

BIOLOGI SMA TENTH GRADE
(Teori, Praktikum/Portofolio, Evaluasi)

Tri Putri Wahyuni
Novita Kartika Indah
A.A.Istri Mirah Dharmadewi
Fathin Hamida
Atika Anggraini
Herviani Sari
Muhammad Rifqi Hariri
Safrida
Ni Wayan Ratnadi
Yusmar Yusuf
Almira Ulimaz
I Wayan Suanda



GET PRESS INDONESIA

BIOLOGI SMA TENTH GRADE

(Teori, Praktikum/Portofolio, Evaluasi)

Penulis :

Tri Putri Wahyuni
Novita Kartika Indah
A.A.Istri Mirah Dharmadewi
Fathin Hamida
Atika Anggraini
Herviani Sari
Muhammad Rifqi Hariri
Safrida
Ni Wayan Ratnadi
Yusmar Yusuf
Almira Ulimaz
I Wayan Suanda

ISBN :

Editor : Sunarno SastroAtmodjo

Penyunting : Ari Yanto., M.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, Januari 2024

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

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Biologi SMA Tenth Grade (Teori, Praktikum/Portofolio, Evaluasi) ini.

Buku ini membahas Ruang Lingkup, Manfaat dan Kerja Ilmiah Biologi, Keanekaragaman Hayati, Virus, Monera dan Peranannya Bagi Kehidupan, Protista dan Peranannya Bagi Kehidupan, Kerajaan Tumbuhan (Kingdom Plantae), Kerajaan Hewan (Kingdom Animalia), Ekologi dan Ekosistem, Energi Terbarukan dan Bioenergi, Pencemaran Lingkungan, Bioremediasi, Perubahan Lingkungan dan yg Pemanasan Global, Pembangunan Berwawasan Lingkungan dan Berkelanjutan.

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, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 RUANG LINGKUP BIOLOGI.....	1
1.1 Pengertian Biologi.....	1
1.2 Manfaat Mempelajari Biologi.....	2
1.3 Objek Biologi.....	2
1.3.1 Ciri- ciri makhluk hidup.....	2
1.3.2 Objek biologi pada Tingkat Organisasi Kehidupan.....	6
1.4 Permasalahan Biologi.....	8
1.5 Metode Ilmiah dalam Studi Biologi.....	9
DAFTAR PUSTAKA	27
BAB 2 KEANEKARAGAMAN HAYATI	29
2.1 Pendahuluan	29
2.1.1 Definisi Kehati	29
2.1.2 Manfaat Keanekaragaman Hayati.....	29
2.1.3 Tingkat Keanekaragaman Hayati.....	30
2.1.4 Keanekaragaman Hayati Indonesia	32
2.1.5 Ancaman dan Usaha Pelestarian Keanekaragaman Hayati di Indonesia	34
2.2 Lembar Kerja Peserta Didik	37
DAFTAR PUSTAKA	71
BAB 3 VIRUS	73
3.1 Pendahuluan	73
3.2 Sejarah penemuan virus	73
3.3 Ciri-Ciri Virus.....	75
3.4 Klasifikasi Virus.....	75
3.4.1 Berdasarkan tempat hidupnya	76
3.4.2 Berdasarkan molekul penyusun asam nukleat...77	
3.4.3 Berdasarkan ada tidaknya selubung virus	78
3.5 Bentuk Virus	78
3.6 Perkembangbiakan Virus	79
3.7 Reproduksi virus	81

