanokontae*, yang hidup di habitat laut.

Habitatnya Kolam, air tenang (filament, koloni, uniseluler), air got yg mengandung N (biasanya Volvox), danau, rawa (sebagai plankton), batu basah, kayu lembab (bersel satu), tanah dgn kedalaman 50 cm/lebih, parasit pada tumbuhan tinggi, simbiosis dengan hewan misalnya *Chlorella* dgn *Hydra*, simbiosis dgn jamur (Lichenes). Beberapa spesies telah beradaptasi untuk berkembang biak di lingkungan yang ekstrim, seperti gurun, daerah Arktik, dan habitat hipersalin, seperti laut Mediterania.

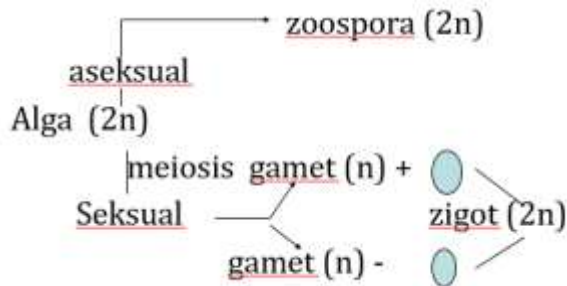
Pigmen yang dominan adalah klorofil a dan b. Pigmen dominan terdapat dalam kloroplas. Kloroplas bervariasi bentuk dan ukurannya. Bentuk kloroplas seperti mangkuk, bintang, huruf H, dan sebagainya. Karotenoid juga ada tetapi relatif sedikit. Cadangan makanan yaitu karbohidrat berupa pati. *Chlorophyta* memiliki flagela yang sama ukurannya terletak di bagian apikal dan untuk bergerak. Selain itu alga hijau memiliki pirenoid yang terdapat dalam kloroplas, mitokondria, golgi aparatus, retikulum endoplasma. Inti sel mempunyai dua lapisan membran inti dgn satu atau lebih nukleoli, sentriol sepasang (ditemukan pada saat mitosis). Terletak pd bagian sitoplasma yang tidak berwarna. Dinding sel pada umumnya mengandung selulosa dan bagian luar dilapisi lendir. Dinding sel pada *Pedistrum* berisi sedikit silikon dan pada yang ber-tipe tubular hanya sedikit selulosa. Vakuola sentral besar dan juga mempunyai vakuola kontraktil.

Tipe siklus hidup alga hijau:

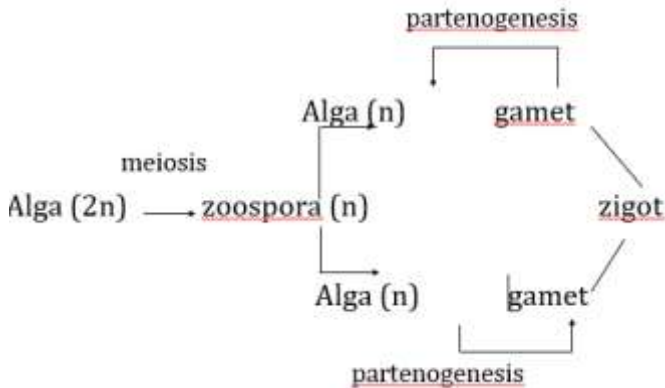
1. TIPE H, h (Haplobiontik, haploid), artinya dalam satu siklus hidup hanya ada satu alga dan haploid, contoh *Volvox* dan *Chlorococcum*.



2. Tipe H, d (Haplobiontik, diploid), maksudnya dalam satu siklus hidup hanya ada satu alga dan diploid, misalnya *Caulerpa* dan *Codium*.



3. Tipe Diplohaplobiontik, dalam satu siklus hidup ada dua tipe alga. Alga pertama diploid (2n) dan kedua haploid (n) misalnya *Cladophora* dan *Ulva*.



Berdasarkan bentuk tubuh Chlorophyta terbagi atas uniseluler, koloni, desmid, filamen, membran, tabung dan soenositik.

Uniseluler

Chlorophyta uniseluler terbagi dua yaitu organisme bergerak dan tidak bergerak. Contohnya *Chlamydomonas* (berflagel 2) dan *Casteria* (berflagel 4).

Chlamydomonas, ditemukan di tanah, kolam, dan selokan. Spesies *Chlamydomonas* dapat melimpah sehingga air tawar berwarna hijau, dan satu spesies, *C. nivalis*, mengandung pigmen merah yang dikenal sebagai hematokrom, yang terkadang memberi warna merah pada salju yang mencair. Habitat marganya ini tersebar pada habitat akuatik, tanah, debu udara.

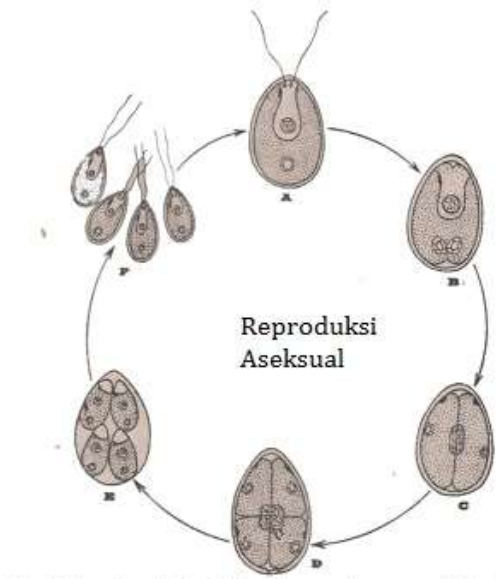


Gambar 5.41. *Chlamydomonas*
(Sumber Britannica)

Chlamydomonas merupakan organisme uniseluler dengan ukuran <10 μm dan organisme **mobile**. Bentuknya bulat dengan dua flagela anterior untuk bergerak. Dinding sel tersusun atas glikoprotein. Marga ini memiliki satu kloroplas dan bentuknya bervariasi seperti ceret, mangkuk, H, atau membulat. Pirenoid yang dimiliki sebanyak 1 atau lebih. Inti sebanyak 1 atau 2 dan mungkin lebih. Vakuola kontraktil terletak berdekatan dgn kutub anterior. *Chlamydomonas* mempunyai 1 yang berfungsi sebagai penerima cahaya merupakan lensa primitif.

Chlamydomonas bereproduksi secara aseksual (Gambar 5.42) caranya sel vegetatif membelah dan membtk sejumlah zoospore. Sel yang tidak bergerak menghasilkan zoospora disebut zoosporangium. Zoospora yang terbentuk akan keluar dari sel induk. Setelah melalui periode bergerak, flagel hilang dan tumbuh menjadi sel vegetatif baru. Lamanya periode bergerak tergantung pada faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, komposisi dan konsentrasi medium kultur.

Penyebab bergerak karena fototaksi positif. Ketika keadaan tertentu, zoospora tidak dilepaskan dari sel induk tetapi berkembang dalam sel dan langsung menjadi sel vegetatif tidak bergerak disebut aplanospora. Aplanospora mendorong dinding sel induk dan melepaskan diri, tumbuh menjadi tumbuhan baru.

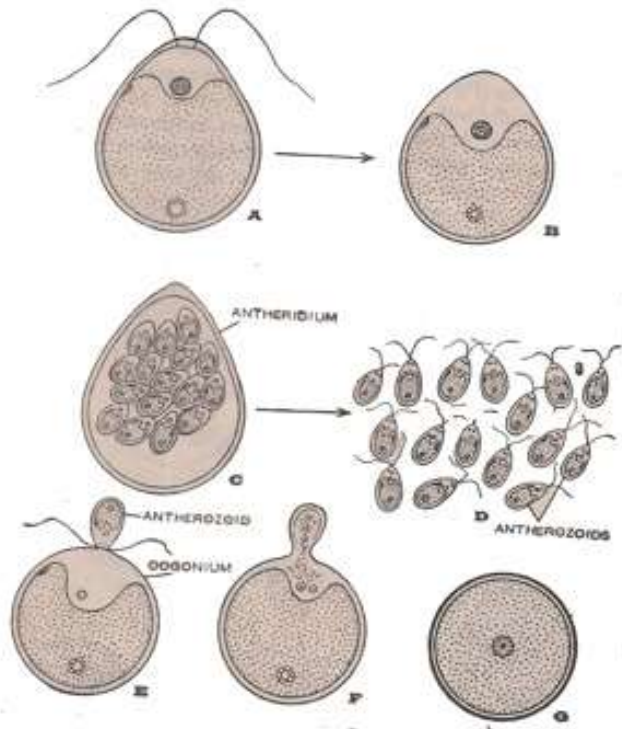


Gambar 5.42. Reproduksi Aseksual
(Sumber: Gupta, 1981)

Keterangan: A Sel vegetatif B. Flagel hilang C, D, E Pembelahan sel F. Sel hasil pembelahanlepas dari induk dan terbentuk flagel

Reproduksi seksual secara oogami (Gambar 5.43), terjadi ketika sel-sel khusus (gamet) diproduksi yang mampu menempel satu sama lain, pertama dengan flagelanya, dan kemudian dengan ujung anteriornya, sehingga mencapai fusi protoplas dan membentuk zigot. Ini berkembang menjadi zigospora (sel yang tidak aktif dan resisten) meiosis terjadi.

Akhirnya perkecambahan zigospora terjadi, melepaskan sel-sel bergerak haploid



Gambar 5.44. Reproduksi seksual
(Sumber: Gupta, 1981)

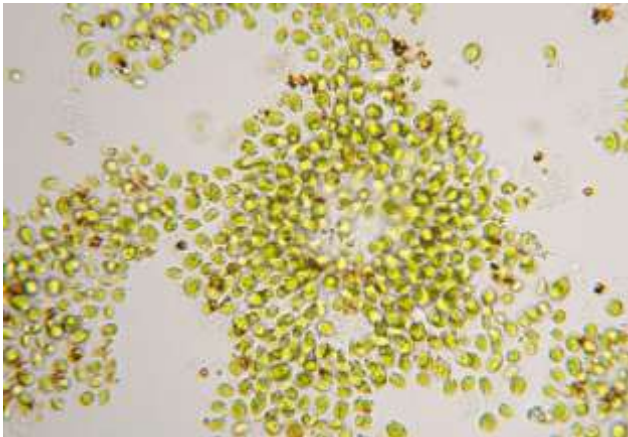
Keterangan: A Sel vegetatif; B. Sel kehilangan flagel dan berfungsi sebagai anteridium; C. Protoplas melakukan pembelahan membentuk anterozoid; D. Anterozoid lepas; E. Anterozoid bertemu dengan oogonium; F. Fertilisasi; G. Terbentuknya sel vegetatif baru.

Uniseluler tidak bergerak contohnya *Chlorella* dan *Chlorococcum*. *Chlorella* (*Chlorella pyrenoidosa*) adalah sejenis ganggang yang tumbuh di air tawar. Kadang-kadang disebut rumput laut. Ini digunakan untuk nutrisi dan sebagai obat.

Chlorella adalah sumber protein, lemak, karbohidrat, serat, klorofil, vitamin, dan mineral yang baik. *Chlorella* digunakan untuk mencegah rendahnya kadar zat besi selama kehamilan. Selain digunakan untuk depresi, kram menstruasi, fibromyalgia, kolesterol tinggi, dan kondisi lainnya.

Chlorella (Gambar 5.45), genus alga hijau (*famili Chlorellaceae*) ditemukan secara tunggal atau berkelompok di air tawar atau air asin dan di dalam tanah. Sel alga berbentuk bulat dan memiliki kloroplas berbentuk cangkir dan banyak butiran pati.

Genus ini bereproduksi secara aseksual dengan sel reproduksi nonmotil (autospora) yang pecah melalui sel induk. Sel-sel itu terkadang saling menempel untuk membentuk koloni baru.



Gambar 5.45. *Chlorella*
(Sumber: Britannica)

Bentuk tubuh *Chlorococcum* hampir memiliki sama dengan *Chlorella*. *Chlorococcum* merupakan sel uniseluler dengan bentuk bulat atau agak lonjong dengan ukuran bervariasi. Sel bisa soliter atau dalam rumpun tidak teratur, terkadang permukaan yang lembab atau terendam. *Chlorococcum* memiliki lendir tipis dan tidak mencolok. Setiap sel memiliki kloroplas parietal berbentuk cangkir tunggal dengan pirenoid tunggal.

Chlorococcum memiliki habitat pada lingkungan akuatik dan terestrial, termasuk tanah yang subur dan basah, persediaan air, dan habitat subaerial. Selama reproduksi aseksual, sitoplasma induk dan nukleus terbagi di antara zoospora memanjang yang dilepaskan dari dinding sel induk. Zoospora berdinding dua berflagel awalnya memiliki bintik mata dan vakuola kontraktil sebelum berkembang menjadi sel vegetatif yang lebih besar dan bulat setelah beberapa hari. Sel-sel membentuk aplanospora daripada zoospora jika lingkungan kekurangan air cair. Zigot berdinding tebal atau hipnospora berkembang menjadi sel vegetatif selama reproduksi seksual.

Koloni

Bentuk tubuh kedua setelah uniseluler yaitu koloni. Contoh koloni yaitu *Volvox*, *Scenedesmus*, dan *Pandorina*.

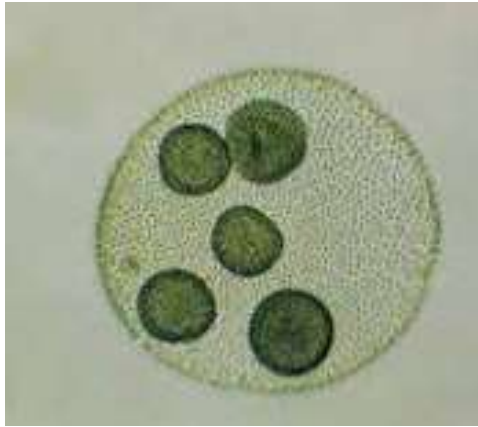
Koloni dewasa pada *Pandorina* (Gambar 5.47) berjumlah 16-32 sel dan padat. Ukuran koloni 20-50 μm hingga 250 μm . Bentuk sel ovoid) bagian anterior rata, posterior menyempit. Bagian anterior terdapat stigma. Selain itu memiliki 2 vakuola kontraktil pada dasar flagella dan jumlah inti 1. Setelah mencapai ukuran maksimal koloni akan tenggelam pada dasar kolam dan membentuk autokoloni. Koloni bulat yang dikelilingi oleh lendir. Kloroplas berbentuk cangkir besar dengan setidaknya satu pirenoid. Reproduksi seksual dengan isogami atau anisogami.



Gambar 5.46. *Pandorina*
(Sumber: Ulaganthaperumal, 2016)

Volvox adalah genus Chlorophyta yang memiliki anggota sekitar 20 spesies alga air tawar. Satu koloni *Volvox* terdapat ribuan(500-60.000) sel bersama-sama membentuk koloni. Anthony van Leeuwenhoek merupakan ilmuwan pertama yang mengamatinya pada tahun 1700.

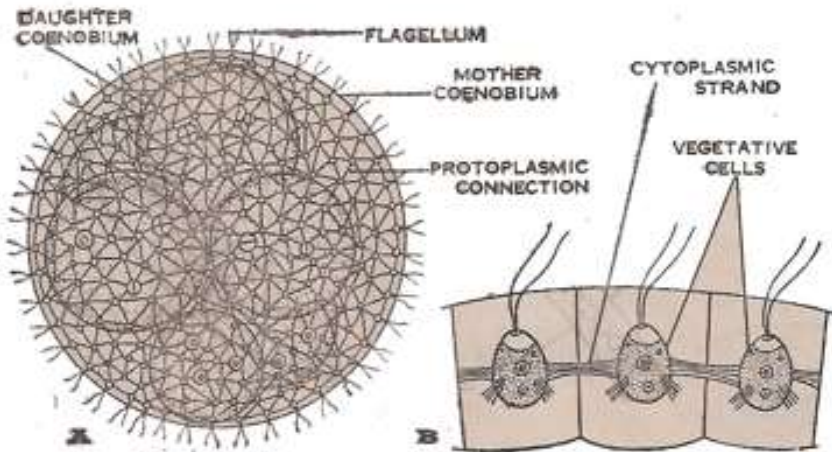
Volvox hidup di habitat air tawar seperti kolam dan selokan. Warna kolam terlihat kehijauan karena pertumbuhannya yang cepat. Satu koloni seperti bola berdiameter ~0,5 mm. Tubuh bola berongga yang disebut coenobium, ribuan sel tersusun di pinggiran bola. Coenobium terdiri dari dua macam yaitu sel germinal dan sel somatik flagel. Matriks coenobium terdiri dari glikoprotein.



Gambar 5.47. *Volvox*
(Sumber: Britannica)

Sel individu berbentuk bulat dengan kloroplas berbentuk cangkir yang memiliki pirenoid. Selain itu *Volvox* memiliki nukleus, vakuola, dan bintik mata. Bintik mata untuk penerimaan cahaya, sel dengan bintik mata yang lebih besar dikelompokkan bersama, dan memfasilitasi pergerakan fototaksis. Polaritas di coenobium karena adanya bintik mata. Flagela berjumlah 2 berukuran sama pada bagian anterior. Gerakan flagela terkoordinasi sehingga memungkinkan koloni bergerak di dalam air.

Setiap sel anggotanya dapat melakukan metabolisme seperti respirasi, fotosintesis, dan ekskresi. Sitoplasma yang terbentuk selama pembelahan sel menghubungkan sel yang berdekatan. *Volvox* secara signifikan berkontribusi pada produksi oksigen dan juga banyak organisme air memakannya.

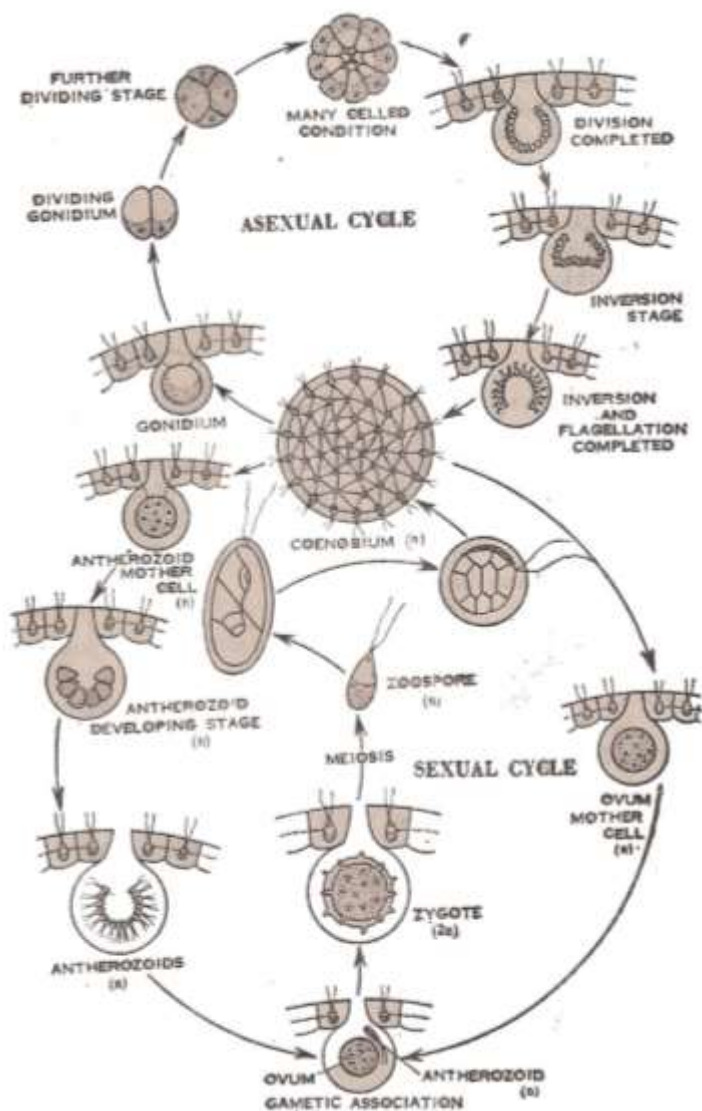


Gambar 5.48. Bentuk tubuh dan individu
(Sumber: Gupta, 1981)

Tipe siklus hidup *Volvox* yaitu haplontik, yaitu tahap dominan adalah gametofit haploid (n) yang hidup bebas dan sporofit diwakili oleh zigot diploid ($2n$). Perkembangbiakan aseksual pada kondisi yang menguntungkan dan seksual selama kondisi yang tidak menguntungkan. Sel pada reproduksi aseksual, se yang dikenal sebagai gonidium berada di bagian posterior sel induk menghasilkan koloni anak betina yang ketika matang, dilepaskan dari induknya. Gonidium mengalami beberapa pembelahan membentuk koloni dengan anggota 3200 sel.