3.8 Peran Virus bagi Kehidupan	82
3.9 Pencegahan Terhadap Virus	83
DAFTAR PUSTAKA.....	85
BAB 4 MONERA DAN PERANANNYA BAGI	
KEHIDUPAN.....	87
4.1 Pendahuluan	87
4.2 Karakteristik Monera.....	90
4.3 Morfologi Monera	90
4.4 Struktur Sel Monera	91
4.4.1 Struktur Eksternal Sel Monera	92
4.4.2 Struktur Internal Sel Monera	96
4.5 Pertumbuhan dan Reproduksi Monera	97
4.5.1 Faktor – Faktor Pertumbuhan Monera.....	98
4.6 Taksonomi Monera	100
4.7 Klasifikasi Archaea	101
4.8 Klasifikasi Bakteri.....	103
4.9 Peran Monera bagi Kehidupan.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....	112
BAB 5 PROTISTA DAN PERANANNYA BAGI	
KEHIDUPAN.....	117
5.1 Pendahuluan	117
5.1.1 Pengamatan Keberadaan Protista	118
5.1.2 Ciri Umum Protista.....	118
5.1.3 Klasifikasi Protista.....	119
5.2 Protista Mirip Hewan dan Perannya	120
5.2.1 Filum Rhizopoda	120
5.2.2 Filum Flagellata.....	124
5.2.3 Filum Ciliata.....	125
5.2.4 Filum Sporozoa	127
5.3 Protista Mirip Jamur dan Perannya	128
5.3.1 Filum Myomycota	129
5.3.2 Filum Oomycota.....	129
5.3.3 Filum Acrasiomycota.....	130
5.4 Protista Mirip Tumbuhan dan Perannya.....	131
5.4.1 Filum Euglenophyta.....	131
5.4.2 Filum Chlorophyta.....	133
5.4.3 Filum Chrysophyta	135

5.4.4 Filum Bacillariophyta	136
5.4.5 Filum Pyrrophyta.....	136
5.4.6 Filum Phaeophyta.....	138
5.4.7 Filum Rhodophyta.....	139
5.5 Rangkuman	141
DAFTAR PUSTAKA	147
BAB 6 FUNGI (JAMUR) DAN PERANANNYA	
BAGI KEHIDUPAN	149
6.1 Pendahuluan	149
6.2 Anatomi dan Morfologi Fungi.....	150
6.2.1 Struktur Tubuh Fungi	150
6.2.2 Cara Fungi Memperoleh Makanan	152
6.3 Klasifikasi Fungi.....	153
6.3.1 Zygomycota	153
6.3.2 Ascomycota.....	155
6.3.3 Basidiomycota.....	156
6.3.4 Deuteromycota/Fungi Imperfecti	158
6.4 Perkembangbiakan Fungi	158
6.5 Mikoriza dan Lichen.....	160
6.5.1 Mikoriza	160
6.5.2 Lichen	160
6.6 Peranan Fungi Bagi Kehidupan	162
6.6.1 Peran Menguntungkan.....	162
6.6.2 Peran Merugikan.....	163
DAFTAR PUSTAKA	167
BAB 7 PLANTAE.....	169
7.1 Pendahuluan	169
7.2 Ciri Kingdom Plantae.....	170
7.3 Klasifikasi Kingdom Plantae	171
7.4 Chlorophyta.....	173
7.5 Bryophyta.....	175
7.6 Pteridophyta.....	177
7.7 Gymnospermae	179
7.8 Angiospermae	181
DAFTAR PUSTAKA	185
BAB 8 KINGDOM ANIMALIA.....	195
8.1 Pendahuluan	195

8.2 Pengenalan Kingdom Animalia	197
8.2.1 Definisi Kingdom Animalia:	197
8.2.2 Karakteristik Utama Kingdom Animalia:	197
8.2.3 Klasifikasi Kingdom Animalia	197
8.2.4 Tingkat Organisasi Hewan.....	209
8.2.5 Ekologi Hewan.....	210
8.2.6 Perlindungan dan Pelestarian Hewan:	212
DAFTAR PUSTAKA.....	213
BAB 9 EKOLOGI DAN EKOSISTEM	217
9.1 Pendahuluan	217
9.2 Ekologi	218
9.2.1 Ekologi dengan Ilmu lain.....	220
9.3 Ekosistem	223
9.3.1 Struktur Ekosistem	225
9.3.2 Energi dalam Ekosistem	228
DAFTAR PUSTAKA.....	232
BAB 10 ENERGI TERBARUKAN DAN BIOENERGI.....	233
10.1 Pendahuluan	233
10.2 Energi Terbarukan	233
10.2.1 Contoh, Peran, dan Manfaat Energi Terbarukan	234
10.2.2 Sumber dan Ciri-Ciri Energi Terbarukan.....	235
10.2.3 Dampak dari Energi Terbarukan.....	235
10.2.4 Potensi Sumber Energi Terbarukan yang Ada di Indonesia.....	236
10.3 Bioenergi.....	239
10.3.1 Peran dan Keunggulan Bioenergi.....	239
10.3.2 Biomassa Sebagai Energi Terbarukan	240
10.3.3 Produksi Bioenergi Berbasis Bioteknologi	240
10.3.4 Pengembangan Bioenergi di Indonesia	240
10.4 Jenis-Jenis Bioenergi.....	240
DAFTAR PUSTAKA.....	246
BAB 11 PENCEMARAN LINGKUNGAN, BIOREMEDIASI, PERUBAHAN LINGKUNGAN, DAN PEMANASAN GLOBAL (GLOBAL WARMING).....	249

11.1	Pendahuluan tentang Pencemaran Lingkungan, Bioremediasi, Perubahan Lingkungan dan Pemanasan Global atau Global Warming.	249
11.2	Apa Itu Pencemaran Lingkungan?	253
11.2.1	Pencemaran Air	254
11.2.2	Pencemaran Tanah	256
11.2.3	Pencemaran Udara	258
11.2.4	Pencemaran Suara	261
11.2.5	Pencemaran Radiasi	263
11.3	Apa Itu Bioremediasi?	264
11.4	Apa Itu Perubahan Lingkungan?	265
11.5	Apa Itu Pemanasan Global (<i>Global Warming</i>)?	267
11.6	Penutup	269
	DAFTAR PUSTAKA	272
	BAB 12 PEMBANGUNAN BERWAWASAN	
	LINGKUNGAN DAN BERKELANJUTAN.....	275
12.1	Pendahuluan	275
12.2	Pembangunan Berwawasan Lingkungan.....	277
12.2.1	Tujuan dan Prinsip Pembangunan Berwawasan Lingkungan	278
12.2.2	Partisipasi Masyarakat dalam Pembangunan Berwawasan Lingkungan	280
12.2.3	Pembangunan Kawasan Ekologis	281
12.2.4	Pembangunan Ekonomi Berwawasan Lingkungan.....	283
12.3	Pembangunan Berkelanjutan	284
12.3.1	Perencanaan Pembangunan Berkelanjutan.....	287
12.3.2	Analisis Dampak Lingkungan.....	288
12.4	Pertanian Organik Mendukung Pembangunan Berwawasan Lingkungan dan Berkelanjutan.....	289
12.5	Lembaran Kerja Peserta Didik (LKPD): Pencemaran Air.....	291
	DAFTAR PUSTAKA	294
	BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Hasil percobaan Eksperimen	12
Gambar 2.1.	Keanekaragaman gen	31
Gambar 2.2.	Keanekaragaman spesies.....	31
Gambar 3.1.	Struktur Tubuh Virus Bakteriofage	76
Gambar 3.2.	Macam-macam bentuk virus.....	79
Gambar 3.3.	Siklus Reproduksi Virus	82
Gambar 4.1.	(a) Lukisan minyak Antonie van Leeuwenhoek sedang duduk di laboratoriumnya sambil membawa mikroskop yang dirancangnya (tahun 1632-1723), (b) replika mikroskop lensa tunggal Antonie van Leeuwenhoek dan cara menggunakannya	89
Gambar 4.2.	Bentuk dasar sel monera	91
Gambar 4.3.	Bentuk sel monera	91
Gambar 4.4.	Anatomi struktur sel monera	91
Gambar 4.5.	Visualisasi flagel dan arkaella dibawah mikroskop elektron.	92
Gambar 4.6.	Struktur dan peran fimbria.	93
Gambar 4.7.	Pili dan Hami.....	93
Gambar 4.8.	Visualisasi kapsul pada sel bakteri dibawah mikroskop elektron	94
Gambar 4.9.	Hasil reaksi pewarnaan Gram bakteri.....	95
Gambar 4.10.	Tipe endospora bakteri berdasarkan letaknya di dalam sel.....	97
Gambar 4.11.	<i>Sulfolobus</i> tumbuh baik pada Geyser Taman Nasional <i>Yellowstone</i> (warna oranye menunjukkan pigmen karotenoid yang dihasilkan oleh archaea termofilik.....	102
Gambar 4.12.	<i>Methanobrevibacterium smithii</i> sp. Nov	102
Gambar 4.13	Flagel pada <i>Halobacterium salinarium</i>	102
Gambar 4.14.	Heterokis (ditunjuk tanda panah) pada <i>Nostoc punctatum</i>	104