Reproduksi seksual adalah dengan sel reproduksi jantan dan betina yang dikenal sebagai spermatozoa dan ovum. Sel telur diproduksi di dalam oogonium. Ovum berukuran besar dan tidak bergerak. Spermatozoa diproduksi di dalam antheridium secara berkelompok. Setiap sperma berbentuk gelendong yang memiliki sepasang silia apikal berjumlah 512 antherozoid. Antherozoids biflagellated dilepaskan baik dalam

kelompok atau individu. Antherozoid tertarik ke arah oogonium oleh gerakan kemotaksis. Sperma menghancurkan dinding oogonia dengan aksi enzim proteolitik. Dari sekian banyak sperma yang masuk, hanya satu antherozoid yang membuahi sel telur. Ovum dan spermatozoa mengalami pembuahan secara plasmogamy, kariogami, untuk membentuk zigot diploid. Zigot membentuk kista dan menjadi merah karena akumulasi hematokrom. Zigot terlepas dari induk setelah disintegrasi induk dan tetap tidak aktif untuk durasi yang lebih lama. Zigot mengalami pembelahan sel meiosis untuk membentuk empat sel haploid. Selanjutnya menjalani beberapa pembelahan sel mitosis untuk membentuk koloni dan siklus hidup berlanjut.



Gambar 5.49. Siklus hidup *Volvox*
(Sumber: Gupta, 1981)

Koloni selanjutnya sering ditemukan di perairan air tawar yaitu *Scenedesmus* (Gambar 5.50). Habitat air tawar dan tanah. Koloni tersusun atas 4 sel atau maksimal 16 sel. Ujung sel memiliki bentukan seperti duri atau tanduk. Kloroplas di tepi dengan satu pirenoid. Reproduksi aseksual secara autokoloni dan seksual isogami.



Gambar 5.50. *Scenedesmus*

Desmid

Alga hijau yang paling indah, menarik, dan ditemukan di danau atau air kolam adalah desmid, hidup bebas atau berkoloni. Desmid merupakan fitoplankton untuk beberapa genus seperti, *Closterium* (Gambar 5.51), *Cosmarium*, dan *Staurastrum* dan dengan anggota 50.000 spesies.

Desmid merupakan sebutan bentuk tubuh yang terdiri atas sel yang terbagi dua bagian yang sama dengan nukleus terletak di tengah dan mengandung satu atau dua buah kloroplas. Desmid tidak memiliki alat gerak dan sering disebut pula plankton. Gerakan desmid tidak teratur disebabkan oleh aliran zat agar-agar melalui pori-pori ini.



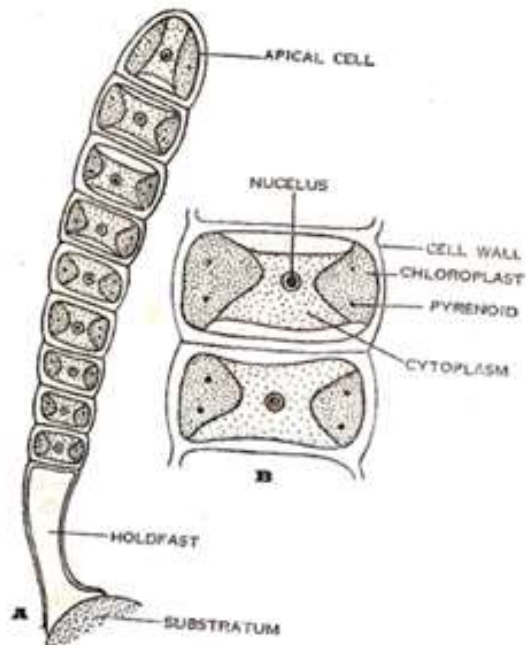
Gambar 5.51. *Closterium*

Bagian tengah tempat inti disebut isthmus sentral. Dinding sel tiga lapis. Konjugasi (penyatuan sementara untuk pertukaran bahan inti) adalah metode generasi seksual yang biasa. Beberapa spesies, tabung konjugasi terbentuk. Selain itu dua protoplas konjugasi bersatu dalam selubung lender yang mengelilingi sel.

Filamen

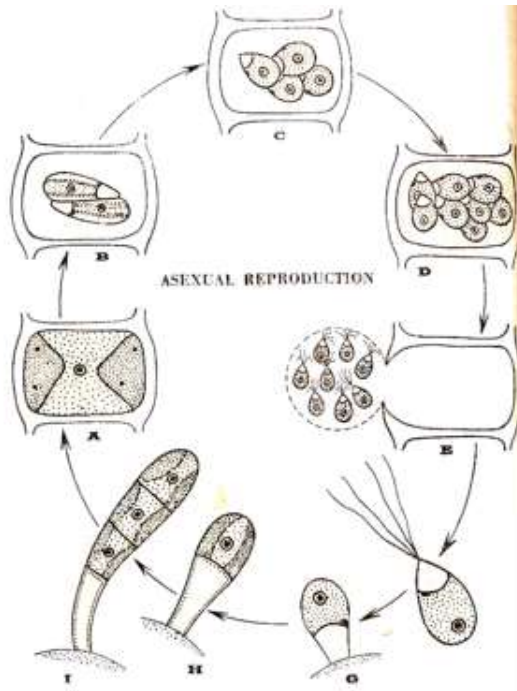
Filamen merupakan bentuk tubuh alga hijau yang terdiri dari banyak sel atau multiseluler. Filamen bisa bercabang atau tidak bercabang. Salah satu marga yang mempunyai bentuk tubuh filamen tidak bercabang adalah *Ulothrix*.

Ulothrix (Gambar 5. 52), merupakan genus alga hijau berfilamen tidak bercabang seperti benang yang ditemukan di perairan laut dan air tawar. Jumlah sel pada setiap individu yaitu 8-16 sel. Sel mengandung nukleus yang berbeda, vakuola sentral, dan kloroplas tipis besar dengan satu pirenoid. Sel khusus untuk menempel disebut holdfast. Sebagian besar sel dapat membentuk badan reproduksi.



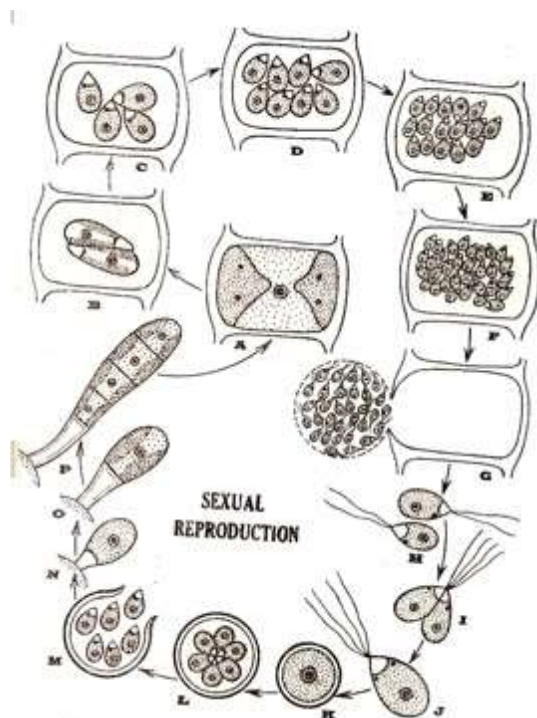
Gambar 5.52. *Ulothrix*
(Sumber: Gupta,1981)

Perkembangbiakan aseksual (Gambar 5.52) dengan membentuk zoospore yang akan menghilangkan flagelnya dan tumbuh menjadi individu baru. Individu baru akan menempel pada substrat dan melakukan pembelahan ke atas sampai 8-16 sel.



Gambar 5.52. Reproduksi aseksual
(Sumber: Gupta, 1981)

Perkembangbiakan seksual *Ulothrix* (Gambar 5.53) dilakukan dengan isogami. Pergantian generasi tumbuhan yang menghasilkan spora dan generasi berikutnya menghasilkan gamet-gamet yang bentuk dan ukurannya sama, oleh karena itu disebut isogamet. Apabila gamet bertemu dengan gamet dari koloni lain, keduanya bergabung dan membentuk zigot yang kemudian tumbuh menjadi alga baru. Tiap sel dapat menghasilkan 32 gamet atau lebih.



Gambar 5.53. Reproduksi seksual
(Sumber: Gupta, 1981)

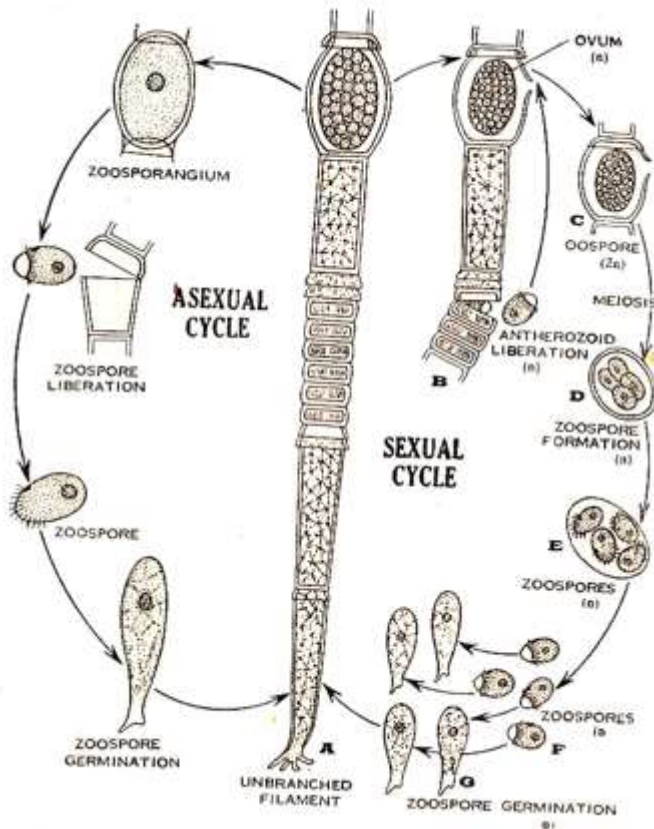
Oedogonium sering dijumpai pada perairan tawar yang jernih dan dangkal, seperti kolam budidaya ikan, pinggiran danau, dan tepian sungai dangkal yang berarus lambat, atau kolam koleksi tumbuhan air. Marga ini juga dapat bersimbiosi dengan alga lain seperti *Chaetophora* dan *Spirogyra*.

Oedogonium merupakan alga berfilamen yang penting dari segi akademis dan ekologi terutama di bidang ilmu limnologi karena dapat untuk reduksi logam berat dan produksi antibiotik dan digunakan sebagai indikator kualitas air. Beberapa jenis ikan juga memanfaatkan alga berfilamen dalam proses tumbuh kembangnya.



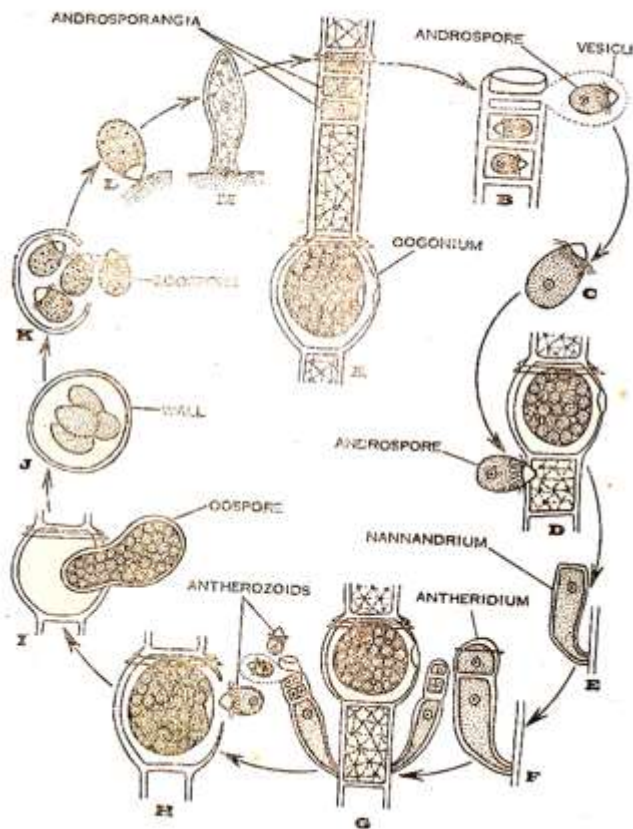
Gambar 5.54. *Oedogonium*

Oedogonium memiliki dua tipe spesies. Tipe makandrous (Gambar 5.55) yaitu spesies yang spermanya dihasilkan dalam filamen berukuran normal. Bisa homotalus atau heterotalus dan kedua tipe nanndrous adalah spesies yang spermanya dihasilkan dalam filamen kerdil/abnormal. Perkembangbiakan aseksual *Oedogonium* dengan membentuk zoospora. Tiap satu sel vegetatif hanya menghasilkan satu zoospora yang berflagel banyak dan tersusun melingkar pada salah satu ujungnya.



Gambar 5.55. Siklus hidup *Oedogonium* makandrous
(Sumber:Gupta, 1981)

Perkembangbiakan seksual dengan oogami, yaitu fertilisasi antara sel telur yang dihasilkan dalam oogonium dan spermatozoid yang dihasilkan oleh anteridium. Zigot yang dihasilkan akan keluar dari oogonium melalui celah tertentu dan kemudian tumbuh menjadi zoosporangium. Selanjutnya membelah secara meiosis menghasilkan empat zoospora, masing-masing tumbuh menjadikan Oedogonium.



Gambar 5.56. Siklus hidup *Oedogonium nanandrous*
(Sumber: Gupta, 1981)

Membran

Bentuk tubuh membran pada umumnya ditemukan pada alga hijau yang hidup di laut seperti *Ulva*, *Caulerpa*, *Enteromorpha*, dan *Chaetomorpha*. *Ulva* sering disebut 'Sea Lettuce' atau selada laut. Di Indonesia selada laut sudah banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan seperti sup, keripik, dan

salad, namun belum banyak dimanfaatkan secara komersial. Kandungan *Ulva* antara lain senyawa bioaktif yaitu klorofil, tokoferol, fenol, dan berbagai vitamin B1, B2, B12, dan C (Yaich *et al.*, 2015; Xiao-ling *et al.*, 2003).

Talus ulvoid berbentuk datar terdiri dari dua lapis sel dan tidak mengalami diferensiasi menjadi jaringan; semua sel kurang lebih sama kecuali sel basal, yang memanjang membentuk rizoid perlekatan. Setiap sel memiliki satu nukleus dan koroplas berbentuk cangkir dengan satu atau beberapa pirenoid.

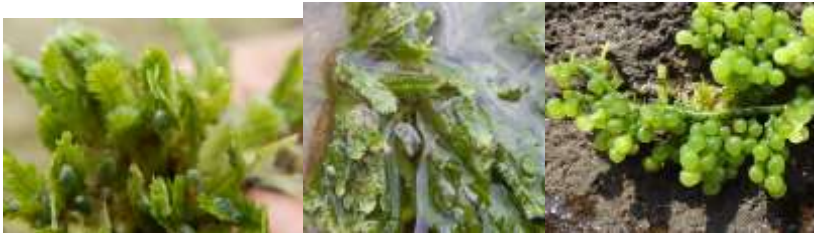


Gambar 5.57. *Ulva lactuca*
(Sumber: Dewi, 2018)

Ulva mengalami pergantian generasi. Isogamet biflagel dibentuk oleh sel-sel tertentu dari alga gametangial haploid. Bentuk ini dibebaskan dan berfusi berpasangan untuk membentuk zigot diploid yang berkecambah untuk membentuk alga diploid disebut sporofit. Bentuk morfologinya sama dengan gametangial haploid. Sel sporofit mengalami meiosis dan membentuk zoospora di sporangium. Zoospora ini sangat berbeda dengan gamet karena membentuk zoospora dengan 4 flagela. Selanjutnya dilepaskan, berenang sebentar, menempel pada substrat dan berkecambah untuk membentuk talus gametangial haploid. Sebagian besar *Ulva* bereproduksi dengan

bentuk partenogenesis ini dan reproduksi seksual tetapi tidak biasa.

Marga selanjutnya *Caulerpa* di Jawa Timur khususnya pantai Lamongan dan Tubang *Caulerpa* banyak dimanfaatkan sebagai sayuran dan dikenali dengan nama 'latoh'. *Caulerpa* memiliki cabang tegak yang bervariasi bentuknya misalnya seperti anggur dan bulu ayam.



Gambar 5.58. *Caulerpa*

Caulerpa merupakan anggota dari Caulerpaceae. *Caulerpa* terdiri dari satu sel dengan banyak inti oleh karena itu salah satu sel tunggal terbesar di dunia. Ukuran sel yang besar membuat sitoplasma bersirkulasi secara konstan, didukung oleh jaringan mikrotubulus. Sitoplasma tidak bocor saat sel dipotong. Regenerasi bersifat terarah, dengan rizoid di bagian bawah dan daun di bagian atas.

Genus ini biasanya ditemukan di zona intertidal dangkal dan dapat mencapai hingga kedalaman 100 meter. *Caulerpa* diketahui mampu beradaptasi dan berkembang dalam kondisi lingkungan yang berbeda, yang berkontribusi pada potensi mereka untuk menjadi spesies invasif. Beberapa sifat mereka termasuk memiliki toleransi yang tinggi terhadap berbagai suhu, kapasitas mereka untuk reproduksi aseksual melalui ekstensi dan fragmentasi rizoid, tingkat pertumbuhan yang cepat, serta kapasitas mereka untuk asupan nutrisi dari sedimen melalui rizoid mereka. Selain sebagai sumber

makanan, *Caulerpa* memiliki beberapa kegunaan dari bioremediasi, pupuk, dan kesehatan dan kebugaran. *Caulerpa* terbukti efektif dalam menyaring air yang digunakan dalam budidaya ikan, moluska, dan udang.

Tabung dan Senositik

Talus senositik berinti banyak dan umumnya berupa tabung panjang bercabang cabang dan tumbuhnya berumpun. Contohnya *Acetabularia*. Nama marga yang pertama kali ditemukan di Andaman berasal dari kata Latin acetabulum, yang artinya cangkir lebar dan dangkal biasanya digunakan untuk mencelupkan roti, karena tutup *Acetabularia* yang terbalik menyerupai cangkir seperti itu. Abad ke-19, nama *Acetabularia* diusulkan oleh George Edward Massee untuk genus jamur (sekarang *Cyphellopus*), tetapi lebih sesuai untuk Chlorophyta.

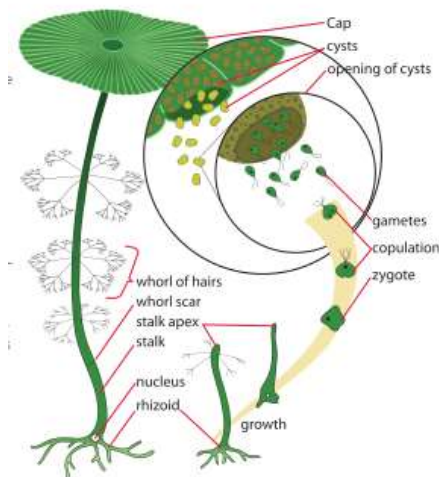


Gambar 5.59. *Acetabularia*
(Sumber : Britannica)

Acetabularia (gambar 5.59) merupakan famili Polyphysaceae. Hidup di perairan subtropis, *Acetabularia* adalah organisme bersel tunggal, tetapi ukurannya sangat

besar dan bentuknya kompleks. Bentuk dewasa menyerupai daun bundar dengan tinggi 4 hingga 10 cm. Spesies *Acetabularia* berpenampilan seperti payung dan berlabuh ke substratnya dengan rizoid mirip akar. Di bagian atas batang yang tinggi dan ramping, dengan panjang 0,5 hingga 10 cm (0,2 hingga 3,9 inci), terdapat cincin cabang yang dapat terpisah atau menyatu membentuk topi.

Marga ini memiliki tiga bagian yaitu rizoid bawah yang menyerupai sekumpulan akar pendek, tangkai panjang di tengah, dan payung cabang atas yang bisa menyatu menjadi topi. Tidak seperti organisme uniseluler raksasa lainnya, yang multinukleat, anggota genus ini memiliki nukleus tunggal yang terletak di rizoid dan memungkinkan sel beregenerasi sepenuhnya jika penutupnya dilepas. Tutup dua *Acetabularia* dapat berbeda, dari dua spesies berbeda. Jika sepotong batang dihilangkan, tanpa akses ke nukleus di rizoid, potongan batang yang terisolasi ini juga akan tumbuh tudung baru.



Gambar 5.60. Reproduksi
(Sumber: Briggs)

Reproduksi seksual dimulai ketika nukleus tunggal (diploid) melewati beberapa pembelahan mitosis. Inti ini kemudian mengalami meiosis dan bermigrasi ke tutup tempat kista yang terbuka untuk melepaskan gamet seluler. Jika gamet ini menemukan gamet dari alga lain, maka melakukan fertilisasi membentuk zigot yang menempel pada substrat dan tumbuh menjadi bentuk dewasa. Reproduksi aseksual dimungkinkan jika zoospora bergerak (diploid) dilepaskan seperti zigot, menempel pada substrat dan berkembang menjadi bentuk dewasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, Robert A., Louis Graf , Yuriy M Alakhov & Hwan Su Yoon. 2017. Rediscovery of the *Ochromonas* type species *Ochromonas triangulate* (Chrysophyceae) from its type locality (Lake Veysove, Donetsk region, Ukraine). *Phycologia*. Volume 56 (6): 591–604. doi: 10.2216/17-15.1.
- Anonim. <https://www.inaturalist.org/taxa/311313-Charophyta>.
- Anonim. *Nemalion helminthoides* (Velley) Batters <http://www.habitas.org.uk/marinelife/species.asp?item=ZM1770>
- Aryal S. 2022. *Five Kingdom System of Classification- Features and Limitations The Biology* Noted. <https://thebiologynotes.com/five-kingdom-system-of-classification-features-and-limitations/>
- Bold, H.C., Alexopoulos, C. J. & Delevoryas, T. 1980. *Morphology of Plants & Fungi*. New York: Harper & Row Publishers.
- Bold, H.C. & Wynne, M.J. 1989. *Introduction of The Algae*. New York : Harper & Row Publishers.
- Azza, A.M. Abd.El-Aal. 2022. *Anabaena-azollae, significance and agriculture application: A case study for symbiotic cyanobacterium In Developments in Applied Microbiology and Biotechnology*. Elsevier Inc.
- Backer, L.C. & Dennis, J.M. Jr. 2015. Harmful Algal Blooms: At the Interface Between Coastal Oceanography and Human Health. *Oceanography*. Vol. 19 (2): 93-106.
- Blais, C. & John M. Archibald. 2021. The past, present and future of the tree of life. *Current Biology*: 311–329 April 12, 2021. Elsevier Inc. [https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(21\)00296-7.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(21)00296-7.pdf)

- Borowitzka, M.A. 2018. *Biology of Microalgae in Microalgae in Health and Disease Prevention*. Elsevier Inc. Last Updated: Jul 14, 2023 •
- Briggs, M.G. Inanimate Life . <https://milnepublishing.geneseo.edu/botany/front-matter/introduction/>
- Cao, Min, Guiqi Bi, Yunxiang Mao, Guiyang Li & Fanna Kong. 2018. The first plastid genome of a filamentous taxon 'Bangia' sp. OUCPT-01 in the Bangiales.
- Copeland, H. F. 1938. The Kingdoms of Organisms. *Quarterly Review of Biology*. 13 (4): 383. doi:10.1086/394568
- Cadillo-Quiroz, S. Bräuer, N. Goodson, J. Yavitt, S. Zinder, 2014. *Methanobacterium paludis* sp. nov. and a novel strain of *Methanobacterium lacus* isolated from northern peatlands. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 64(5): 1473-1480. doi:10.1099/ijms.0.059964-0
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24449792/>
- Dewi, Eko Nurcahya. 2018. *Ulva lactuca*. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Graham, Linda E. & Lee W. Wilcox. 2000. *Algae*. USA: Prentice-Hall. Inc.
- Gruber, C., Andrea Legat A E Marion Pfaffenhuemer, Christian Radax A. E. Gerhard Weidler, Hans-Jürgen Busse A E Helga Stan-Lotter. 2004. *Halobacterium noricense* sp. nov., an archaeal isolate from a bore core of an alpine Permian salt deposit, classification of *Halobacterium* sp. NRC-1 as a strain of *H. salinarum* and emended description of *H. salinarum*. *Extremophiles* 8:431–439. Doi: 10.1007/s00792-004-0403-6
- Gupta. 1981. *Textbook of Algae*. India: Oxford & IBH Publishing Company.

- Hofmann, H.J., Grey, K., Hickman, A.H., and Thorpe, R. 1999. Origin of 3.45 Ga coniform stromatolites in Warrawoona Group, Western. Australia. Geological Society of America, *Bulletin*. Vol.. 111 (8): 1256-1262.
- Hoek, C. van den, Mann, D.G. and Jahns, H.M. 1995. *Algae An Introduction to Phycology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jadwiga Grabda. 1991. *Marine fish parasitology: an outline*. VCH. ISBN 978-0-89573-823-3.
- Khumairah, A. & M. Saifur Rohman, S.P. 2013. Karakterisasi Dan Identifikasi Bakteri Halofilik Penghasil Protease Dari Bledug Kuwu. Skripsi. <http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/62383>.
- Koji Mikami ,Cheng Ze Li ,Ryunosuke Irie &Yoichiro Hama. 2019. Transisi siklus hidup yang unik pada rumput laut merah *Pyropia yezoensis* bergantung pada apospory. *Biologi Komunikasi* 2 , No artikel: 299.
- Lage, S., H. Annadotter, U. Rasmussen, & S. Rydberg. 2015. Biotransfer of B-N-Methlamino-L-alanine (BMAA) in a eutrophicated freshwater lake. *Marine Drug. s* 13:1185-1201.
- Lee, Hojun, Stephen D., SoyeonC., Geonhe K. 2021. *Potential use of nuisance cyanobacteria as a source of anticancer agents in Natural Bioactive Compounds*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820655-3.00010-0>
- Lee, R. E. 2008. *Phycology*. Fourth Edition. New York: Cambridge University Press.
- Leidy, Joseph. 1878. *Amoeba proteus*. *The American Naturalist*. 12 (4): 235–238. doi:10.1086/272082. Diakses tanggal 23-6-2023.
- Leliaert, F., Smith, D.R., Moreau, H., Herron, M.D., Verbruggen, H., Delwiche, C.F. & De Clerck, O. 2012. Phylogeny and molecular evolution of the green algae. *Critical Reviews in Plant Sciences* 31: 1–46.

- Levine ND 1970. Taxonomy of the Sporozoa. *J Parasitol.* 56 (4, Sect. 2, Part 1: Supplement: Proceedings Of the Second International Congress of Parasitology): 208–9. JSTOR 3277701.
- Levine ND (May 1971). Uniform Terminology for the Protozoan Subphylum Apicomplexa. *J Eukaryot Microbiol.* 18 (2): 352–5. doi:10.1111/j.1550-7408.1971.tb03330.x.
- Makarim, F.R., 2019. Ketahui Dampak Parasit Protozoa Bagi Tubuh. Halodoc. Diakses 16 Juli 2023.
- Manaaki Whenua. 2023. Synura (Synuraceae). <https://www.landcareresearch.co.nz/tools-and-resources/identification/freshwater-algae/identifications-guide/colonial/cell-contents-chloroplasts-are-brown-or-golden-brown/synura-synuraceae/>
- Matthews, Robin A. 2016. "Freshwater Algae in Northwest Washington, Volume I, Cyanobacteria". A Collection of Open Access Books and Monographs. 6. <http://cedar.wvu.edu/cedarbooks/6> <https://doi.org/10.3390/microorganisms11040937>
- Morton, O. & Picton, B.E. 2016. Nematode helminthoides (Velley) Batters. [In]. Encyclopedia of Marine Life of Britain and Ireland. <http://www.habitas.org.uk/marinelife/species.asp?item=ZM1770> Accessed on 2023-07-22.
- Panawala, L. 2017. Difference Between Archaeobacteria and Eubacteria. *Pediaa*. https://www.researchgate.net/publication/316617126_Difference_Between_Archaeobacteria_and_Eubacteria
- Pitriana, Pipit. 2008. *Bio Ekspo Menjelajah Dunia Dengan Biologi*. Solo: Jatra Graphic.
- Olenina, I., Hajdu, S., Edler, L., Andersson, A., Wasmund, N., Busch, S., Göbel, J., Gromisz, S., Huseby, S., Huttunen, M., Jaanus, A., Kokkonen, P., Ledaine, I. and Niemkiewicz, E.

- 2006 Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 106: 144pp.
- Rothschild, L. J. 1989. Protozoa, Protista, Protoctista: what's in a name?. *J Hist Biol.* 22 (2): 277–305. doi:10.1007/BF00139515.
- Saber, A. A., Andrey A. G., Arthur Yu N., Vyacheslav Yu N., WalaaR., Marco C. 2021. Integrative Taxonomic, Ecological and Genotyping Study of Charophyte Populations from the Egyptian Western-Desert Oases and Sinai Peninsula. *Plants* 10(6). 1157. <https://doi.org/10.3390/plants10061157>
- Saffo M. B., McCoy A. M., Rieken C., Slamovits C. H. 2010. Nephromyces, a beneficial apicomplexan symbiont in marine animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 107 (37): 16190–5. Bibcode: 2010PNAS..10716190S. doi:10.1073/pnas.1002335107.
- Scamardella, J. M. 1999. "Not plants or animals: a brief history of the origin of Kingdoms Protozoa, Protista and Protoctista". *International Microbiology* 2: 207–221.
- Slapeta J, Morin-Adeline V. 2011. "Apicomplexa, Levine 1970". *Tree of Life Web Project*. Retrieved 23 January 2019.
- Sulisetijono, 2009. *Bahan Serahan Alga*. Malang: UIN Press.
- Sze, P. 1993. *A Biology of the Algae*. Iowa : WmC Brown Publishers.
- Thronsdon, J 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*, Carmelo R. Tomas Florida Marine Research Institute, St. Petersburg, U.S.A.
- Ulagalanthaperumal, Elaya Perumal. 2016. Is this Pandorina or Eudorina?. <https://www.researchgate.net/post/Is-this-Pandorina-or-Eudorina>. Diakses 31 Agustus 2023.
- Wisanti & Novita K.I., 2011. Kajian Taksonomi Lumut Sri Dempok Dan Potensinya. *Berkala Penel. Hayati Edisi Khusus* Vol.7F: 65–68.

- Whittaker, R. H. 1959. "On the Broad Classification of Organisms". *Quarterly Review of Biology* 34 (3): 210. doi:10.1086/402733.
- Yani M & Darwis A. A., 1990. *Diktat Teknologi Biogas*. Bogor: Pusat Antar Universitas Bioteknologi-IPB.
- Van Hauten, J. 2023. A Review for the Special Issue on Paramecium as a Modern Model Organism. *Microorganism*. 11(937):1-14.
- Xiao-ling, L., C. Rong, & Y. Zai-yong. 2003. Elementary study on nutritional compositions of the green alga, *Ulva lactuca* in the South China Sea. *Natural Science*. 6 (2) : 79-83.
- Yaich, H, Garna H, Besbes S, Paquot M, Blecker C, & Attia H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in tunisia. *Food Chemistry*. 128 (1): 895-901.

BAB 6

KINGDOM FUNGI

Oleh Muhammad Taufiq Qurrohman

6.1 Pengenalan Kingdom Fungi

6.1.1 Karakteristik Umum Fungi

Kingdom fungi merupakan kelompok organisme yang luas dan beragam. Fungi, yang sering disebut sebagai jamur, mencakup berbagai bentuk, mulai dari sel ragi yang sederhana hingga tubuh buah kompleks yang bisa mencapai ukuran besar. Organisme dalam kerajaan fungi dapat berupa uniseluler atau multiseluler. Mereka memiliki karakteristik tertentu yang membedakan mereka dari makhluk hidup lainnya. Secara umum, fungi adalah eukariota dan mereka bersifat heterotrofik, tidak dapat membuat makanan sendiri, sehingga menyerap nutrisi dari lingkungan sekitar. Selain itu, fungi bereproduksi dengan cara membentuk spora (Borman, 2018); (Kendrick, 2017).

Struktur tubuh fungi terdiri dari hifa, yang merupakan filamen tipis dan berbentuk tabung. Hifa-hifa ini berkembang membentuk miselium atau koloni. Dalam kelompok fungi, ada dua bentuk utama yaitu ragi dan kapang. Raginya merupakan organisme uniseluler yang berkembang melalui cara tunas, sedangkan kapang adalah bentuk multiseluler yang memiliki hifa yang menyerupai benang. Namun, penting untuk dicatat bahwa pembagian ini bukan merupakan klasifikasi taksonomi yang valid, karena banyak fungi medis endemik menunjukkan dimorfisme termal atau nutrisi yang memungkinkan mereka berubah bentuk antara bentuk ragi dan kapang secara morfologis (Borman, 2018); (Kendrick, 2017).

Penting untuk memahami bahwa definisi fungi telah berkembang seiring waktu, berkat tersedianya informasi fungsional, struktural, kimia, dan molekuler yang lebih banyak. Saat ini, fungi secara longgar didefinisikan sebagai eukariota nonfotosintesis yang memiliki dinding sel yang mengandung kitin dan β -glukan, serta mampu menyerap nutrisi sepenuhnya. Sel fungi mengandung mitokondria dengan kristae yang rata, dan tubuh Golgi atau cisterna individual hadir. Dalam perkembangannya, definisi ini telah mengakomodasi berbagai organisme, termasuk beberapa yang sebelumnya dianggap sebagai fungi namun kini ditempatkan dalam kelompok yang berbeda. Contohnya adalah *Oomycetes zoospora*, yang sebelumnya dianggap fungi, namun kini ditempatkan dalam kelompok Straminipila karena dinding selnya terutama terdiri dari selulosa dan glukan (Bridge *et al.*, 2005).

Organisme lain seperti hyphochytridiomycetes dan myxomycetes yang sebelumnya termasuk dalam Kingdom Fungi, saat ini termasuk dalam Kingdom Protista. Di sisi lain, parasit mamalia obligat dalam genus *Pneumocystis* sebelumnya dianggap sebagai protozoa, namun kini ditempatkan dalam kelompok dasar dalam fungi (*Pneumocystidiomycetes*), berdasarkan komposisi dinding sel dan analisis urutan DNA (Bridge *et al.*, 2005); (Onofri and Belisario, 2009).

6.1.2 Diversitas Fungi

Fungi memiliki penyebaran di seluruh dunia, dan tumbuh di berbagai habitat, termasuk lingkungan ekstrem seperti gurun atau area dengan konsentrasi garam tinggi atau radiasi ionisasi, serta di sedimen laut dalam. Beberapa dapat bertahan dari radiasi UV intens dan kosmik yang ditemui selama perjalanan antariksa. Sebagian besar tumbuh di lingkungan darat, meskipun beberapa spesies hidup sebagian atau sepenuhnya di habitat air termasuk yang hidup di daerah hidrotermal di laut.

Sekitar 100.000 spesies fungi telah dideskripsikan secara resmi oleh taksonomis, tetapi biodiversitas global dari kerajaan fungi belum sepenuhnya dipahami. Berdasarkan observasi rasio jumlah spesies fungi terhadap jumlah spesies tumbuhan di lingkungan yang dipilih, perkiraan jumlah spesies dalam kerajaan fungi mencapai sekitar 1,5 juta spesies (Sheehan, 2012).

Fungi memiliki peran penting dalam lingkungan dan ekosistem, serta memiliki implikasi kesehatan yang signifikan. Diperkirakan ada 1-10 juta spesies fungi di dunia, tetapi hanya sekitar 1% yang telah dideskripsikan dan diberi nama secara formal. Dari jumlah yang relatif kecil ini, hanya sebagian kecil yang diketahui mampu menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia, terutama pada inang imunokompeten. Ledakan evolusi eukariota menjadi mungkin berkat bentuk modifikasi mitosis yang disebut meiosis atau pembelahan reduksi. Pada banyak organisme, meiosis menghasilkan sel reproduksi khusus yang disebut gamet. Ketika dua gamet dari organisme induk yang kompatibel bergabung, sel hasilnya (zigot) memiliki dua set kromosom (disebut diploid). Pada tanaman dan hewan, zigot berkembang menjadi organisme multiseluler diploid, tetapi pada fungi sejati, fase vegetatif selalu haploid, sehingga meiosis harus terjadi di dalam zigot. Proses meiosis ini bertanggung jawab atas penyusunan ulang informasi genetik yang terdapat dalam kromosom melalui proses persilangan. Dengan begitu banyak hal yang belum dipahami tentang fungi, penelitian dan pemahaman lebih lanjut tentang taksonomi dan fungsinya tetap menjadi bidang yang menarik dan menjanjikan. Mengetahui lebih banyak tentang fungi, akan membantu kita menghargai peran penting mereka dalam lingkungan dan kesehatan manusia serta ekosistem secara keseluruhan (Borman, 2018);(Kendrick, 2017).

6.1.3 Sejarah Klasifikasi Fungi

Mikologi sebenarnya termasuk ilmu yang relatif baru dan menjadi sistematis setelah perkembangan mikroskop pada abad ke-16. Meskipun spora jamur pertama kali diamati oleh Giambattista della Porta pada tahun 1588, karya penting dalam perkembangan mikologi dianggap sebagai publikasi karya Pier Antonio Micheli pada tahun 1729 yang berjudul *Nova plantarum genera*. Micheli tidak hanya mengamati spora, tetapi juga menunjukkan bahwa dalam kondisi yang tepat, spora dapat diinduksi untuk tumbuh menjadi spesies jamur yang sama dengan asalnya. Dengan memperluas penggunaan sistem nomenklatur binomial yang diperkenalkan oleh Carl Linnaeus dalam *Species plantarum* (1753), Christian Hendrik Persoon dari Belanda (1761–1836) menetapkan klasifikasi pertama jamur dengan keterampilan yang luar biasa sehingga dianggap sebagai pendiri mikologi modern (Sheehan, 2012).

Kemudian, Elias Magnus Fries (1794–1878) lebih mengembangkan klasifikasi jamur, menggunakan warna spora dan berbagai karakteristik mikroskopis, metode yang masih digunakan oleh taksonomis hingga saat ini. Penyumbang awal lainnya dalam mikologi pada abad ke-17 hingga ke-19 dan awal abad ke-20 termasuk Miles Joseph Berkeley, August Carl Joseph Corda, Anton de Bary, saudara Louis René dan Charles Tulasne, Arthur H. R. Buller, Curtis G. Lloyd, dan Pier Andrea Saccardo. Abad ke-20 telah menyaksikan modernisasi mikologi yang berasal dari kemajuan dalam biokimia, genetika, biologi molekuler, dan bioteknologi. Penggunaan teknologi sekuensing DNA dan analisis filogenetik telah memberikan wawasan baru tentang hubungan dan keanekaragaman jamur, dan telah menantang pengelompokan berdasarkan morfologi tradisional dalam taksonomi jamur (Sheehan, 2012).

6.2 Pengenalan Taksonomi dan Nomenklatur Fungi

6.2.1 Taksonomi Fungi

Taksonomi fungi adalah ilmu klasifikasi yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan organisme yang saling terkait. Metode taksonomi tradisional berdasarkan pemeriksaan mikroskopis cahaya terhadap fitur morfologi khas. Namun, penemuan mikroskop elektron dan metode biokimia memberikan kontribusi berharga dalam mengkarakterisasi tingkat taksonomi yang lebih tinggi. Pangkat dasar dalam taksonomi adalah spesies. Namun, apa yang dianggap sebagai spesies oleh berbagai mikologis dapat bervariasi secara luas, dan terdapat pendekatan yang berbeda untuk menentukannya. Klasifikasi berdasarkan karakteristik morfologi, seperti ukuran dan bentuk spora atau struktur berbuah, secara tradisional mendominasi taksonomi jamur. Spesies juga dapat dibedakan berdasarkan karakteristik biokimia dan fisiologis mereka, seperti kemampuan mereka dalam menguraikan beberapa senyawa biokimia, atau reaksi mereka terhadap tes kimia. Konsep spesies biologis membedakan spesies berdasarkan kemampuan mereka untuk kawin. Penerapan alat-alat molekuler, seperti sekuensing DNA dan analisis filogenetik, untuk mempelajari keragaman secara signifikan meningkatkan resolusi dan kekokohan dalam perkiraan keragaman genetik dalam berbagai kelompok taksonomi (Guarro et al., 1999); (Sheehan, 2012) ; (Webster and Weber, 2007).

Taksonomi Fungi berada dalam keadaan yang terus berubah, terutama karena penelitian terbaru berdasarkan perbandingan DNA. Baru-baru ini, kriteria berdasarkan perbandingan langsung urutan DNA digunakan untuk klasifikasi yang lebih objektif, tetapi penekanan pada metode deskriptif dalam literatur terkini juga menimbulkan tantangan.