Gambar 4.15. Filamen aksial (ditunjuk tanda panah) pada <i>Treponema pallidum</i>	104
Gambar 4.16. <i>Polyhydroxyalkanoates</i> (PHAs) pada Cyanobacteria.....	109
Gambar 5.1. Klasifikasi Protista	119
Gambar 5.2. Struktur Tubuh Amoeba	121
Gambar 5.3. Struktur Tubuh Amoeba Pembelahan Binner Pada Amoeba sp	122
Gambar 5.4. <i>Actinopoda</i>	123
Gambar 5.5. Endapan <i>Foraminifera</i>	123
Gambar 5.6. Struktur Tubuh <i>Trypanosoma sp</i>	124
Gambar 5.7. Struktur <i>Paramecium sp</i>	126
Gambar 5.8. Bentuk Tubuh Ciliata	127
Gambar 5.9. Siklus Hidup <i>Sporozoa</i>	128
Gambar 5.10. <i>Myxomycota</i>	129
Gambar 5.11. Reproduksi Pada <i>Acrasiomycota</i>	131
Gambar 5.12. Struktur Euglena.....	132
Gambar 6.1. Struktur tubuh Fungi.....	151
Gambar 6.2. Jenis-jenis Hifa	151
Gambar 6.3. <i>Pilobolus</i> mengarahkan sporanya ke arah cahaya.....	154
Gambar 6.4. Jamur roti <i>Rhizopus stolonifer</i>	155
Gambar 6.5. <i>Aspergillus wentii</i>	156
Gambar 6.6. (a). Jamur rak/braket merupakan organisme pengurai kayu. (b). Jamur tudung pengantin, merupakan jamur yang mengeluarkan bau seperti daging busuk.	157
Gambar 6.7. Reproduksi seksual pada <i>Zygomycota</i>	160
Gambar 6.8. Berbagai tipe talus pada lichen. A. Talus Fructiose, B. Talus Foliose, C. Talus Crustose	161
Gambar 6.9. Ergot pada tanaman gandum hitam.....	164
Gambar 7.1. Kloroplas pada tumbuhan dan bagian-bagiannya	170
Gambar 7.2. Gambaran filogeni kingdom Plantae.....	173
Gambar 7.3. Fotomikrograf beberapa jenis alga	174

Gambar 7.4. Beberapa jenis lumut.....	176
Gambar 7.5. Beberapa jenis paku	178
Gambar 7.6. Beberapa jenis Gymnospermae. a= <i>Pinus</i> , b= <i>Cycas</i> , c= <i>Ginkgo</i> , d= <i>Welwitschia</i>	180
Gambar 7.7. Beberapa jenis Angiospermae.....	182
Gambar 8.1. Phylum Porifera	198
Gambar 8.2. Filum Coelenterata.....	199
Gambar 8.3. Filum Plathyhelminthes	200
Gambar 8.4. Filum Nematelminthes.....	200
Gambar 8.5. Filum Annelida.....	201
Gambar 8.6. Filum Mollusca.....	202
Gambar 8.7. Filum Athropoda.....	203
Gambar 8.8. Filum Echinodermata	204
Gambar 8.9. Filum Pisces.....	205
Gambar 8.10. Amfhibi	205
Gambar 8.11. Reptil.....	206
Gambar 8.12. Aves	207
Gambar 8.13. Mamalia	208
Gambar 9.1. Hubungan Ekologi dan Ekosistem.....	220
Gambar 9.2. Lapisan Ekologi dan Ilmu Pengetahuan sebagai Cabang dari Biologi.....	221
Gambar 9.3. Batas Ekologi dalam Biologi.....	222
Gambar 9.4. Hubungan antara Manusia dan lingkungan dengan Aliran Materi dan Energi	229
Gambar 9.5. Rantai Makanan dan Siklus Materi.....	230
Gambar 9.6. Tingkat Trofik dalam Jaring-Jaring Makanan	230
Gambar 9.7. Aliran Energi pada Jaring-Jaring makanan.....	231
Gambar 10.1. Contoh Energi Terbarukan dan Tidak Terbarukan	234
Gambar 10.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Minahasa, Terbesar di Indonesia	236
Gambar 10.3. Turbin Kincir Angin di Sidrap, Sulawesi Selatan, Indonesia.....	237
Gambar 10.4. PLTA Kayan : Pembangkit Listrik Tenaga Air Terbesar di Indonesia.....	237