Meskipun demikian, metode ini telah menghasilkan revolusi dalam taksonomi fungi, namun masih banyak kelompok fungi yang belum terdefinisi dengan baik dan kerangka taksonomi yang komprehensif belum sepenuhnya terbentuk. Fitur mikroskopis masih penting untuk mengidentifikasi fungi, dan metode molekuler dapat mendukung identifikasi yang tepat setelah fungi dikarakterisasi secara konvensional. Metode molekuler dalam taksonomi fungi memanfaatkan analisis urutan DNA atau produk protein untuk membandingkan dan mengklasifikasikan organisme. Metode termasuk analisis protein dengan elektroforesis gel untuk membandingkan galur-galur yang berbeda dari spesies yang sama, serta analisis RFLP dan RAPD yang menggunakan PCR untuk membandingkan fragmen DNA. Pendekatan terobosan yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan primer yang memandu perbanyakan PCR dari urutan DNA spesifik, seperti rRNA 18S atau 28S, atau urutan DNA non-koding (ITS). Penggunaan metode molekuler, khususnya analisis urutan DNA seperti *internal transcribed spacer* (ITS) tersebut telah memfasilitasi penemuan dan pemisahan spesies jamur. Data perbandingan dievaluasi dengan mengonversinya menjadi matriks dan menggambarkan pohon filogenetik untuk menunjukkan hubungan evolusi antara taksa (Bridge et al., 2005); (Hibbett and Taylor, 2013); (Sheehan, 2012); (Webster and Weber, 2007).

Pemahaman tentang evolusi fungi telah signifikan dipengaruhi oleh teknologi molekuler dan genomik, baik dalam mengungkapkan hubungan filogenetik yang disebutkan sebelumnya maupun dalam menerangi proses adaptasi dan diversifikasi. Sekuensing genom fungi menjadi titik awal untuk jumlah dan jenis studi yang semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan cepat dalam jumlah spesies yang dapat dimasukkan ke dalam filogeni skala genom, Perkembangan cepat informasi sekuens untuk spesies fungi

telah menghadirkan tantangan baru bagi taksonomi fungi. Beberapa spesies yang sebelumnya dianggap terpisah ternyata merupakan fase seksual atau aseksual dari fungi yang sama. Masalah muncul ketika ada lebih dari satu kelompok filogenetik dalam satu spesies, yang disebut spesies kriptik. Taksonomi fungi harus menghadapi pertanyaan tentang batas spesies berdasarkan data sekuens molekuler dan kriteria fenotipik. Analisis sekuens gen membantu mengidentifikasi spesies kriptik dan memperkaya pemahaman tentang keanekaragaman spesies fungi. Pendekatan yang berbeda dalam mendefinisikan spesies, seperti evolusioner, filogenetik, dan biologis, dapat digunakan tergantung pada ketersediaan data dan isolasi reproduktif organisme. Dengan demikian, metode molekuler menjadi kunci untuk mengungkapkan hubungan dan mengidentifikasi spesies fungi secara lebih akurat. Selain itu metode molekuler ini memainkan peran penting dalam mendefinisikan kerajaan fungi dan masih memberikan informasi baru untuk menentukan pembagian sistematis utama. Pada tingkat taksonomi yang lebih rendah, ordo, genus, dan spesies baru sedang dideskripsikan, dan taksa yang sudah ada sering didefinisikan ulang (Bridge *et al.*, 2005); (Fredricks, 2007); (Spatafora *et al.*, 2018).

6.2.2 Nomenklatur Fungi

Nomenklatur fungi diatur oleh Kode Nomenklatur Botani Internasional dan koleksi referensi dari jenis, dan materi yang terautentikasi, dipertahankan sebagai spesimen kering di herbarium. Meskipun ini umumnya memadai untuk fungi yang lebih besar, spesimen kecil dan mikrofungi tidak selalu mempertahankan fitur-fitur kunci atau tidak mempertahankan spesimen yang berguna secara ilmiah saat dikeringkan, dan sebagian besar mikrofungi rutin dipertahankan dalam kultur. Namun, hal ini hanya praktis ketika fungi dapat tumbuh dalam kultur murni, dan untuk

banyak spesies yang saat ini tidak dapat dikulturkan, materi referensi mungkin terbatas pada materi kering, seringkali terkait dengan materi dari organisme inang. Materi kering dapat digunakan untuk mendapatkan data kimiawi dan molekuler, meskipun pemulihan data ini akan bergantung pada usia materi dan sejarah penyimpanannya (Bridge et al., 2005).

Seperti halnya semua organisme, untuk jenis fungi tertentu agar dapat diakui secara resmi oleh ahli mikologi maka fungi tersebut harus diberi nama taksonomi sesuai dengan aturan yang diakui secara internasional. Nama ini adalah binomial yang terdiri dari kombinasi unik dari nama generik (genus) diikuti oleh epitet spesifik (spesies). Binomial ditulis miring, seperti halnya dalam kebanyakan publikasi ilmiah, sementara nama-nama takson dengan peringkat yang lebih tinggi (famili, ordo, dan lain-lain.) tidak ditulis miring. Jika merujuk pada sebuah binomial dalam tulisan tangan maka sebaiknya garis bawah digunakan untuk menunjukkan bahwa binomial tersebut seharusnya dicetak miring (Kendrick, 2017); (Stephenson, 2010).

Genus dan spesies hanya dua tingkatan dalam sistem hierarkis klasifikasi di mana organisme dikelompokkan berdasarkan karakteristik umum. Dua atau lebih spesies yang memiliki banyak karakteristik yang sama ditempatkan dalam genus yang sama. Untuk tujuan klasifikasi yang sebenarnya merupakan metode penyimpanan dan pengambilan informasi maka genus terkait dikelompokkan ke dalam famili, famili dikelompokkan ke dalam ordo, ordo dikelompokkan ke dalam kelas, kelas dikelompokkan ke dalam filum, dan filum dikelompokkan ke dalam kerajaan (Stephenson, 2010). Pada masing-masing tingkatan taksonomi di atas genus tersebut, diberikan akhiran tertentu dalam penamaannya seperti pada tabel berikut:

Tabel 6.1. Tingkatan taksonomi dan akhiran yang digunakan untuk memberi nama pada tingkatan taksonomi di atas tingkat genus

Tingkatan	Akhiran
KINGDOM	Fungi
Subkingdom	-bionta
FILUM	-mycota
Subfilum	-mycotina
KELAS	-mycetes
Subkelas	-mycetidae
ORDO	-ales
Subordo	-neae
FAMILI	-aceae
Subfamili	-oideae
Tribus	-eae
Subtribus	-inae

Sumber: (Hawksworth, 2001)

Berikut adalah contoh bagaimana sebuah organisme diklasifikasikan dalam sistem hierarkis ini.

Kingdom : Eumycota atau Fungi

Filum : Basidiomycota

Subfilum : Basidiomycotina

Kelas : Agaricomycetes

Ordo : Agaricales

Famili : Agaricaceae

Genus : Agaricus

Spesies : *Agaricus brunnescens*

(Kendrick, 2017)

Konsep taksonomi dapat berubah, hal tersebut menyebabkan suatu spesies kadang-kadang dapat dipindahkan ke genus lain selain yang diberikan saat pertama kali

dideskripsikan. Ketika hal ini terjadi, maka nama orang yang secara resmi mengusulkan perubahan tersebut ditambahkan ke otoritas, dan nama asli ditempatkan dalam tanda kurung. Misalnya, *Agaricus bisporus* (J. E. Lange) Pilát menunjukkan bahwa ahli mikologi Denmark Jakob Lange adalah orang pertama yang memberikan nama untuk fungi ini, tetapi dia menganggapnya sebagai anggota genus *Psalliota*, yang tidak lagi diakui. Kemudian, ahli mikologi Ceko Albert Pilát menempatkan fungi tersebut dalam genus *Agaricus*, yang masih diakui oleh sebagian besar ahli mikologi modern (Stephenson, 2010).

6.2.3 Kelompok Taksonomi Filum Pada Fungi

Filum dalam fungi didefinisikan terutama berdasarkan siklus hidup, mode reproduksi, struktur dinding sel, dan septum. Salah satu fitur penting dari fungi adalah bahwa banyak dari mereka memiliki siklus hidup yang terdiri dari dua atau lebih tahap. Ini secara primer dibedakan berdasarkan mode reproduksi dan dapat bersifat aseksual, di mana pertumbuhan dan reproduksi dilakukan melalui mitosis, atau seksual, di mana reproduksi melibatkan meiosis. Fungi yang menghasilkan diaspora aseksual atau tidak menghasilkan spora sama sekali disebut anamorfik atau imperfek, dan bentuk seksualnya ketika ada disebut teleomorf atau bentuk sempurna. Mode reproduksi seksual adalah karakteristik utama untuk mengelompokkan fungi individu ke dalam filum, dan fungi yang hanya dikenal dari keadaan vegetatifnya tidak dapat dengan mudah ditempatkan dalam filum menggunakan analisis morfologi tradisional. Secara historis, fungi tersebut ditempatkan dalam filum tambahan yang disebut "*Deuteromycota*." Namun, penempatan ini menunjukkan hubungan filogenetik antara fungi vegetatif yang ternyata tidak benar. Fungi vegetatif sekarang dianggap sebagai bentuk mitosporik dari filum utama, dan istilah "*Deuteromycota*" tidak

boleh digunakan (Borman, 2018); (Bridge *et al.*, 2005); (Sheehan, 2012).

Organisme yang sebelumnya dikaitkan dengan *Deuteromycota* sekarang dapat diurutkan dan posisi mereka yang benar dalam kerajaan fungi ditetapkan. Secara dramatis, filum Zygomycota telah dibubarkan setelah pendekatan molekuler dengan tegas menunjukkan bahwa filum ini polifiletik. Fungi yang sebelumnya diklasifikasikan dalam filum Zygomycota sekarang tersebar di antara filum Glomeromycota, dan empat subfilum incertae sedis (posisi yang tidak pasti), yaitu *Mucoromycotina*, *Entomophthoromycotina*, *Kickxellomycotina*, dan *Zoopagomycotina*, dengan sebagian besar anggota yang penting secara medis terdapat dalam ordo Mucorales dalam *Mucoromycotina*. Saat ini, tujuh filum diusulkan yaitu *Microsporidia*, *Chytridiomycota*, *Blastocladiomycota*, *Neocallimastigomycota*, *Glomeromycota*, *Ascomycota*, dan *Basidiomycota* (Borman, 2018); (Bridge *et al.*, 2005).

Analisis filogenetik telah menunjukkan bahwa Microsporidia adalah jamur endobiotik yang relatif baru dan sangat berkembang hidup di dalam jaringan spesies lain. Microsporidia dapat ditemukan terutama di dalam sel-sel epitelium usus serangga dan kulit serta otot ikan. Mereka juga ada pada cacing annelida dan beberapa invertebrata lainnya. Satu studi tahun 2006 menyimpulkan bahwa Microsporidia adalah kelompok saudara dari jamur sejati, yang berarti mereka adalah kerabat evolusioner terdekat satu sama lain. Hibbett dan rekan-rekan menyarankan bahwa analisis ini tidak bertentangan dengan klasifikasi Fungi, dan meskipun Microsporidia diangkat menjadi status filum, diakui bahwa analisis lebih lanjut diperlukan untuk memperjelas hubungan evolusi dalam kelompok ini (Britannica, 2023); (Sheehan, 2012).

Chytridiomycota umumnya dikenal sebagai *chytrids*. Jamur ini tersebar di seluruh dunia. *Chytrids* menghasilkan zoospora yang mampu bergerak aktif melalui fase akuatik dengan satu flagela, yang menyebabkan taksonomis awal mengklasifikasikannya sebagai protista. Filogeni molekuler, yang disimpulkan dari urutan rRNA dalam ribosom, menunjukkan bahwa *Chytridiomycota* adalah kelompok dasar yang berbeda dari filum jamur lainnya. *Chytridiomycota* mencakup tiga kelas jamur: *Chytridiomycetes*, *Monoblepharidomycetes*, dan *Neocallimastigomycetes*. Meskipun beberapa klasifikasi mengakui kedua kelas terakhir sebagai filum, ketiga taksa tersebut secara kolektif membentuk klade monofiletik yang didukung dengan baik dalam analisis skala genom, tetapi hubungan mereka satu sama lain masih belum pasti. *Chytridiomycota* mungkin merupakan jamur terawal di lingkungan darat, tetapi tidak jelas apakah mikrofosil Precambrian tertentu sebenarnya mewakili spesies dari filum ini (Sheehan, 2012); (Spatafora *et al.*, 2018).

Blastocladiomycota sebelumnya dianggap sebagai kelompok taksonomi dalam *Chytridiomycota*. Namun, data molekuler dan karakteristik ultrastruktur terbaru menempatkan *Blastocladiomycota* sebagai kelompok saudari dari *Zygomycota*, *Glomeromycota*, dan Dikarya (*Ascomycota* dan *Basidiomycota*). *Blastocladiomycetes* adalah saprotof, yang memakan bahan organik yang membusuk, dan mereka adalah parasit dari semua kelompok eukariotik. Berbeda dengan kerabat dekat mereka, *chytrids*, yang sebagian besar mengalami meiosis zigotik, *blastocladiomycetes* menjalani meiosis sporis (Sheehan, 2012); (Spatafora *et al.*, 2018).

Neocallimastigomycota sebelumnya ditempatkan dalam filum *Chytridiomycota*. Anggota dari filum kecil ini adalah organisme anaerob, hidup di sistem pencernaan mamalia herbivora yang lebih besar dan mungkin di lingkungan darat dan akuatik lainnya. Mereka tidak memiliki mitokondria tetapi

mengandung hydrogenosom yang berasal dari mitokondria. Seperti chytrids terkait, *neocallimastigomycetes* membentuk zoospora yang memiliki satu atau beberapa flagela di bagian belakang (Sheehan, 2012); (Spatafora *et al.*, 2018).

Anggota Glomeromycota membentuk mikoriza arbuskula, bentuk simbiosis di mana hifa jamur menyerang sel akar tanaman dan kedua spesies mendapatkan manfaat dari pasokan nutrisi yang meningkat. Semua spesies *Glomeromycota* yang diketahui bereproduksi secara aseksual. Asosiasi simbiotik antara *Glomeromycota* dan tanaman adalah usang, dengan bukti yang berasal dari 400 juta tahun yang lalu. Sebelumnya merupakan bagian dari Zygomycota. *Glomeromycota* diangkat menjadi status filum pada tahun 2001 dan sekarang menggantikan *Zygomycota* yang lebih tua. Jamur yang ditempatkan dalam *Zygomycota* sekarang dialokasikan ulang ke dalam *Glomeromycota*, atau subfilum *incertae sedis* *Mucoromycotina*, *Kickxellomycotina*, *Zoopagomycotina*, dan *Entomophthoromycotina*. Beberapa contoh jamur terkenal yang sebelumnya termasuk dalam *Zygomycota* termasuk jamur roti hitam (*Rhizopus stolonifer*) dan spesies *Pilobolus*, yang mampu melemparkan spora beberapa meter melalui udara. Genus yang relevan secara medis termasuk *Mucor*, *Rhizomucor*, dan *Rhizopus* (Sheehan, 2012); (Spatafora *et al.*, 2018).

Ascomycota, umumnya dikenal sebagai *sac fungi* atau ascomycetes, merupakan kelompok taksonomi terbesar dalam Eumycota. Jamur ini membentuk spora meiosis yang disebut askospora, yang terbungkus dalam struktur khusus berbentuk kantong yang disebut askus. Filum ini mencakup morel, beberapa jamur dan truffle, ragi uniseluler misalnya dari genus *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, dan *Candida*, dan banyak jamur berbentuk benang yang hidup sebagai saprofit, parasit, dan simbiosis mutualistik. Genus filamentous ascomycetes yang menonjol dan penting termasuk *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, dan *Claviceps*. Banyak spesies

ascomycete hanya diamati mengalami reproduksi aseksual (disebut spesies anamorfik), tetapi analisis data molekuler sering kali dapat mengidentifikasi teleomorf terdekat mereka dalam Ascomycota. Karena hasil meiosis disimpan dalam askus yang berbentuk kantong, ascomycetes telah digunakan untuk mengungkapkan prinsip-prinsip genetika dan pewarisan (misalnya *Neurospora crassa*) (Sheehan, 2012); (Spatafora *et al.*, 2018).

Anggota Basidiomycota, umumnya dikenal sebagai *club fungi* atau basidiomycetes, menghasilkan meiospora yang disebut basidiospora pada batang berbentuk klub yang disebut basidium. Sebagian besar jamur biasa termasuk dalam kelompok ini, serta jamur karat dan jamur busuk, yang merupakan patogen utama pada biji-bijian. Basidiomycetes penting lainnya termasuk patogen jagung *Ustilago maydis* (Sheehan, 2012); (Spatafora *et al.*, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Borman, A.M., 2018. Fungal taxonomy and nomenclature, in: Kibbler, C.C., Barton, R., Gow, N.A.R., Howell, S. MacCallum, D.M., Manuel, R.J. (Eds.), Oxford Textbook of Medical Mycology. Oxford University Press, New York.
- Bridge, P.D., Spooner, B.M., Roberts, P.J., 2005. The Impact of Molecular Data in Fungal Systematics. *Adv. Bot. Res.* 42, 33–67. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(05\)42002-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(05)42002-9)
- Britannica, 2023. Mold. Encyclopedia Britannica. [WWW Document]. *Encycl. Br.* URL <https://www.britannica.com/science/mold-fungus> (accessed 7.10.23).
- Fredricks, D.N., 2007. Molecular Mycology and Emerging Fungal Pathogens, in: Maertens, J.A., Marr, K.A. (Eds.), *Diagnosis of Fungal Infections*. Informa Healthcare, New York.
- Guarro, J., Gené, J., Stchigel, A.M., 1999. Developments in fungal taxonomy. *Clin. Microbiol. Rev.* 12, 454–500. <https://doi.org/10.1128/cmr.12.3.454>
- Hawksworth, D.L., 2001. The Naming of Fungi, in: McLaughlin, D.J., McLaughlin, E.G., Lemke, P.A. (Ed.), *Systematics and Evolution. The Mycota, Vol 7B*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-10189-6_6
- Hibbett, D.S., Taylor, J.W., 2013. Fungal systematics: Is a new age of enlightenment at hand? *Nat. Rev. Microbiol.* 11, 129–133. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2963>
- Kendrick, B., 2017. *The Fifth Kingdom An Introduction to Mycology*, 4th ed. Hackett Publishing Company, Inc., Indianapolis.

- Onofri, S., Belisario, A., 2009. Systematics Of Fungi, in: Minelli, A., Contrafatto, G. (Eds.), Biological Science Fundamentals And Systematics. EOLSS Publishers, Oxford.
- Sheehan, S., 2012. Mycology (Study of Fungi). Research World, New Delhi.
- Spatafora, J.W., Aime, M.C., Grigoriev, I. V., Martin, F., Stajich, J.E., Blackwell, M., 2018. The Fungal Tree of Life: From Molecular Systematics to Genome-Scale Phylogenies, in: Hetiman, J., Crous, P.W., Gow, N.A.R., Howlett, B.J., James, T.Y., Stukenbrock, E.H. (Eds.), The Fungal Kingdom. ASM Press, Washington, DC. <https://doi.org/10.1128/9781555819583>
- Stephenson, S.L., 2010. The Kingdom Fungi The Biology of Mushrooms, Molds, and Lichens. Timber Press, Inc., Portland.
- Webster, J., Weber, R., 2007. Introduction to Fungi. Cambridge University Press, New York.

BAB 7

KINGDOM PTERIDOPHYTA

Oleh Nurlaeliana

7.1 Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah tropis dengan sumber daya alam hayati yang beranekaragam, baik hewan maupun tumbuhan. Salah satu kelompok tumbuhan yang tinggi keanekaragamannya adalah tumbuhan paku. Daerah yang rindang dan ditumbu banyak pohon membuat tumbuhan paku dapat tumbuh dengan baik. Ada beberapa jenis paku-pakuan urban dapat tumbuh dan berkembang di daerah ini. Paku-pakuan merupakan salah satu tumbuhan yang berperan sebagai penyangga ekosistem pada wilayah urban, Lingkungan urban merupakan daerah yang menyebabkan stres pada tumbuhan (bukan hanya pada manusia) sehingga membuat fungsi fotosintesis dan pertumbuhannya dapat menurun (Windari, Perwati and Murningsih, 2021). Tetapi, paku-pakuan merupakan salah satu kelompok tumbuhan yang dapat beradaptasi pada struktur buatan manusia dan lingkungan urban. Paku-pakuan adalah kompetitor terbaik ketika lingkungannya berubah dan tidak sesuai dengan habitat aslinya (Agatha Silvy M., Karina A. S, Afriana P., Maskana, 2019).

7.2 Pengertian

Tumbuhan paku (*Pteridhophyta*) sebagian dari keanekaragaman hayati merupakan komunitas tumbuhan yang memiliki fungsi ekologis yang cukup penting di dalam ekosistem hutan, seperti sebagai vegetasi penutup tanah,

pencampuran bagi pembentukan hara tanah, dan produsen dalam rantai makanan, disamping itu berperan sebagai sumber plasma nutfah juga berpetensi sebagai sumber pangan dan obat-obatan. Keberadaan paku-pakuan ini masih kurang mendapatkan perhatian dibanding kelompok tumbuhan lainnya dan sering kali terabaikan (Prasani A, Lisa Puspita, 2021).

Tumbuhan paku merupakan suatu divisi yang jenisnya telah mempunyai kormus, artinya tubuhnya dengan nyata dapat dibedakan dalam tiga bagian pokok, yaitu akar, batang dan daun juga tidak berbunga yang dapat melakukan fotosintesis, serta memiliki tingkat keanekaragaman yang tinggi dan terdistribusi dari dataran yang sejajar dengan permukaan laut, sampai hampir di puncak tertinggi vegetasi pegunungan di daerah tropis (Miza Nina Adlini, Adi Hartono, Miftahul Khairani, Indayana Febriani Tanjung and Khairuna, 2011).

7.3 Bagian-bagian Pteridophyta

Tumbuhan paku (*Pteridophyta*) merupakan suatu divisi yang warganya telah jelas mempunyai kormus, artinya tubuhnya dengan nyata dapat dibedakan dalam tiga bagian pokok, yaitu akar, batang dan daun (Agatha Silvy M., Karina A. S, Afriana P., Maskana, 2019)



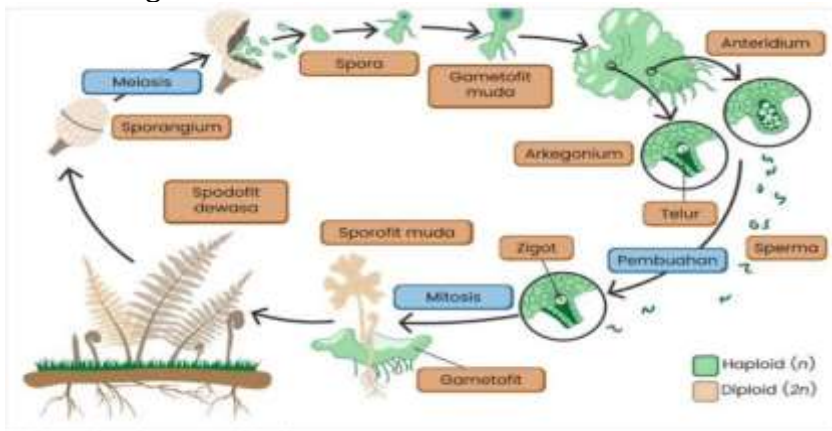
1. Ental (*Frond*): mulai dari pangkal tangkai dekat rimpang, hingga daun paling atas
2. Rimpang (*Rhizome*): batang paku yang menjalar
3. Tangkai (*Stipe*): tangkai dari ental paku-pakuan
4. Tulang tengah (*Midrib*): ibu tulang daun utama pada ental
5. Daun (*Pinna*): daun belahan pertama pada lamina
6. Daun fertil (*fertile leaf*): daun dengan sporangia
7. Daun steril (*stertile leaf*): daun tanpa sporangia
8. Daun sarang (*nest leaf*): daun penampung serasah
9. Anak daun (*Pinnule*): anak daun pada paku
10. Pinatus (*Pinnate*): daun tersusun menyirip
11. Pinatifid (*Pinnatifid*): bentuk tepi bercangap menyirip
12. Sorus (majemuk: sori): kumpulan sporangium
13. Sporangium (majemuk: sporangia): tempat terbentuknya spora
14. Indusium (majemuk: indusia): jaringan pelindung sorus
15. Ukel (*Crozier*): ental muda yang menggulung seperti pengait
16. Sisik (*Scale*): aksesoris pada paku bertekstur halus dan berukuran berbeda dari atas hingga bawah
17. Rambut (*Hair*): aksesoris pada paku bertekstur kasar dan berukuran sama dari atas hingga bawah

7.4 Siklus Hidup Pteridhophyta

Tumbuhan Paku atau pakis adalah tumbuhan yang memiliki dua fase dalam siklus hidupnya. Dua fase dalam siklus hidup paku ini disebut dengan pergiliran keturunan, yang juga terjadi pada lumut. Fase gametofit akan menghasilkan gamet, sedangkan fase sporofit akan menghasilkan spora. Perbedaan antara pergiliran keturunan lumut dan paku adalah pada perbedaan waktu antara gametofit dan sporofit. Paku memiliki fase sporofit yang dominan sedangkan lumut memiliki fase gametofit yang lebih dominan. Sporofit memiliki sporangium

bertangkai dengan peralatar serupa-pegas yang melontarkan spora beberapa meter. Spora yang terbawa angin dapat tersebar jauh dari tempat asalnya. Beberapa spesies menghasilkan lebih dari satu triliun spora selama hidupnya (Campbell, 2008).

Perhatikan gambar di bawah ini.



Gambar 7.1. Siklus hidup Pteridhophyta

Siklus hidup tanaman Pteridhophyta dimulai dari spora yang dihasilkan. Spora tersebut bersifat haploid (n) dan apabila jatuh di tempat lembab akan tumbuh menjadi gametofit muda (juga bersifat n). Gametofit ini disebut juga protalium apabila telah matang akan mengembangkan/memunculkan anteridium dan arkegonium. Gametofit matang berukuran sangat kecil, hanya beberapa mm hingga cm saja (Campbell, 2008).

Anteridium akan menghasilkan sperma, sedangkan arkegonium akan menghasilkan ovum atau sel telur. Anteridium dan arkegonium umumnya akan matang pada waktu yang berbeda, sehingga memungkinkan terjadinya pembuahan silang. Sperma memiliki flagela yang akan digunakan untuk bergerak menuju ovum pada arkegonium.

Sperma ini hanya dapat bergerak menuju ovum apabila lingkungan sekitarnya berair. Sperma (n) yang telah bersatu dengan ovum (n) melalui fertilisasi akan menghasilkan zigot yang bersifat diploid (2n) (Tjitrosoepomo Gembong, 2011).

zigot akan berkembang menjadi sporofit paku (2n). Sporofit awalnya tumbuh dari bagian arkegonium dan terus membesar hingga keluar dari gametofit induk tersebut. Sporofit merupakan bentuk tumbuhan paku yang umum kita lihat di sekitar tempat tinggal kita. Sedangkan fase gametofit, karena ukurannya yang sangat kecil, sulit kita lihat dan amati.

Sporofit akan terus tumbuh dengan melakukan fotosintesis. Sporofit kebanyakan paku terbentuk seperti semak kecil, namun ada pula yang bentuknya besar mirip pohon. Sporofit memiliki dua macam daun, yaitu tropofil dan sporofil. Tropofil merupakan daun yang digunakan sepenuhnya untuk berfotosintesis. Sedangkan sporofil merupakan daun yang digunakan untuk fotosintesis dan perkembangbiakan. Sporofil akan menghasilkan spora di bagian bawah daun atau di bagian tepi daun (Tjitrosoepomo Gembong, 2011).

Spora paku akan berkembang dalam kotak spora (sporangium). Kotak spora tersebut akan menggerombol/mengelompok membentuk struktur yang disebut sorus. Pada kebanyakan paku, sorus berbentuk seperti gumpalan bundar berwarna kuning kecoklatan di bawah daun. Ada sorus yang telanjang dan ada pula yang dilindungi semacam payung yang disebut indusium. Setelah spora matang, kotak spora akan pecah kemudian mengeluarkan isinya ke lingkungan sekitar, kemudian siklus di atas akan terulang kembali (Khosi'in, 2019).

Berdasarkan jenis spora yang dihasilkan, tumbuhan paku dibedakan menjadi 3 macam (Tjitrosoepomo Gembong, 2011).

1. Paku homospora (disebut juga isospora) hanya menghasilkan satu jenis spora yang memiliki bentuk dan

sifat yang sama. Contohnya adalah *Lycopodium* sp. (paku kawat) dan *Adiantum cuneatum* (suplir).

2. Paku heterospora akan menghasilkan dua jenis spora, yaitu makrospora (betina) dan mikrospora (jantan). Contohnya adalah *Selaginella* sp. (paku rane) dan *Marsilea crenata* (semanggi).
3. Paku peralihan akan menghasilkan spora dengan bentuk dan ukuran sama namun sifatnya berbeda, jantan atau betina. Contohnya adalah *Equisetum debile* (paku ekor kuda).

7.5 Klasifikasi Phylophyta

Pteridophyta, dapat dikelompokkan menjadi empat kelas antara lain Psilophytinae (paku purba), Lycopodinae (paku rambat atau paku kawat), Equisetinae (paku ekor kuda) dan kelas Filiniceae (paku sejati) (Tjitrosoepomo Gembong, 2011).

1. Paku Purba (*Psilopsida*)

Tumbuhan paku purba yang masih hidup saat ini diperkirakan hanya tinggal 10 spesies sampai 13 spesies dari dua genus. Paku purba hidup di daerah tropis dan subtropis. Sporofit paku purba ada yang tidak memiliki akar sejati dan tidak memiliki daun sejati.

Paku purba yang memiliki daun pada umumnya berukuran kecil (mikrofil) dan berbentuk sisik. Batang paku purba bercabang dikotomi dengan tinggi mencapai 30 cm hingga 1 m. Paku purba juga tidak memiliki pembuluh pengangkut. Batang paku purba mengandung klorofil sehingga dapat melakukan fotosintesis. Cabang batang mengandung mikrofil dan sekumpulan sporangium yang terdapat di sepanjang cabang batang.

Sporofil paku purba menghasilkan satu jenis spora (homospora). Gametofitnya tidak memiliki klorofil dan

mengandung anteridium dan arkegonium. Gametofit paku purba bersimbiosis dengan jamur untuk memperoleh nutrisi. Contoh tumbuhan paku purba yaitu paku purba tidak berdaun (*Rhynia major*) dan paku purba berdaun kecil (*Psilotum sp.*).

2. Paku Kawat (*Lycopsidea*)

Paku kawat mencakup 1.000 spesies tumbuhan paku, terutama dari genus *Lycopodium* dan *Selaginella*. Paku kawat banyak tumbuh di hutan-hutan daerah tropis dan subtropis. Paku kawat menempel di pohon atau hidup bebas di tanah. Anggota paku kawat memiliki akar, batang, dan daun sejati. Daun tumbuhan paku kawat berukuran kecil dan tersusun rapat.

Sporangium terdapat pada sporofil yang tersusun membentuk strobilus pada ujung batang. Strobilus berbentuk kerucut seperti konus pada pinus. Oleh karena itu paku kawat disebut juga pinus tanah. Pada paku rane (*Selaginella sp*) sporangium terdiri dari dua jenis, yaitu mikrosporangium dan megasporangium.

Mikrosporangium terdapat pada mikrosporofil (daun yang mengandung mikrosporangium). Mikrosporangium menghasilkan mikrospora yang akan tumbuh menjadi gametofit jantan.

Megasporangium terdapat pada megasporofil (daun yang mengandung megasporangium). Megasporangium menghasilkan megaspora yang akan tumbuh menjadi gametofit betina. Gametofit paku kawat berukuran kecil dan tidak berklorofil. Gametofit memperoleh makanan dari jamur yang bersimbiosis dengannya.

Gametofit paku kawat ada yang uniseksual, yaitu mengandung anteridium saja atau arkegonium saja. Gametofit paku kawat juga ada yang biseksual, yaitu mengandung anteridium dan arkegonium. Gametofit uniseksual terdapat pada *Selaginella*. *Selaginella*

merupakan tumbuhan paku heterospora sedangkan gametofit biseksual terdapat pada *Lycopodium*.

3. **Sphenopsida atau Equisetopsida (Paku Ekor Kuda)**

Klasifikasi tumbuhan paku juga menghasilkan satu sub divisi yang dinamai divisi paku ekor kuda (Sphenopsida atau Equisetopsida). Dinamai demikian karena jenis tumbuhan paku ini mempunyai percabangan pada batangnya dengan bentuk menyerupai ekor kuda.

Paku ekor kuda saat ini hanya tinggal sekitar 25 spesies dari satu genus, yaitu *Equisetum*. *Equisetum* terutama hidup pada habitat lembab di daerah subtropis. *Equisetum* yang tertinggi hanya mencapai 4,5 m sedangkan rata-rata tinggi *Equisetum* kurang dari 1 m. *Equisetum* memiliki akar, batang, dan daun sejati. Batangnya beruas dan pada setiap ruasnya dikelilingi daun kecil seperti sisik. *Equisetum* disebut paku ekor kuda karena bentuk batangnya seperti ekor kuda. Batangnya yang keras disebabkan dinding selnya mengandung silika.

Sporangium terdapat pada strobilus.

Sporangium menghasilkan satu jenis spora, sehingga *Equisetum* digolongkan pada tumbuhan paku peralihan. Gametofit *Equisetum* hanya berukuran beberapa milimeter tetapi dapat melakukan fotosintesis. Gametofitnya mengandung anteridium dan arkegonium sehingga merupakan gametofit biseksual.

Paku ekor kuda memiliki beberapa ciri, di antaranya:

- a. Sering tumbuh di daerah dengan tanah berpasir. 2) Sporofitnya berbentuk sisik dengan warna agak transparan dengan susunan melingkar pada batangnya.

- b. Batangnya berongga dan beruas. Karena pada lapisan luar batang terkandung silika tinggi, batang dari klasifikasi tumbuhan paku ini cukup keras dan sering digunakan sebagai alat penyikat.
- c. Batang memiliki rizom dan ujung yang mengandung sporangia.
- d. Sporangiumnya menghasilkan spora dengan ukuran dan bentuk sama, kendati dari jenis yang berbeda. Oleh karena inilah paku-pakuan dalam sub divisi ini tergolong paku peralihan.
- e. Tingginya bisa mencapai 15 meter.

4. Paku sejati (*Pteropsida*)

Sub divisi dalam klasifikasi tumbuhan paku selanjutnya adalah subdivisi paku sejati (*Pteropsida*). Tumbuhan paku dari jenis ini umumnya dengan mudah kita temui pada habitat lembab, seperti di daerah ekosistem hutan hujan tropis. Pakis yang tumbuh di sela pohon sawit merupakan salah satu spesies dari golongan tumbuhan paku ini. Selain itu, spesies golongan paku sejati juga dapat kita temui dengan melihat ciri-cirinya yaitu:

- a. Memiliki akar, batang dan daun sejati dengan ukuran variatif.
- b. Daunnya berukuran lebih besar dibanding paku-pakuan jenis lain, bentuknya lembaran, dan tulang daunnya bercabang.
- c. Daun atau tunas mudanya menggulung (*circinatus*).
- d. Terdapat > 12.000 spesies paku sejati di dunia saat ini. Beberapa contoh tumbuhan paku dari sub divisi ini antara lain *Asplenium nidus*, *Adiantum fimbriatum*, dan *Marsilea crenata*.

7.6 Manfaat Phylophyta

Dalam kehidupan sehari-hari, tumbuhan paku cukup berperan penting meskipun masih banyak orang yang tidak mengetahui fungsi tanaman tersebut. Berikut ini beberapa fungsi tanaman paku, meliputi (Khosy'in, 2019).

1. Tanaman Hias Banyak tanaman paku yang digunakan sebagai tanaman hias dalam kehidupan. Adapun contoh tanaman paku yang bisa dijadikan tanaman hias diantaranya: *Adiantum Cuneatum* (suplir), *Asplenium nidus* (paku sarang burung), dan *Platyserium biforme* (paku simbar menjangen).
2. Sayuran Tumbuhan paku yang dimanfaatkan sebagai sayuran misalnya *Marsilea crenata* (semanggi) dan *Pteridium aquilinum* (paku garuda).
3. Pupuk Hijau Tumbuhan paku yang banyak dimanfaatkan sebagai pupuk hijau ialah *Azolla pinnata* yang bersimbiosis dengan *Anabaena azolle* yang mampu mengikat gas N_2 bebas.
4. Obat-Obatan Tumbuhan paku ada yang digunakan sebagai obat diuretik yaitu *Equisetum* (paku kuda) dan digunakan sebagai obat luka yaitu *Selaginella*.
5. Bahan Bangunan Tumbuhan paku yang banyak digunakan untuk pembuatan tiang bangunan ialah *Alsophila glauca*.
6. Alat Penggosok/Pembersih *Equisetum* sp banyak dimanfaatkan sebagai alat penggosok/ampelas.
7. Bahan Pembuatan Petasan Bahan pembuatan petasan yang sering digunakan ialah spora *Lycopodium* sp dan *Pyrotechnics*.
8. Bingkai Tumbuhan paku juga banyak digunakan sebagai bingkai dalam karangan bunga.

Meskipun tumbuhan paku memiliki banyak fungsi dalam kehidupan seperti yang telah dipaparkan diatas bukan berarti

tidak ada yang menimbulkan kerugian. Sehingga, diperlukan pengetahuan tentang klasifikasi tumbuhan paku dan peranannya sehingga tidak menimbulkan kerugian yang tidak diinginkan dalam kehidupan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agatha Silvy M., Karina A. S, Afriana P., Maskana, A.S. 2019. *Panduan Lapangan Paku-Pakuan (Pteridophyta) Taman Margasatwa Ragunan*. Jakarta: Laboratorium Biologi FMIPA Universitas Negeri Jakarta.
- Campbell, N.A.& J.B.R. 2008. *BIOLOGI*. Edisi 8. Edited by H.W. Hardani. Jakarta: Erlangga.
- Khosi'in. 2019. *Keanekaragaman Tanaman Paku (Divisio Pteridophyta) Di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan Provinsi Bengkulu*. Cetakan Ke, *Laporan Perekonomian Provinsi Bengkulu November 2019*. Cetakan Ke. Edited by Sugiarti. Cirebon: CV. Elsi Pro. Available at: <http://www.bi.go.id/id/publikasi/kajian-ekonomi-regional/bengkulu/Default.aspx>.
- Miza Nina Adlini, Adi Hartono, Miftahul Khairani, Indayana Febriani Tanjung and Khairuna. 2011. 'Pengaruh Bioaktivator Selulolitik untuk Mempercepat Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)', *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 6(2), pp. 1–7. doi:10.24002/biota.v6i1.3023.
- Prasani A, Lisa Puspita, E.P.P. 2021. *Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Area Kampus Universitas Islam Negeri Fatmawati Sukarno Bengkulu*. Cetakan Ke, *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*. Cetakan Ke. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. doi:10.31540/biosilampari.v4i1.1347.
- Tjitrosoepomo Gembong. 2011. *Taksonomi Tumbuhan Schizophyta, Thallophyta, Bryophyta, Pteridophyta*. ke-9. Gadjah Mada University Press.

Windari, W., Perwati, L.K. and Murningsih, M. 2021. 'Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) di Kawasan Wisata Air Terjun Jurang Nganten Kabupaten Jepara', *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 23(2), pp. 107–111. doi:10.14710/bioma.23.2.107-111.

BAB 8

ANGIOSPERMAE DAN APG IV

Oleh Muhammad Rifqi Hariri

8.1 Pendahuluan

Angiospermae merupakan kelompok tumbuhan berbunga yang dapat ditemukan di seluruh dunia (Campbell et al., 2008). Kelompok ini merupakan golongan tumbuhan yang paling banyak ditemui dan menjadi tumbuhan dominan di banyak ekosistem. Angiospermae juga dikenal sebagai tumbuhan berbunga karena memiliki kantung atau bakal biji yang tertutup oleh daun buah serta bunganya yang indah dengan perhiasan bunga yang cenderung mencolok (Dehgan, 2023). Struktur bunga yang kompleks ini memungkinkan proses penyerbukan yang efisien melalui bantuan hewan polinator, seperti lebah dan burung, atau bahkan angin (Dar et al., 2017). Tumbuhan angiospermae juga memiliki biji yang tertutup oleh buah yang berperan dalam penyebaran biji dan melindungi mereka dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan.