Gambar 10.5. Potensi Energi Terbarukan dan Telah di Manfaatkan di Indonesia	238
Gambar 10.6. Proses Pembuatan Biogas	241
Gambar 10.7. Proses Pembuatan Biometana (Biofuel) ..	242
Gambar 10.8. Proses Pembuatan Biodiesel	243
Gambar 10.9. Proses Pembuatan Bioethanol.....	244
Gambar 10.10. Proses Pembuatan Biohidrogen melalui Pemanfaatan Biomassa.....	245
Gambar 11.1. Pencemaran Air.....	255
Gambar 11.2. Pencemaran Tanah.....	257
Gambar 11.3. Pencemaran Udara	259
Gambar 11.4. Pencemaran Suara	261
Gambar 11.5. Pencemaran Radiasi.....	263
Gambar 11.6. Suatu Badan Air sebelum dan sesudah di Bioremediasi.....	265
Gambar 11.7. Gambaran Suatu Lingkungan yang Mengalami Perubahan	267
Gambar 11.8. Gambaran Pemanasan Global.....	269
Gambar 12.1. Tahap Partisipatif Masyarakat.....	281
Gambar 12.2. Segitiga Pembangunan Berkelanjutan	285
Gambar 12.3. Hubungan Pembangunan Berwawasan Lingkungan dengan Kehidupan Generasi Mendatang	187

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Klasifikasi virus berdasarkan jenis sel inang.....	77
Tabel 3.2. Klasifikasi Virus Berdasarkan Kandungan Materi Genetik.....	78
Tabel 4.1. Contoh spesies monera dengan ukuran selnya.....	90
Tabel 4.2. Monera berdasarkan kisaran temperatur tumbuh.....	98
Tabel 4.3. Tipe monera kaitannya dengan kebutuhan oksigen.....	99
Tabel 4.4. Kategori monera berdasarkan sumber karbon dan energi	100
Tabel 4.5. Penulisan taksonomi pada monera.....	100
Tabel 4.6. Klasifikasi archaea berdasarkan <i>Bergey's Manual of Systematic Bacteriology</i>	101
Tabel 4.7. Klasifikasi bakteri berdasarkan <i>Berge's Manual of Systematic Bacteriology</i>	103
Tabel 12.1. Pengamatan Tingkah Laku Ikan	292

BAB 1

RUANG LINGKUP BIOLOGI

Oleh Tri Putri Wahyuni

1.1 Pengertian Biologi

Biologi berasal dari bahasa Yunani, *bios*= hidup, dan *logos*= ilmu. Biologi adalah ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup (organisme) baik yang bersifat makroskopis maupun mikroskopis (Suryanto, 2017). **Organisme makroskopis** adalah organisme yang dapat dilihat dengan mata secara langsung, misalnya tumbuhan tingkat tinggi, hewan dan manusia (Purba, 2018). **Organisme mikroskopis** adalah organisme yang tidak dapat dilihat dengan mata secara langsung. Untuk melihat organisme mikroskopis, diperlukan alat bantu, misalnya lup, mikroskop cahaya dan mikroskop elektron. Contoh organisme mikroskopis, yaitu bakteri, protista, serta beberapa jenis jamur dan ganggang.

Materi ruang lingkup biologi adalah materi yang isinya mencakup tentang seluruh hal yang berhubungan dengan biologi (Dara & Titin, 2016); (Iriani & Ramadhan, 2019). Materi ruang lingkup biologi adalah ilmu yang mempelajari tentang seluruh kehidupan makhluk hidup, baik uniseluler maupun multiseluler (Selaras et al., 2019). Hal ini sesuai dengan (Fitri et al., 2021) mengatakan bahwa materi biologi merupakan materi yang banyak membahas mengenai makhluk hidup, alam sekitar, beserta gejala-gejalanya. Begitu juga dengan Azhar (2017) yang mengatakan bahwa Sains (Biologi, fisika dan kimia) merupakan ilmu yang mempelajari gejala-gejala alam, lingkungan, zat dan energi serta perubahannya, yang dirumuskan berdasarkan fakta dan data dari pengamatan secara sistematis yang dianalisis dengan metode ilmiah.

1.2 Manfaat Mempelajari Biologi

1. Memahami diri sendiri dan makhluk hidup lainya, baik tentang struktur penyusun tubuh maupun proses yang berlangsung di dalam tubuh (Solihat et al., 2022).
2. Mengetahui cara kerja alat- alat tubuh dan pengaruhnya jika tidak bekerja secara normal.
3. Mengetahui cara mencegah terjadinya kelainan/kerusakan pada fungsi kerja alat- alat tubuh.
4. Mengetahui cara penularan suatu penyakit dan cara menanggulangi penyakit tersebut.
5. Membantu peningkatan kesejahteraan hidup manusia.
6. Memiliki pengetahuan dasar untuk berbagai bidang dan profesi.

1.3 Objek Biologi

1.3.1 Ciri- ciri makhluk hidup

Adapun ciri- ciri makhluk hidup sebagai berikut (Suyitno, 2005):

1. Memerlukan nutrisi sebagai sumber energi
 - a. Semua organisme memerlukan makanan (nutrisi) untuk menghasilkan energi, membangun tubuh dan mengatur aktivitas fisiologis lainnya. Jenis makanan (zat) dan cara memperolehnya berbeda-beda tergantung jenis organismenya.
 - b. Hewan mendapatkan makanan dengan berbagai cara Tergantung pada sumber makanannya, hewan dibagi menjadi beberapa kelompok:
 - 1) Herbivora, makanan yang berasal dari tumbuhan
 - 2) Karnivora, makanan yang berasal dari hewan
 - 3) Omnivora, makanan yang berasal dari tumbuhan dan hewan.

Predasi juga terjadi pada hewan tingkat rendah. Perilaku makan antara sesama jenis ini disebut kanibalisme. Penangkapan makanan dari inang (parasit). Memakan sisa-sisa makhluk hidup, seperti hewan pemakan bangkai.

- c. Jamur dan bakteri mengambil/menyerap makanan dari organisme mati (saprofit) atau inang yang ditumbuhinya (parasit) Gaya hidup Saprotof adalah bagian dari organisme pengurai.
 - d. Tumbuhan mempunyai kemampuan menyiapkan unsur hara sendiri (autotrof) melalui fotosintesis. Zat dasar yang diserap tumbuhan adalah gas (CO_2 , O_2), garam (mineral) dan air tanah. Beberapa tumbuhan hidup sebagai parasit pada tumbuhan lain.
2. Bernapas untuk memperoleh oksigen
- a. Semua makhluk hidup bernapas untuk mendapatkan energi (kekuatan).
Energi diperoleh dari penguraian setiap zat makanan sel hidup (respirasi seluler = respirasi). Energi digunakan untuk berbagai tujuan tergantung aktivitas kehidupan. Selain menangkap energi, respirasi sel juga menghasilkan zat Limbah yang harus dibuang dari tubuh.
 - b. Secara umum, organisme melakukan respirasi seluler dengan menggunakan oksigen (respirasi aerobik). Penguraian zat makanan oleh oksigen disebut pembakaran atau oksidasi. Residu yang dihasilkan biasanya berupa: CO_2 , H_2O dan panas dikeluarkan dari tubuh. Ketika kekurangan O_2 , tubuh sering melakukan penguraian zat makanan tanpa zat asam (respirasi anaerobik). Residu yang dihasilkan adalah: asam laktat atau etanol (alkohol).
 - c. Alat Pernapasan dapat terjadi melalui paru-paru, insang, trakea, atau melalui permukaan kulit tubuh. Pada sistem pernapasan ini terjadi pertukaran gas antara lain O_2 (diserap) dan CO_2 , H_2O dan panas (dipancarkan)
3. Memiliki iritabilitas atau kemampuan untuk menanggapi rangsangan internal/eksternal