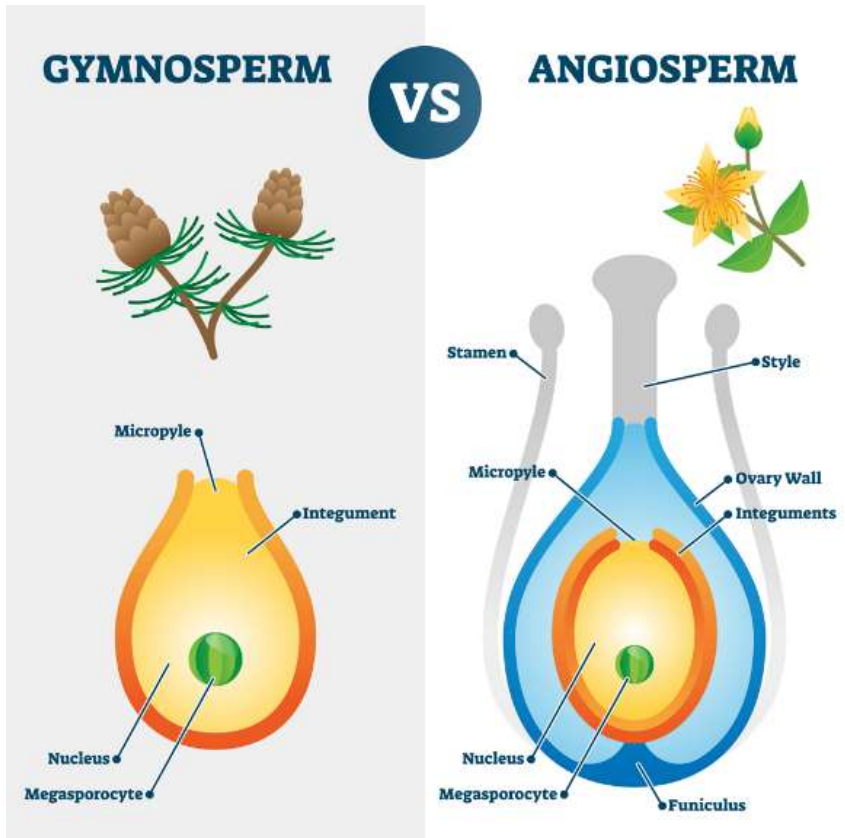
Angiospermae adalah kelompok tumbuhan dominan di Bumi, dengan jumlah spesies yang lebih dari 300.000 yang telah diidentifikasi dan dapat ditemukan di hampir semua habitat yang ada (Raven et al., 2013; Zhang et al., 2020). Angiospermae sangat penting bagi ekosistem bumi karena mereka berkontribusi pada siklus air, penyerapan karbon dioksida, dan menyediakan makanan dan tempat berlindung bagi banyak hewan (Boyce & Lee, 2011). Kelompok tumbuhan ini sangat beragam, mencakup berbagai jenis tanaman, mulai dari rumput-rumputan kecil hingga pohon raksasa seperti

Sequoia. Tumbuhan ini juga dapat hidup di berbagai habitat, mulai dari gurun kering hingga hutan hujan tropis. Keberagaman ini juga terlihat dalam varietas warna dan bentuk bunga yang berbeda. Beberapa bunga mungkin berwarna mencolok untuk menarik polinator, sementara yang lain mungkin lebih sederhana dan tidak menarik perhatian (Dar et al., 2017). Angiospermae juga mencakup tanaman beracun, seperti tumbuhan *nightshade* yang mengandung solanin beracun, serta tanaman obat seperti pacar air dan tanaman herbal seperti mint (Taiz & Zeiger, 2010).

Salah satu karakteristik unik dari *Angiospermae* (dan juga *Gymnospermae*) adalah adanya organ daun sejati yang memungkinkan tumbuhan untuk melakukan fotosintesis dengan lebih efisien. Angiospermae juga memiliki sistem perakaran yang kuat, yang memungkinkan mereka untuk menyerap air dan nutrisi dari tanah dengan efisien (Comas et al., 2012).

8.2 Angiospermae

Angiospermae merupakan tumbuhan berkembangbiak secara seksual, dengan bunga sebagai organ reproduksinya yang menjadi pembeda dengan *Gymnospermae* (Gambar 8.1; Melzer *et al.*, 2010; Sokoloff *et al.*, 2018). Bunga berperan dalam menarik polinator untuk proses penyerbukannya. Proses penyerbukan ini melibatkan transfer serbuk sari dari sumbernya (misalnya benang sari) ke kepala putik yang memiliki ovarium. Serbuk sari yang jatuh di kepala putik akan berkecambah menuju ovarium untuk selanjutnya terjadi proses fertilisasi. Setelah itu, bakal biji akan membesar menjadi biji yang baru. Setelah fertilisasi, ovarium akan berkembang menjadi buah yang melindungi biji (Rudall, 2021).

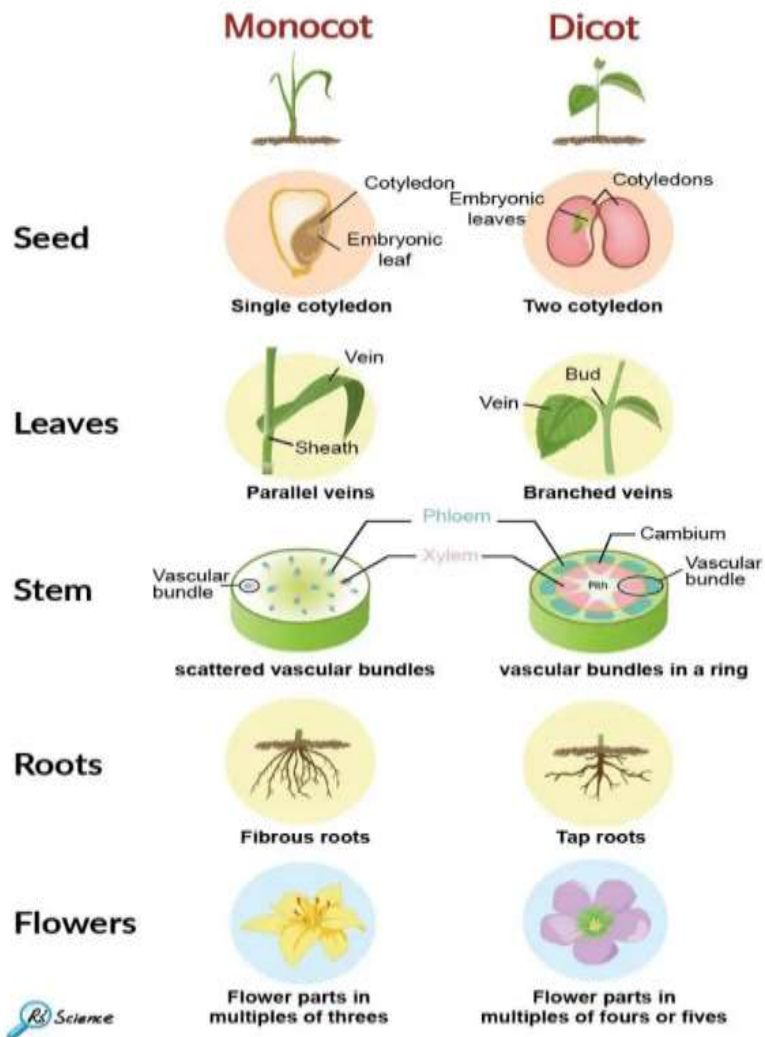


Gambar 8.1. Perbandingan ciri organ generatif pada Gymnospermae dan Angiospermae
(Sumber : Staughton, 2022)

Selain itu, angiospermae juga memiliki kemampuan reproduksi aseksual, di mana mereka dapat menghasilkan tunas dan rimpang tanpa melalui proses penyerbukan (Cardoso et al., 2018). Banyak tumbuhan Angiospermae bisa dengan mudah berkembangbiak melalui bibit yang tumbuh dari tunas akar, rimpang, atau pelepah daun yang tumbuh di atas atau di bawah tanah. Misalnya, kelapa sawit dapat menghasilkan tunas

baru dengan cepat, sehingga dapat dengan mudah diperbanyak secara komersial. Penyebaran angiospermae juga sangat luas karena biji mereka dapat dengan mudah diangkut ke tempat yang jauh (Koch et al., 2010; Manley et al., 2015).

Dikotil dan monokotil adalah dua kelompok utama dalam anggota tumbuhan berbunga atau Angiospermae (Sabelli, 2012; Raven et al., 2013). Meskipun kedua kelompok ini memiliki beberapa perbedaan dalam struktur dan morfologi, keduanya termasuk dalam kelompok tumbuhan berbunga yang dominan di dunia. Pentingnya memahami klasifikasi dikotil dan monokotil Angiospermae terletak pada kemampuan untuk mengenali, mengidentifikasi, dan memahami perkembangan serta karakteristik yang terkait dengan kelompok tumbuhan ini. Oleh karena itu, banyak penelitian dilakukan untuk mempelajari perbedaan dan kesamaan antara kedua kelompok ini (Gambar 8.2).



Gambar 8.2. Perbandingan ciri kelompok monokotil dan dikotil
(Sumber : Rachael, 2020)

Hickey & Wolfe (2010) membahas perbedaan morfologi antara dua kelompok tumbuhan ini, termasuk perbedaan dalam bentuk daun, akar, batang, dan bunga. Melalui analisis filogenetik, hubungan evolusi antara berbagai spesies monokotil dan pola perubahan yang terjadi dalam kelompok ini selama sepanjang waktu tertentu dapat dipelajari (Chase, 2004). Perubahan anatomi batang dalam kedua kelompok ini, serta faktor-faktor evolusioner yang mempengaruhinya juga dapat digunakan untuk semakin menambah pemahaman perbedaan dikotil dan monokotil (). Tidak hanya pada monokotil saja, perbedaan genetik antara dikotil dan monokotil juga dapat ditunjukkan melalui analisis genomik komparatif maupun transcriptome untuk membandingkan genom berbagai spesies dalam kedua kelompok ini (Sytsma & Baum, 1996; Paterson et al., 2004; Sreenivasulu & Wobus, 2013).

8.3 *Angiospermae Phylogeny Group (APG)*

Angiospermae Phylogeny Group (APG) adalah sebuah perkumpulan kolaborasi ahli botani yang merumuskan dan mengusulkan klasifikasi taksonomi bagi tumbuhan berbunga atau Angiospermae. Kelompok ini berbasis di Kew Royal Botanic Gardens, Inggris, dan bertujuan untuk menyusun skema taksonomi yang konsisten dan informasional untuk tumbuhan berbunga (Dixon, 2007). Para anggota APG menggunakan pendekatan filogenetik yang didasarkan pada analisis data molekuler dan morfologi untuk menyusun hubungan kekerabatan antar tumbuhan.

APG telah melakukan beberapa revisi terhadap sistem klasifikasi taksonomi tumbuhan berbunga sejak pembentukannya pada tahun 1998 (APG, 1998). Pada 1998, APG mengusulkan klasifikasi taksonomi yang berdasarkan pada analisis data genetik dan molekuler. Hasil dari klasifikasi

ini menghasilkan sebuah kerangka sistematis baru yang dikenal sebagai sistem klasifikasi APG.

Pada tahun 2003, APG II diterbitkan sebagai revisi dari APG I. Revisi ini merupakan hasil kerja sama antara 47 ahli botani dari 16 negara yang menggunakan metode filogenetik untuk menghasilkan penaksiran kekerabatan antara tumbuhan berbunga yang ada. APG II mengusulkan beberapa perubahan pada tingkatan taksonomi yang ada pada APG I, termasuk perubahan pada status beberapa kelompok, pengenalan beberapa famili baru, dan penghapusan beberapa kelompok taksonomi yang tidak valid (APG II, 2003).

Pada tahun 2009, APG III diterbitkan sebagai revisi berikutnya. Revisi ini merupakan hasil kerja sama antara 53 peneliti dari 18 negara. APG III menyajikan perubahan signifikan dalam taksonomi angiosperma, termasuk perubahan dalam klasifikasi beberapa kelompok dalam tingkatan taksonomi yang lebih tinggi dan pengenalan beberapa kelompok baru (APG III, 2009; Soltis *et al.*, 2011). Kemudian, pada tahun 2016, APG IV diterbitkan sebagai revisi terbaru dari sistem APG. Revisi ini merupakan hasil kerja sama antara 36 peneliti dari 12 negara. APG IV memberikan perubahan pada klasifikasi beberapa kelompok dalam tingkatan taksonomi yang tinggi, seperti perubahan dalam famili Poaceae atau rumput-rumputan (APG IV, 2016; Chase *et al.*, 2020). APG IV juga menyajikan metode baru untuk menentukan taksonomi tumbuhan berbunga berdasarkan analisis sekuens DNA, serta memberikan penjelasan tentang penggunaan nama-nama takson dalam skema taksonominya.

8.4 Klasifikasi Angiospermae berdasarkan APG

Angiospermae Phylogeny Group membuat beberapa perubahan besar dalam klasifikasi yang ada berdasarkan penelitian berbagai disiplin ilmu seperti morfologi, embriologi,

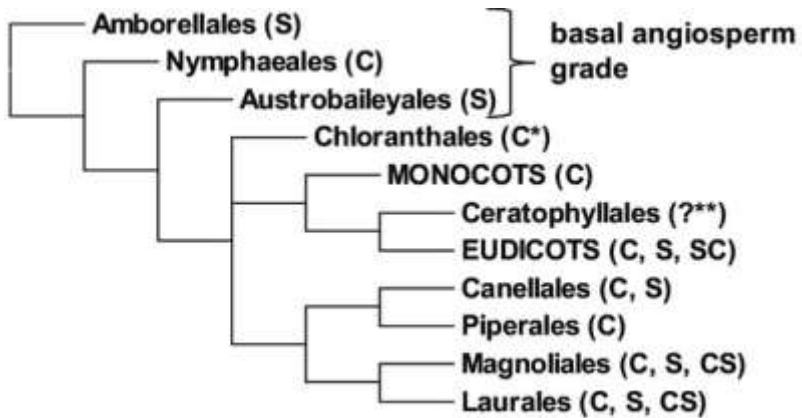
palinologi, molekuler, dan genetika. Klasifikasi APG ini menggunakan urutan dan struktur sekuens DNA sebagai dasar untuk menentukan hubungan kekerabatan antara berbagai kelompok tumbuhan. Hal ini dilakukan melalui pemetaan dan analisis perbedaan sekuens DNA pada gen-gen tertentu yang sama pada takson-takson yang berdekatan secara filogenetik.

Klasifikasi merupakan salah satu langkah penting dalam ilmu taksonomi tumbuhan, karena memberikan kita pemahaman tentang bagaimana organisme tersebut saling berhubungan dan berkembang biak satu sama lain. Klasifikasi juga membantu kita dalam mengidentifikasi dan memahami keanekaragaman hayati yang ada di planet ini.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh APG, mereka mengusulkan pembagian Angiospermae ke dalam beberapa kelompok besar yang disebut klad (APG, 1998; APG II, 2003; APG III, 2009; APG IV, 2016). Klad adalah kelompok taksonomi yang mencakup leluhur terakhir terdekat dan semua keturunannya (Gambar 83).

Beberapa contoh klad yang diusulkan oleh APG adalah: (1) Amborellaceae yang terdiri dari satu suku tumbuhan yang merupakan kelompok tumbuhan berbunga paling awal yang masih ada hingga saat ini; (2) Nymphaeales adalah klad yang mencakup kelompok tumbuhan berbunga seperti teratai yang biasanya ditemukan di perairan tawar; (3) Austrobaileyales adalah klad yang mencakup kelompok tumbuhan seperti kembang lawang (*star anise*) dan suku Schisandraceae; (4) Chloranthales adalah klad yang mencakup kelompok tumbuhan seperti Chloranthaceae yang tumbuh ditemukan di wilayah tropis dan subtropis; (5) Magnoliids adalah klad yang mencakup kelompok tumbuhan Magnoliaceae dan Lauraceae; (6) Monocots adalah satu kelompok tumbuhan yang memiliki satu daun lembaga daun pada embrio seperti anggrek, palem, dan rumput-rumputan; dan (7) Eudicots, atau dikotil sejati, adalah kelompok tumbuhan yang memiliki dua daun lembaga

daun pada fase embrio seperti Rosaceae, Fabaceae, dan Asteraceae.



Gambar 8.3. Tampilan sederhana mengenai filogeni Angiospermae berdasarkan APG IV (Sumber : Sokoloff et al., 2018)

Klasifikasi ini terus berkembang seiring dengan penelitian dan penemuan baru. APG telah merilis beberapa versi revisi dari klasifikasi mereka sejak didirikan. Masing-masing revisi ini berdasarkan pada penggunaan gen baru, teknik pemetaan DNA yang lebih canggih, dan analisis yang lebih lengkap. Salah satunya dengan adanya kelompok riset kolaborasi yang lebih terfokus pada tumbuhan dari kelompok polong-polongan (Fabaceae/Leguminosae).

Legume Phylogeny Working Group (LPWG) adalah sebuah kelompok peneliti internasional yang bertujuan untuk menyusun dan mengklasifikasikan berbagai jenis tumbuhan legum sebagai suatu keluarga tumbuhan. Legume Phylogeny Group mencoba untuk menggambarkan hubungan filogenetik antara berbagai spesies legum yang ada di dunia ini

berdasarkan berbagai karakteristik morfologi, genetik, dan lain-lain (LPWG, 2017).

Dalam klasifikasi tumbuhan legum, LPWG menggunakan metode filogenetik untuk menentukan hubungan evolusi antar spesies. Metode filogenetik adalah suatu pendekatan yang berbasis pada sejarah evolusi organisme, di mana hubungan kekerabatan antar organisme diperoleh melalui analisis data genetik (Gambar 8.4; LPWG, 2013). Metode ini memungkinkan kita untuk memahami bagaimana organisme-organisme tersebut berubah dan beradaptasi seiring waktu.

LPWG menggunakan berbagai sumber data untuk membangun pohon filogenetik dari legum. Sumber data ini mencakup data morfologi, anatomi, morfometri, dan genetika. Data morfologi digunakan untuk mengamati karakteristik fisik eksternal tumbuhan seperti bentuk daun, warna bunga, dan struktur akar. Data anatomi digunakan untuk mempelajari struktur mikroskopik tumbuhan seperti jaringan dan sel-sel. Data morfometri digunakan untuk mengukur dan membandingkan ukuran dan bentuk organ tumbuhan. Sedangkan data genetika digunakan untuk menganalisis gen-legum dan sekuens DNA, yang dapat mengungkapkan hubungan keturunan antar spesies legum.

Salah satu terobosan penting yang dilakukan oleh LPWG adalah pengenalan kelas baru dalam keluarga tumbuhan legum yang dikenal sebagai *Inverted Repeat Lacking Clade* (IRLC) (Sabir *et al.*, 2014; LPWG, 2017). Sebelumnya, tumbuhan legum dikelompokkan menjadi tiga kelas berdasarkan karakteristik struktural dan perkembangan tumbuhannya, yaitu klas Fabales, Rosales, dan Cucurbitales. Namun, dengan menggunakan metode filogenetik, LPWG menemukan bahwa ada kelompok yang memiliki sifat unik yang tidak termasuk dalam kelas-kelas tersebut yang kemudian disebut sebagai IRLC.

IRLC diakui sebagai kelompok monofiletik, yang berarti bahwa semua anggotanya berasal dari nenek moyang bersama. Kelompok ini kaya akan keanekaragaman jenis, dengan lebih dari 600 spesies (Sabir *et al.*, 2014; LPWG, 2017). Legum yang termasuk dalam IRLC antara lain meliputi kedelai (*Glycine max*), kacang hijau (*Vigna radiata*), dan kacang panjang (*Vigna unguiculata*). IRLC juga mencakup beberapa spesies yang penting secara ekonomis, seperti kacang polong (*Pisum sativum*) dan kacang kapri (*Phaseolus vulgaris*).

Klasifikasi legum yang diberikan oleh LPWG memiliki dampak penting dalam pemahaman kita tentang hubungan

evolusi dan keanekaragaman dalam tumbuhan legum. Pohon filogenetik yang dikonstruksi oleh LPWG memungkinkan para ilmuwan untuk merancang strategi konservasi dan program pemuliaan untuk mengamankan keberlanjutan dan kesejahteraan legum di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Angiosperm Phylogeny Group (APG). 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri botanical Garden*, 85, 531-553. <https://doi.org/10.2307/2992015>
- Angiosperm Phylogeny Group (APG) II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141(4), 399-436. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x>
- Angiosperm Phylogeny Group (APG) III. 2009. The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 128-131. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Boyce, C. K., & Lee, J. E. 2011. Could land plant evolution have fed the marine revolution?. *Paleontological Research*, 15(2), 100-105. <https://doi.org/10.3417/2009143>
- Campbell, N.A., Reece, J.B., & Meyers, N. 2008. *Biologi Edisi 8*. Jakarta: Erlangga.
- Cardoso, J. C. F., Viana, M. L., Matias, R., Furtado, M. T., Caetano, A. P. D. S., Consolaro, H., & Brito, V. L. G. D. 2018. Towards a unified terminology for angiosperm reproductive systems. *Acta Botanica Brasilica*, 32, 329-348. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0124>

- Chase, M. W. 2004. Monocot relationships: an overview. *American Journal of Botany*, 91(10), 1645-1655. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.10.1645>
- Chase, M. W., Soltis, D. E., Soltis, P. S., Rudall, P. J., Fay, M. F., Hahn, W. H., ... & Borsch, T. 2000. Higher-level systematics of the monocotyledons: an assessment of current knowledge and a new classification. In *Monocots: Systematics and Evolution* (pp. 3-15). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Comas, L. H., Mueller, K. E., Taylor, L. L., Midford, P. E., Callahan, H. S., & Beerling, D. J. 2012. Evolutionary patterns and biogeochemical significance of angiosperm root traits. *International Journal of Plant Sciences*, 173(6), 584-595. <https://doi.org/10.1086/665823>
- Dar, S. A., Hassan, G. I., Padder, B. A., Wani, A. R., & Parey, S. H. 2017. Pollination and evolution of plant and insect interaction. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(3), 304-311.
- Dehgan, B. 2023. ANGIOSPERMS: FLOWERING PLANTS. In *Garden Plants Taxonomy: Volume 1: Ferns, Gymnosperms, and Angiosperms (Monocots)* (pp. 173-603). Cham: Springer International Publishing.
- Dixon, K. 2007. The science-living collections continuum in botanic gardens. *Sibbaldia: the International Journal of Botanic Garden Horticulture*, 5, 5-14.
- Hickey, L. J., & Wolfe, J. A. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 538-589. <https://doi.org/10.2307/2395267>
- Koch, E. W., Ailstock, M. S., Booth, D. M., Shafer, D. J., & Magoun, A. D. 2010. The role of currents and waves in the dispersal of submersed angiosperm seeds and seedlings. *Restoration ecology*, 18(4), 584-595. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00698.x>

- Manley, S. R., Orth, R. J., & Ruiz-Montoya, L. 2015. Roles of dispersal and predation in determining seedling recruitment patterns in a foundational marine angiosperm. *Marine Ecology Progress Series*, 533, 109-120. <https://doi.org/10.3354/meps11363>
- Melzer, R., Wang, Y. Q., & Theißen, G. 2010. The naked and the dead: the ABCs of gymnosperm reproduction and the origin of the angiosperm flower. In *Seminars in cell & developmental biology* (Vol. 21, No. 1, pp. 118-128). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2009.11.015>
- Paterson, A. H., Bowers, J. E., Chapman, B. A., Peterson, D. G., Rong, J., & Wicker, T. M. 2004. Comparative genome analysis of monocots and dicots, toward characterization of angiosperm diversity. *Current Opinion in Biotechnology*, 15(2), 120-125. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2004.03.001>
- Rachael. 2020. *Monocot vs Dicot plants*. Rs' Science. <https://rsscience.com/monocot-vs-dicot-plants/>
- Raven, P.H., Ray, F., & Eichhorn, S.E. 2013. *Biologi Tumbuhan*. Jakarta: Erlangga.
- Rudall, P. J. 2021. Evolution and patterning of the ovule in seed plants. *Biological Reviews*, 96(3), 943-960. <https://doi.org/10.1111/brv.12684>
- Sabelli, P. A. 2012. Seed development: a comparative overview on biology of morphology, physiology, and biochemistry between monocot and dicot plants. *Seed Development: OMICS Technologies toward Improvement of Seed Quality and Crop Yield: OMICS in Seed Biology*, 3-25. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4749-4_1
- Sabir, J., Schwarz, E., Ellison, N., Zhang, J., Baeshen, N. A., Mutwakil, M., ... & Ruhlman, T. 2014. Evolutionary and biotechnology implications of plastid genome variation in the inverted-repeat-lacking clade of legumes. *Plant*

- Biotechnology Journal*, 12(6), 743-754. <https://doi.org/10.1111/pbi.12179>
- Sreenivasulu, N., & Wobus, U. 2013. Seed-development programs: a systems biology-based comparison between dicots and monocots. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 189-217.
- Staughton, J. 2019. *How Do Plants Reproduce?* Science ABC; Science ABC. <https://www.scienceabc.com/pure-sciences/gymnosperms-vs-angiosperms-differences-how-are-they-different.html>
- Sokoloff, D. D., Remizowa, M. V., Bateman, R. M., & Rudall, P. J. 2018. Was the ancestral angiosperm flower whorled throughout?. *American Journal of Botany*, 105(1), 5-15. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1003>
- Soltis, D. E., Smith, S. A., Cellinese, N., Wurdack, K. J., Tank, D. C., Brockington, S. F., ... & Samain, M. S. 2011. Angiosperm phylogeny: 17 genes, 640 taxa. *American Journal of Botany*, 98(4), 704-730. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000404>
- Sytsma, K. J., & Baum, D. A. 1996. Molecular phylogenies and the diversification of the angiosperms. In *Flowering plant origin, evolution & phylogeny* (pp. 314-340). Boston, MA: Springer US.
- The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). 2013. Legume phylogeny and classification in the 21st century: progress, prospects and lessons for other species-rich clades. *Taxon*, 62(2), 217-248. <https://doi.org/10.12705/622.8>
- The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon*, 66(1), 44-77. <https://doi.org/10.12705/661.3>
- Taiz, L., & Zeiger, E. 2010. *Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Erlangga.

- Wojciechowski, M. F., Lavin, M., & Sanderson, M. J. 2004. A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid matK gene resolves many well-supported subclades within the family. *American Journal of Botany*, 91(11), 1846-1862. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.11.1846>
- Zhang, L., Wu, S., Chang, X., Wang, X., Zhao, Y., Xia, Y., ... & Chen, F. 2020. The ancient wave of polyploidization events in flowering plants and their facilitated adaptation to environmental stress. *Plant, Cell & Environment*, 43(12), 2847-2856. <https://doi.org/10.1111/pce.13898>

BAB 9

SIKLUS HIDUP TUMBUHAN BERBIJI

Oleh Inna Martha Romainum

9.1 Pendahuluan

Tumbuhan berbiji atau *Spermatophyta* merupakan tumbuhan yang paling dominan tumbuh dan tersebar di seluruh permukaan bumi. Keberadaannya kurang lebih 253.000 spesies pada *Angiospermae* dan 820 spesies pada *Gymnospermae* (Cantino et al., 2007; Singh, 2010). Tumbuhan berbiji memiliki organ tubuh yang lengkap dan bersifat sejati yakni akar, batang dan daun (serta bunga pada angiosperma). Faktor utama yang berperan penting dalam eksistensi tumbuhan berbiji ialah adanya biji sebagai hasil reproduksi seksual.

Meskipun biji menguntungkan tumbuhan namun biji merupakan metode reproduksi seksual yang sangat kompleks. Hal ini dikarenakan tumbuhan perlu mengalokasikan energi untuk menghasilkan biji yang berfungsi sebagai kompartemen multifungsi untuk pertumbuhan embrio. Berbeda dengan spora yang merupakan sel tunggal, biji terdiri dari embrio sporofit multiseluler yang terbungkus bersama dengan cadangan makanan (endosperma) di dalam lapisan pelindung. Biji memiliki struktur (kulit luar yang keras) yang dapat melindungi embrio dari berbagai cekaman lingkungan sehingga embrio dapat bertahan hidup untuk jangka waktu yang lama. Endosperma pada biji berfungsi sebagai sumber nutrisi selama pertumbuhan awal biji. Endosperma juga berperan sebagai integrator dari berbagai komponen dan program genetik yang terlibat dalam perkembangan biji (Berger et al., 2006; Ohto et

al., 2009). Sedemikian kompleksnya struktur dan fungsi serta mekanisme pertumbuhan dari biji.

Lalu bagaimana cara tumbuhan dapat menghasilkan biji? Pada bab ini akan dibahas siklus hidup tumbuhan berbiji, dimana satu fase dalam masa hidupnya tumbuhan akan menghasilkan embrio yang selanjutnya berkembang menjadi individu baru.

9.2 Siklus Hidup Tumbuhan Berbiji

Siklus hidup merupakan seluruh tahapan perubahan tumbuhan yang dimulai dari perkecambahan biji, pertumbuhan hingga menghasilkan biji (embrio) dan selanjutnya biji (embrio) tersebut tumbuh sebagai individu baru yang bertumbuh dan menghasilkan biji (embrio) dan seterusnya. Dikatakan sebagai siklus karena proses ini merupakan suatu perputaran.

Semua tumbuhan berbiji tanpa kecuali merupakan heterospora. Heterospora berarti memiliki dua jenis sporangium berbeda yang menghasilkan dua jenis spora yaitu megasporangium yang menghasilkan megaspora yang akan menjadi gametofit betina (mengandung sel telur) dan mikrosporangium yang menghasilkan mikrospora yang akan menjadi gametofit jantan (mengandung sel sperma). Baik gametofit betina maupun gametofit jantan tersimpan dalam sporofit induk (tumbuhan induk). Tumbuhan berbiji terdiri atas dua kelompok besar yaitu gimnosperma dan angiosperma. Walaupun keduanya menghasilkan biji namun terdapat perbedaan besar yang mempengaruhi keberhasilan dalam beradaptasi.

9.2.1 Gimnosperma

Istilah gimnosperma memiliki arti "biji telanjang/terbuka". Dengan demikian biji tumbuhan gimnosperma tidak memiliki ruangan pembungkus yang

berasal dari ovarium. *Gymnosperma* terbagi atas empat divisi yakni *Cycadophyta* (contohnya Sikad), *Ginkgophyta* (contohnya Ginkgo), *Gnetophyta* (contohnya Melinjo) dan *Coniferophyta* (contohnya pinus).

Salah satu tumbuhan konifer yakni pinus paling banyak digunakan untuk menjelaskan siklus hidup tumbuhan gymnosperma. Sebagaimana tertera pada Gambar 11.1, tahapan siklus hidup pinus diuraikan sebagai berikut:

1. Pohon (sporofit) dewasa menghasilkan runjung yang mengandung polen dan runjung yang mengandung sel telur.
2. Ratusan mikroporangium yang terdapat pada runjung penghasil polen mengalami pembelahan meiosis, menghasilkan mikrospora haploid (n) yang kemudian berkembang menjadi polen. Satu mikrospora berkembang menjadi satu serbuk polen (gametofit jantan yang belum dewasa).
3. Pada runjung penghasil sel telur terdapat sisik-sisik dimana satu sisik mengandung dua ovul, masing-masing ovul mengandung satu megasporangium.
4. Polinasi terjadi ketika serbuk polen mencapai ovul. Kemudian serbuk polen bergerminasi membentuk tabung polen menuju megasporangium.
5. Ketika tabung polen berkembang, megasporosit mengalami pembelahan meiosis untuk menghasilkan empat sel haploid. Salah satu dari keempat sel tersebut bertahan hidup sebagai megaspora yang tumbuh dan membelah berulang-ulang menjadi gametofit betina yang belum dewasa.
6. Gametofit betina berkembang di dalam megaspora dan mengandung dua atau tiga arkegonium, masing-masing dengan sebuah sel telur.
7. Saat sel telur sudah matang, dua sel sperma telah berkembang dalam tabung polen yang memanjang ke arah

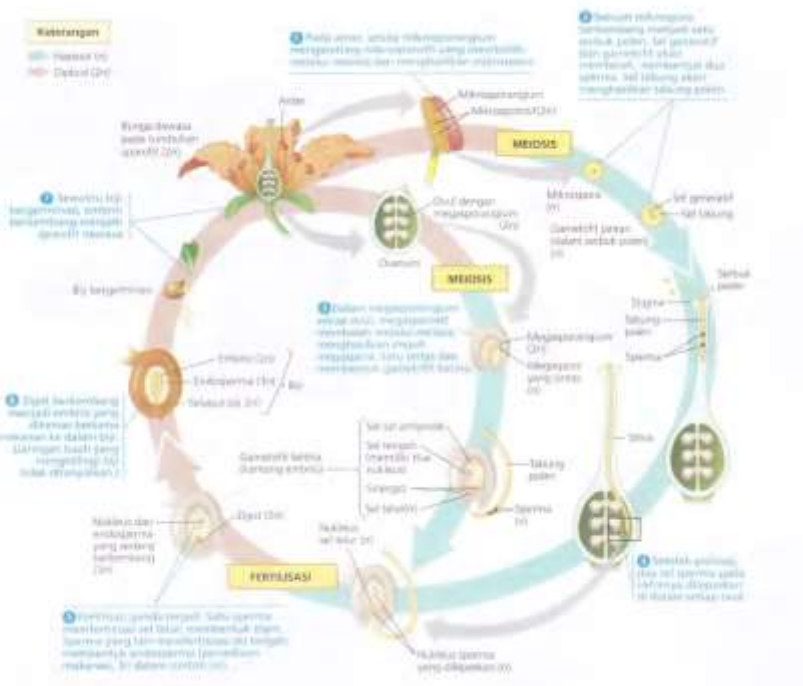
gametofit betina. Pembuahan (fertilisasi) terjadi ketika nukleus sperma dan sel telur bersatu. Semua sel telur dalam bakal biji bisa dibuahi, akan tetapi umumnya hanya satu zigot yang berkembang menjadi embrio. Fertilisasi biasanya terjadi lebih dari setahun setelah polinasi.

8. Ovul berkembang menjadi biji yang terdiri dari embrio (sporofit baru), persediaan makanan (berasal dari jaringan gametofit) dan selaput biji (berasal dari integumen sporofit induk).

9.2.2 Angiosperma

Angiosperma umumnya dikenal sebagai tumbuhan berbunga. Para ahli mengklasifikasikan semua angiosperma ke dalam satu filum tunggal yaitu Anthophyta yang berasal dari kata Yunani *anthos* yang berarti bunga. Nama angiosperma sendiri berasal dari kata Yunani *angion* yang memiliki arti wadah (angiosperma mengacu pada biji yang terkandung dalam buah).

Mekanisme reproduksi seksual pada tumbuhan angiosperma tidak jauh berbeda dari tumbuhan gimnosperma; dimana bunga sporofit menghasilkan gametofit jantan dan gametofit betina. Namun inovasi terbesar yang membedakannya dengan gimnosperma ialah adanya bunga.



Gambar 9.2. Siklus hidup tumbuhan angiosperma (sumber: Campbell and Reece, 2008)

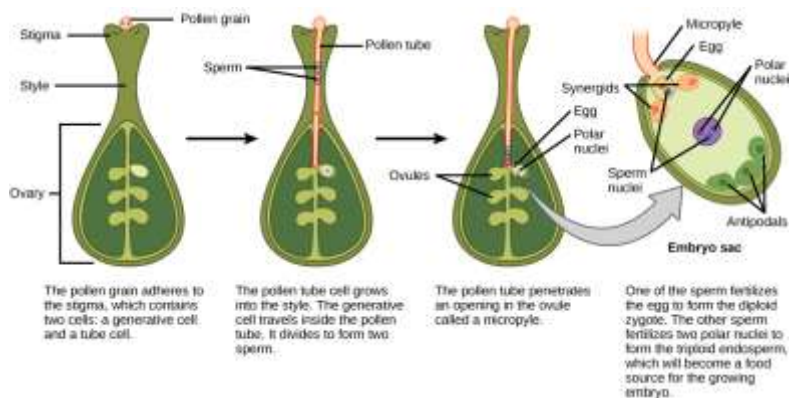
Tahapan siklus hidup tumbuhan angiosperma disajikan pada gambar 9.2, yaitu sebagai berikut:

1. Bunga sporofit menghasilkan mikrosporangium yang membentuk gametofit jantan dan makrosporangium yang membentuk gametofit betina. Pada anter, setiap mikrosporofit membelah melalui meiosis menghasilkan mikrospora haploid.
2. Setiap mikrospora kemudian berkembang menjadi serbuk polen. Setiap polen (gametofit jantan) memiliki dua sel haploid yakni sel generatif dan sel tabung. Sel generatif kemudian membelah membentuk dua sperma, sedangkan sel tabung membentuk tabung polen.
3. Di dalam megasporangium, megasporofit membelah melalui meiosis menghasilkan empat megaspora. Satu diantaranya sintas dan membentuk gametofit betina. Setiap ovul yang berada pada ovarium (dikenal juga sebagai kantong embrio) mengandung satu gametofit betina.
4. Setelah polinasi, polen dibawa ke stigma yang lengket pada ujung karpel. Serbuk polen gametofit betina bergerminasi dan kemudian menjulurkan tabung polen menuju ovarium.
5. Pada ovarium, terjadi fertilisasi ganda, dimana satu sperma memfertilisasi sel telur membentuk zigot ($2n$) dan sperma yang lain memfertilisasi sel tengah (nukleus polar, $2n$) membentuk endosperma ($3n$). Fertilisasi ganda hanya terjadi pada tumbuhan angiosperma.
6. Setelah fertilisasi ganda, ovul matang menjadi biji. Zigot berkembang menjadi embrio sporofit dengan rudimenter dan satu atau dua daun lembaga yang disebut kotiledon. Sel tengah membelah berulang-ulang dan berkembang menjadi endosperma yang kaya akan nutrisi dan cadangan makanan bagi embrio yang sedang berkembang.

Meskipun baik gimnosperma maupun angiosperma menunjukkan pergiliran generasi; generasi sporofit dan generasi gametofit saling bergiliran menghasilkan satu sama lain, namun terdapat perbedaan utama yang menentukan keberhasilan penyebaran biji. Faktor yang membedakan tersebut ialah adanya fertilisasi ganda pada angiosperma. Pada sub-bab selanjutnya akan dijelaskan mengapa fenomena fertilisasi ganda merupakan (salah satu) kunci keberhasilan adaptasi angiosperma.

9.3 Fertilisasi Ganda Sebagai Karakter Unik Angiosperma

Fertilisasi ganda yang terjadi pada angiosperma merupakan salah satu bentuk adaptasi evolusioner tumbuhan berbiji. Fertilisasi ganda itu sendiri baru ditemukan seabad yang lalu oleh Nawaschin dari Rusia pada tahun 1898 dan Guignard dari Perancis pada tahun 1899 (Friedman, 1998; Raghavan 2003). Pada tempat yang berbeda, keduanya mengamati fertilisasi pada tanaman Liliacea dan menemukan bahwa dua sel sperma menembus kantung embrio yang mana salah satu sel sperma menyatu dengan sel telur, sedangkan sel sperma yang lainnya menyatu dengan nukleus polar yang berada di bagian tengah kantung embrio (gambar 9.3). Sebelum Nawaschin dan Guignard menemukan fertilisasi ganda, endosperma diketahui merupakan hasil perkembangan nukleus polar gametofit betina yang menyatu. Penemuan Nawaschin dan Guignard telah mengubah pandangan para ahli terhadap reproduksi seksual pada tumbuhan berbunga dan telah menjadi penemuan penting dalam mengkaji kompleksitas reproduksi pada angiosperma.



Gambar 9.3. Fertilisasi ganda pada angiosperma (sumber: Clark *et al.*, 2020)

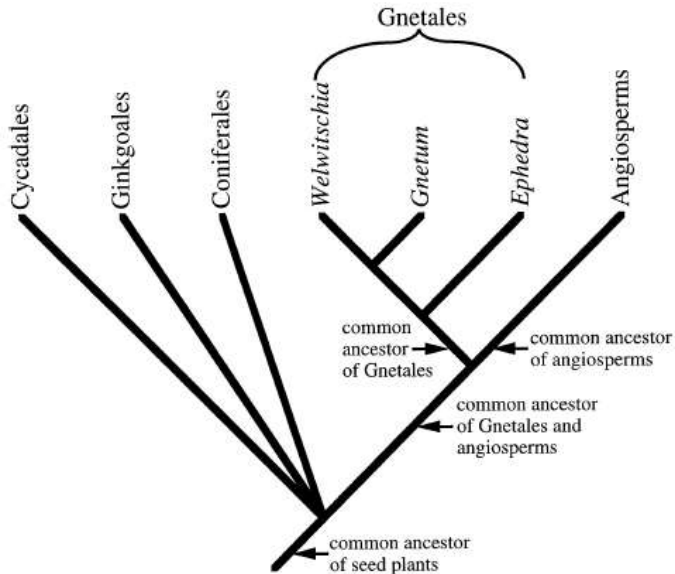
Pada tabung polen tidak hanya satu melainkan dua sel sperma hasil pembelahan mitosis bergerak menuju ovul. Ketika mencapai kantung embrio, ujung dari tabung polen membengkak sehingga menyobek kantung embrio sebagai pintu masuk sel sperma ke dalam sitoplasma kantung embrio. Setelah kedua sel sperma berhasil memasuki kantung embrio, salah satu sel sperma bergerak menuju sel telur dan menyatu sehingga membentuk zigot yang bersifat diploid ($2n$). Sedangkan sel sperma kedua bergerak menuju dua nukleus polar dan menyatu sehingga membentuk inti endosperma awal (*primary endosperm nucleus*) yang bersifat triploid ($3n$) (Tamta, 2022). Setelah fertilisasi, zigot dan inti endosperma awal berkembang masing-masing menjadi embrio dan endosperma melalui pembelahan mitosis. Biasanya embrio akan lebih dahulu berkembang sebelum embrio.