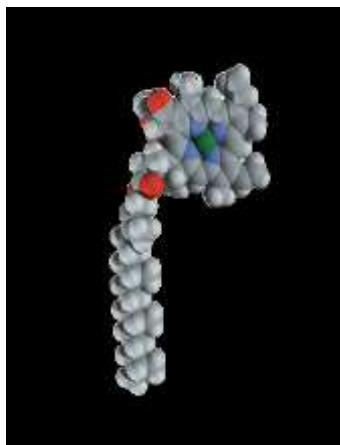
- a. Semua makhluk hidup menerima dan merespon rangsangan dari lingkungan sekitar, dengan metode dan kemampuan yang berbeda.
 - b. Hewan memiliki kemampuan untuk menerima dan lebih tanggap terhadap rangsangan dibandingkan tumbuhan karena sudah mempunyai alatnya Reseptor rangsangan berupa organ indera dan sistem saraf.
 - c. Respon terhadap rangsangan merupakan adaptasi organisme terhadap rangsangan di lingkungannya. Bentuk aktivitas sebagai respons terhadap rangsangan dapat berupa perubahan tingkah laku, fisiologi, dan morfologi luar tubuh.
4. Mampu bergerak, mengekskresikan atau membuang zat-zat sisa metabolisme dari dalam tubuh
- a. Setiap organisme berpindah, sebagian atau seluruh tubuhnya, dari satu lokasi (tempat) ke lokasi (tempat) lainnya.
 - b. Pada hewan, mobilitasnya lebih besar (aktivitasnya lebih banyak) karena dilengkapi dengan sistem muskuloskeletal (tulang dan otot) dan/atau alat tambahan untuk bergerak (anggota badan). Ada berbagai jenis penggerak pada hewan, termasuk kaki, sayap, sirip, gastropoda, bulu, vibrissae, dan pseudopoda. Sedangkan pada tumbuhan, pergerakannya lebih pasif, biasanya hanya terjadi pada bagian tubuh tertentu seperti ujung batang, akar, dan bunga.
 - c. Gerakan merupakan salah satu bentuk adaptasi terhadap rangsangan.
5. Mampu berkembang biak
- a. Semua organisme berkembang biak untuk mempertahankan/melestarikan populasinya. Reproduksi terjadi melalui perkawinan (seksual = reproduktif) dan/atau non kawin (aseksual = vegetatif).

- b. Perkawinan (fertilisasi = pembuahan) adalah bertemunya sel kelamin jantan dan betina (gamet). Pada tumbuhan, alat perkembangbiakkannya dengan cara kawin adalah biji (sperma) dan spora, sedangkan pada hewan dapat berupa telur atau fetus.
 - c. Reproduksi aseksual adalah perkembangbiakan organisme tanpa bertemu sel kelamin atau tanpa berkembangnya individu baru dari bagian tubuh induknya (vegetatif). Pada Hewan: membelah diri (pembelahan biner), memotong bagian tubuh dan bertunas.
6. Mengalami pertumbuhan
- a. Pertumbuhan adalah proses peningkatan isi atau berat jaringan tubuh yang tidak dapat diubah (*Irrreversible*). Gejala pertumbuhan dapat diukur dengan pertambahan panjang, tinggi badan atau berat badan (peningkatan biomassa tubuh).
 - b. Secara umum organisme mempunyai pola pertumbuhan sigmoid (model-s) yang terjadi dalam tiga fase, yaitu fase lambat (fase logaritmik), fase cepat-stabil (fase linier), dan fase penuaan (masa *sinescence*).
 - c. Pertumbuhan dikendalikan (dipengaruhi) oleh faktor internal (genetika, keadaan) fisiologi, status gizi, dll) dan faktor luar (lingkungan) sehingga jangka waktu dan kemampuan untuk berkembang di antara organisme yang berbeda.
 - d. Pada tumbuhan tahunan, kapasitas dan waktu pertumbuhan batang tidak terbatas, tetapi waktu pertumbuhan organ terbatas. Sedangkan tumbuhan yang hidup satu atau dua tahun mempunyai masa pertumbuhan yang terbatas.
 - e. Pada organisme yang selnya banyak, pertumbuhan disebabkan oleh peningkatan aktivitas pembelahan sel dan jaringan tubuh (mitosis). Sedangkan pada organisme bersel tunggal, pembelahan sel juga berarti bertambahnya populasi.