Meskipun fertilisasi ganda merupakan karakter unik pada angiosperma namun ada beberapa pengecualian. Pada beberapa anggota Orchidacea, Podostemaceae dan Trapaceae, endosperma tidak berkembang atau bisa dikatakan tidak membentuk endosperma (Tamta, 2022). Bahkan para ahli

menemukan beberapa anggota tumbuhan yang tidak menghasilkan bunga (*non-flowering plant*) memperlihatkan fertilisasi ganda. Dalam review tentang evolusi fertilisasi ganda dan endosperma, Friedman (1998) menuliskan bahwa pada divisi Gnetophyta juga terjadi fertilisasi ganda. Pada tahun 1990, fertilisasi ganda pada *Ephedra nevadensis* pertama kali dilaporkan. Namun, fertilisasi kedua pada *Ephedra* tidak menghasilkan endosperma triploid melainkan diploid melalui penyatuan sel sperma dan *ventral canal nucleus* yang sama-sama bersifat haploid. Hal tersebut tidak terjadi pada jenis gimnosperma lainnya (sikad, konifer dan *Ginkgo*) yang mana *ventral canal nucleus* tidak berkembang sehingga tidak mengalami fertilisasi kedua.

Hasil penyatuan sel sperma dan *ventral canal nucleus* disebut *supernumerary zygote* atau zigot tambahan. Baik zigot normal maupun zigot tambahan pada *Ephedra* bersifat diploid dan karena mengandung DNA yang sama maka keduanya sama-sama berkembang pada awal perkembangan biji. Namun pada perkembangan selanjutnya hanya satu zigot saja yang berkembang memenuhi biji. Sehingga embrio hidup melalui cadangan makanan yang berasal gametofit betina sama seperti pada tumbuhan gimnosperma lainnya.

Hal yang sama juga terjadi pada genus *Gnetum* (*G. gnemon*), di mana dua sel sperma membuahi dua nukleus gamet betina, namun pada akhirnya hanya salah satu embrio yang hidup dan berkembang (Friedman, 1998; Raghavan, 2003). Fertilisasi ganda yang terjadi pada gnetophyta bisa dikatakan mirip namun tidak sempurna angiosperma karena produk dari fertilisasi kedua tidak mengalami perkembangan.



Gambar 9.4. Hubungan filogenetik dari kelompok utama tumbuhan berbiji (sumber: Friedman, 1998)

Salah satu alasan mengapa fertilisasi ganda terjadi pada gnetophyta dapat terlihat dari hubungan filogenetik antara gnetophyta dan angiosperma yang dekat (gambar 11.4). Dengan demikian fertilisasi ganda (endosperma) merupakan evolusi homolog pada gimnosperma dan angiosperma dan mungkin telah berevolusi secara paralel dari nenek moyang yang sama (Raghavan, 2003).

9.4 Pertumbuhan Biji

Biji angiosperma terdiri atas tiga komponen utama yakni selaput biji (*seed coat*), embrio dan endosperma. Proses perkembangan uniseluler zigot membelah dan berdiferensiasi sehingga membentuk embrio multiseluler disebut embriogenesis. Perkembangan biji dapat terbagi atas 4 fase

yaitu fase pembelahan sel, fase perpanjangan sel, fase penambahan massa biji dan fase penurunan kandungan air (Tyagi, 2022). Setelah pembentukan embrio (fertilisasi), dilanjutkan dengan masa pembentukan struktur biji dimana pembelahan dan diferensiasi sel embrio (dan endosperma) berlangsung terus menerus. Di saat yang bersamaan sel-sel embrionik mendapatkan suplai nutrisi dari tumbuhan induk. Oleh sebab itu, pada periode ini kelembaban di dalam sel tinggi. Kelembaban sel akan menurun menjelang kematangan biji, dimana terjadi perubahan struktur membran dan peningkatan enzim sebagai persiapan untuk germinasi.

Perkembangan endosperma juga merupakan komponen penting dalam perkembangan biji. Endosperma tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan embrio, tetapi berbagai proses selular juga terjadi pada endosperma. Perkembangan endosperma terbagi atas 3 tahap utama yaitu sinsisial (*syncytial*), selularisasi (*cellularization*), diferensiasi (*differentiation*) dan kematian (*death*) (Berger, 1999; Li and Berger, 2012; Lafon-Placette and Kohler, 2014).

Pada tahapan sinsisial, nukleus triploid membelah berulang-ulang tanpa ada pembagian sel sehingga membentuk supersel multinukleat (satu supersel mengandung banyak nukleus). Pada *Arabidopsis* fase sinsisial berhenti ketika pembelahan mitosis mencapai 8 kali sehingga terdapat 200 nukleus (Li and Berger, 2012). Selanjutnya pada fase selularisasi, supersel multinukleat mengalami sitokinesis yang membagi supersel multinukleat menjadi sel individual dengan satu nukleus. Pada fase diferensiasi, sel endosperma berdiferensiasi membentuk jaringan yang berfungsi sebagai penyimpanan pati. Pada kebanyakan spesies angiosperma, sel-sel endosperma mengalami apoptosis (kematian sel) pada akhir perkembangan endosperma (Young et al., 1997). Beberapa artikel menjelaskan secara detail proses perkembangan embrio dan endosperma pada tumbuhan berbiji

(Chaudhury et al., 2001; Li and Berger, 2012; Lafon-Placette and Kohler, 2014; Kordyum and Mosyakin, 2020).

Pada *Arabidosis*, volume endosperma pada fase selurisasi menentukan ukuran akhir biji (Chaudhury et al., 2001; Li and Berger, 2012). Hal ini disebabkan pembelahan pada fase sinsisial berhubungan dengan pertumbuhan biji yang cepat dan setelah fase selularisasi pembelahan sel dapat terjadi namun dengan kecepatan yang lebih rendah pada fase sinsisial. Setelah sel endosperma mati, maka embrio bertumbuh mengisi ruang yang kosong.

Pada review yang ditulis oleh Linkies et al. (2010), jaringan endosperma tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi embrio selama perkembangan biji tetapi juga sebagai integrator yang menjembatani signal dua arah antara bagian-bagian pada biji dan induk yang disebabkan oleh imprinting. Selain itu embrio pada biji yang matang terlibat dalam pengendalian perkecambahan dengan menjadi penghalang bagi radikula yang tumbuh. Pada saat perkecambahan endosperma melemah sehingga memungkinkan bagi radikula untuk menonjol keluar ke jaringan sekitarnya. Dengan demikian pelemahan jaringan endosperma menjadi waktu penentu perkecambahan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan biji (Tyagi, 2022) antara lain:

9.4.1 Kesuburan tanah

Kandungan unsur hara makro (N, P, K) mempengaruhi ukuran biji. Hal ini dikarenakan, ukuran biji sangat dipengaruhi oleh pembelahan dan pemanjangan sel sehingga nutrisi yang mencukupi akan meningkatkan pembelahan dan pemanjangan sel.

9.4.2. Air

Kandungan air yang kurang dapat menghambat pertumbuhan biji, khususnya pada fase pembelahan sel.

9.4.3 Suhu

Suhu tinggi pada masa perkembangan biji menyebabkan biji menjadi kecil. Sedangkan suhu rendah menyebabkan kegagalan pertumbuhan biji.

9.4.4 Cahaya

Penyinaran yang merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tumbuhan. Oleh sebab itu, kekurangan Cahaya dapat menyebabkan pertumbuhan biji terhambat dan menjadi kecil.

9.4.5 Posisi biji pada tumbuhan

Pada beberapa kasus, misalnya pada jagung, biji yang terletak pada ujung tongkol lebih kecil bila dibandingkan dengan yang berada pada pangkal tongkol. Hal ini disebabkan karena distribusi fotosintat yang tidak merata.

9.5 Penutup

Tumbuhan berbiji memiliki peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Hampir seluruh produk pangan yang dikonsumsi oleh manusia seperti beras, ubi-ubian, sereal, sayur, buah-buahan dan biji-bijian berasal dari tumbuhan berbiji. Berbagai industri menggunakan produk hutan dan pertanian yang nilai ekonomisnya sangat tinggi. Siklus hidup tumbuhan berbiji memperlihatkan sejarah evolusi yang dilalui oleh tumbuhan berbiji mulai dari ratusan juta tahun yang lalu hingga saat ini yang memungkinkan manusia untuk memperoleh banyak manfaat (Rumainum, 2020). Namun masih banyak hal yang belum diketahui dan merupakan misteri bagi para ahli tentang tumbuhan berbiji. Kajian molekuler terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan berbiji terus dilakukan dan merupakan salah satu bidang yang sangat menarik untuk diikuti.

DAFTAR PUSTAKA

- Berger F, Grini PE, Schnittger A. 2006. Endosperm: an integrator of seed growth and development. *Current Opinion in Plant Biology* 9: 664–670.
- Campbell, N. A. and J. B. Reece. 2008. *Biology – Eight edition*. Jakarta: Erlangga.
- Cantino PD, Doyle JA, Graham SW, Judd WS, Olmstead RG, Soltis DE, Soltis PS, Donoghue MJ. 2007. Towards a phylogenetic nomenclature of Tracheophyta. *Taxon* 56: 822–846.
- Chaudhury, A. M., A. Koltunow, T. Payne, M. Luo, M. R. Tucker, E. S. Dennis and W. J. Peacock. 2001. Control of Early Seed Development. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 17: 667-699.
- Clark, M. A., J. Choi, M. Douglas. 2020. *Biology 2e*. Texas: OpenStax.
- Friedman, W. E. 1998. The evolution of double fertilization and endosperm: an “historical” perspective. *Sex Plant Reprod.* 11:6-16.
- Kordyum, E. L. and S. L. Mosyakin. 2020. Review endosperm of angiosperms and genomic imprinting. *Life.* 10(7): 104-123.
- Lafon-Placette, C. and C. Kohler. 2014. Embryo and endosperm, partners in seed development. *Current Opinion in Plant Biology.* 17: 64-69.
- Li, J. and F. Berger. 2012. Endosperm: food for humankind and fodder for scientific discoveries. *New Phytologist.* 195: 290-305.
- Linkies, A., K. Graeber, C. Knight, G. Leubner-Metzger. 2010. The evolution of seeds. *New Phytologist.* 186: 817-831.

- Ohto M, S. K. Floyd, R. L. Fischer, R. R. Goldberg, J. J. Harada. 2009. Effects of APETALA2 on embryo, endosperm, and seed coat development determine seed size in *Arabidopsis*. *Sexual Plant Reproduction* 22: 277– 289.
- Raghavan, V. 2003. Some reflections on double fertilization: from its discovery to the present. *New Phytologist*. 159: 565-583.
- Rumainum, I. 2020. *Pigmen pada Tumbuhan*. Yogyakarta: Nasmedia Pustaka.
- Singh, G. 2010. *Plant Systematics – An Integrated Approach*. New Hampshire: Science Publishers.
- Tamta, S. 2022. Double Fertilization, Endosperm and Embryo Development. In: *Plant Reproduction Textbook*. Nainital: Uttarakhand Open University.
- Tyagi, V. 2022. Seed and Fruit Development and Fruit Types. In: *Plant Reproduction Textbook*. Nainital: Uttarakhand Open University.
- Young T. E., D. R. Gallie, D. A. DeMason. 1997. Ethylene-mediated programmed cell death during maize endosperm development of wild-type and *shrunk2* genotypes. *Plant Physiology*. 115:737–51.

BIODATA PENULIS



Ali Makmur, S.Pt., M.Si

Dosen Program Studi Kehutanan PSDKU Gayo Lues
Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

Penulis lahir pada tanggal 29 April 1992 di Kecamatan Rikit Gaib Kabupaten Gayo Lues Provinsi Aceh, anak pertama dari empat bersaudara. Tahun 1998 penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 1 Seneren dan dilanjutkan di SMP Negeri 1 Rikit Gaib pada tahun 2004, tahun 2007 penulis melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 1 Gayo Lues dan lulus tahun 2010. Tahun 2010 melanjutkan kuliah pada Program Studi Diploma III Budidaya Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala lulus pada tahun 2013. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan S1 Jurusan Peternakan. Tahun 2015 sampai dengan tahun 2017 penulis bekerja sebagai asisten di laboratorium bahan pakan dan nutrisi ternak. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan program magister atau S2 Jurusan Kesmavet Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala dan pada tahun 2020 penulis dipercaya sebagai salah satu dosen di PSDKU Gayo Lues Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.

BIODATA PENULIS



Ashari Bagus Setiawan, S.Pd., M.Si.

Cambridge Biology Teacher for Lower and Upper Secondary
AL-WILDAN 4 ISLAMIC SCHOOL JAKARTA

Penulis lahir di Surabaya tanggal 17 Agustus 1992. Penulis merupakan pengajar tetap Biologi pada Program Cambridge International Curriculum AL-WILDAN 4 ISLAMIC SCHOOL JAKARTA. Menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Pendidikan Biologi, Jurusan Biologi di Universitas Negeri Surabaya dan melanjutkan S2 pada program studi Biologi Tumbuhan dengan minat Sistematika, departemen Biologi di IPB University. Buku ini merupakan karya ketiga dari penulis.

Setelah lulus dari IPB University, pada 2018 hingga 2020 penulis bekerja sebagai Kurator Herbarium di UPT. Laboratorium Terpadu Universitas Trunojoyo Madura. Kepakaran penulis di bidang Sistematika Tumbuhan telah dibuktikan dengan beberapa karya penelitian berupa diversitas tumbuhan asal Pulau Madura yang telah diungkapkan antara lain: ciri anatomi jenis-jenis *Eleocharis* (*Cyperaceae*), perluasan distribusi *Cleome chelidonii* dan *C. rutidosperma*, identifikasi molekuler kamandin saebo, serta catatan distribusi marga

Tarenna (*Rubiaceae*). Penulis dapat dihubungi melalui surel berikut: asharibagussetiawan@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Ite Morina Yostianti Tnunay, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Biologi

Fakultas Pertanian, Sains, dan Kesehatan, Universitas Timor

Penulis lahir di Retraen, 22 Maret 1989. Penulis menamatkan Program Sarjana pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nusa Cendana Kupang dan tamat pada tahun 2011. Penulis kemudian mengambil Program Magister pada Program Studi Biologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2015 melalui Beasiswa Magister Program Afirmasi yang diselenggarakan oleh Lembaga Pengelola Dana Pendidikan Kementerian Keuangan. Penulis kini aktif menjadi Dosen pada Program Studi Biologi, Fakultas Pertanian, Sains, dan Kesehatan, Universitas Timor, serta menjadi tutor tutorial *online* pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Terbuka.

BIODATA PENULIS



Satriani, S.Pd., M.Pd.

Dosen Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Institut Turatea Indonesia

Penulis lahir di Salassae Kab. Bulukumba tanggal 14 Maret 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan di Institut Taratea Indonesia. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Biologi di Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar dan melanjutkan S2 pada Jurusan Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Makassar.

Ini adalah karya pertama saya dalam menulis buku, semoga bermanfaat.

BIODATA PENULIS

Novita K. Indah.

Staf Dosen Jurusan Biologi Universitas Negeri Surabaya

Penulis bernama lengkap Novita K. Indah. Lahir di Surabaya sebagai anak ke 2 dari tiga bersaudara. Pendidikan S1 ditempuh di IKIP Negeri Surabaya jurusan Pendidikan Biologi dan Pendidikan S2 ditempuh di IPB Jurusan Biologi dengan spesialisasi Taksonomi Tumbuhan. Selanjutnya penulis menempuh S3 di Univ. Brawijaya dengan bidang minat Konservasi Tumbuhan. Buku ini merupakan buku ke 12. Buku karya penulis antara lain Sistematika Tumbuhan, Etnobotani, Panduan Praktikum Sistematika Tumbuhan, Fitogeografi, dua bab pada Modul UT, Panduan Eksplorasi Lapang, Panduan Tugas Proyek Etnobotani, satu bab di Amdal, Morfologi Tumbuhan, dan Manusia dan lingkungan dengan penerbit Get Press dan terakhir bab ini. Karya penelitian penulis di antaranya yaitu Jenis-jenis Tumbuhan Sebagai Bahan Penyusun Sarang Seriti (*Collocalia esculenta*) Di Jombang, Jawa Timur, Keanekaragaman Lumut Di Sekitar Ketintang Sebagai Bahan Praktikum pada Matakuliah Taksonomi Tumbuhan Rendah, Pengembangan *Botanical Clearing House* Universitas Negeri Surabaya Berbasis Website Untuk Mempromosikan Pentingnya Keanekaragaman Hayati Pada Publik, Keanekaragaman Salak

Madura ditinjau dari Variasi Morfologi dan Variasi Genetik, Keanekaragaman Kesemek, dan De-Astringency Kesemek (*Diospyros Kaki* L.) dengan Perlakuan Alkohol dan Aplikasi KOH.

BIODATA PENULIS



Muhammad Taufiq Qurrohman, S.Si., M.Sc.

Dosen Program Studi Teknologi Laboratorium Medis
Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional

Penulis Lahir pada 22 September 1985 di Sukoharjo Jawa Tengah. Telah menempuh Pendidikan S-1 di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, lulus pada tahun 2008. Kemudian Melanjutkan Pendidikan S-2 di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2012. Saat ini, berkarir sebagai dosen di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional. Memiliki pengalaman mengajar mata kuliah terkait bidang penelitian yang mencakup mikologi, parasitologi, dan biologi molekuler, sambil terus mengikuti pelatihan tambahan dalam bidang mikologi, parasitologi dan biologi molekuler untuk memperkaya pengetahuannya dalam praktik penelitian dan pengajaran.

BIODATA PENULIS



Nurlaeliana. S.Pd., M.Pd.

Dosen Program Studi Biologi
Fakultas Sains Dan Teknologi

Penulis lahir di Kabupaten Bone Tanggal 16 Agustus 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas SipaTokkong Mambo. Menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Pendidikan Biologi di Universitas Muhammadiyah Bone dan melanjutkan S2 pada Jurusan Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Makassar.

Ini adalah karya pertama saya dalam menulis buku, semoga bermanfaat.

BIODATA PENULIS



Muhammad Rifqi Hariri, S.Si., M.Si.

Peneliti Pusat Riset Biosistematika dan Evolusi
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Muhammad Rifqi Hariri merupakan staf peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Beberapa penelitian yang dilakukannya bersama kolega telah diterbitkan di beberapa jurnal nasional dan internasional yang berkaitan dengan konservasi tumbuhan, *alien flora*, identifikasi dan verifikasi jenis tumbuhan berbasis DNA barcoding, dan analisis keragaman genetik tumbuhan langka. Sebelum bekerja, penulis menyelesaikan studi sarjana di Jurusan Biologi Universitas Negeri Malang dan melanjutkan ke jenjang Magister bidang Biologi Tumbuhan di Departemen Biologi Institut Pertanian Bogor. Selain bekerja sebagai peneliti, juga aktif mengajar sebagai dosen praktisi di Universitas melalui skema team teaching maupun Praktisi Mengajar KEMDIKBUDRISTEK.

BIODATA PENULIS



Inna M. Romainum, Ph.D.,

Dosen tetap di Fakultas Pertanian Universitas Papua

Inna M. Romainum, Ph.D., lahir di Tanah Merah 24 September 1987. Dari ayah bernama Willem Romainum dan Ibu bernama Louisye Tatilu. Telah menyelesaikan studi strata satu pada Program Studi Bioproductive Science, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University di Jepang (2007-2011).

Lulus strata dua pada Program Studi yang sama (2012-2014) dan melanjutkan ke program strata tiga pada Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology di Jepang (2013-2016).

Karir dimulai sebagai dosen tetap di Fakultas Pertanian Universitas Papua (2016-sekarang). Bidang kajian yang menjadi tanggungjawab penulis di Universitas Papua ialah tanaman hortikultura dan tanaman perkebunan. Penulis telah menerbitkan buku dengan judul Pigmen Pada Tumbuhan dan menjadi penulis pada buku Teknologi Perlindungan Hama dan Penyakit Tanaman Umbi-Umbian Lokal, Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di Papua, Bioteknologi Pertanian dan Ilmu Gulma.