- f. Pada tumbuhan, zona pertumbuhan terletak di meristem dan jaringan muda lainnya. Pada hewan, pertumbuhan terjadi seluruh jaringan yang dikendalikan oleh hormon pertumbuhan, yang hanya terjadi selama periode pertumbuhan.

1.3.2 Objek biologi pada Tingkat Organisasi Kehidupan

Tingkatan organisasi kehidupan secara berurutan mulai dari yang kecil hingga yang paling besar yaitu molekul, sel, jaringan, organ, sistem organ, individu, populasi, komunitas, ekosistem, bioma, dan biosfer. Objek kajian biologi mulai dari tingkatan makhluk hidup yang paling sederhana (sangat kecil) hingga tingkatan organisasi yang paling kompleks (terbesar). Tingkat-tingkat organisasi biologis adalah tingkat biosfer, tingkat ekosistem, tingkat komunitas, tingkat populasi, tingkat organisme, tingkat organ dan sistem organ, tingkat jaringan, tingkat sel, tingkat organel, dan tingkat molekul (Campbell et al., 2008).

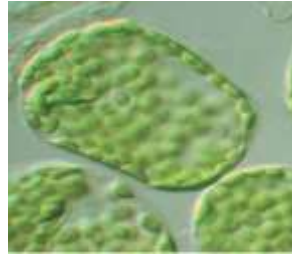


◀ Molekul

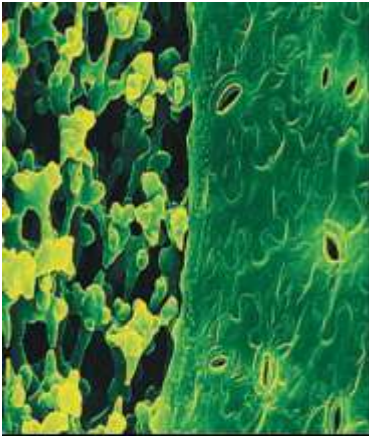
Molekul adalah sebuah struktur kimia yang terdiri dari dua atau lebih unit atom. Pada umumnya, tubuh organisme terdiri dari molekul yang tersusun dari atom karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan nitrogen (N). Jenis molekul yang ada di dalam tubuh organisme, antara lain karbohidrat, lipid (lemak), protein, dan asam nukleat.

► Sel

Sel adalah unit struktural dan fungsional penyusun tubuh makhluk hidup.



◀ Jaringan



Jaringan merupakan kumpulan sel yang memiliki bentuk yang sama dan melakukan fungsi tertentu. Contoh pada tumbuhan tingkat tinggi jaringan epidermis, parenkim, xylem, floem, spons, sklerenkim dan kambium.

Contoh jaringan pada hewan tingkat tinggi dan manusia, yaitu lemak tulang, darah, limfe (getah bening) otot, dan saraf.

► Organ dan Sistem Organ

Organ merupakan kumpulan beberapa macam jaringan yang melakukan fungsi tertentu. Contoh organ pada tumbuhan tingkat tinggi yaitu akar, batang, daun, bunga dan buah.

Sistem organ adalah kumpulan dua organ atau lebih yang bekerja sama melakukan fungsi tubuh meliputi fungsi yang dijalankan oleh beberapa organ yang dilakukan secara bersama. Contohnya sistem pencernaan, sistem peredaran darah, sistem ekskresi dan sistem pernapasan.





◀ Individu

Makhluk hidup tunggal.
Contohnya sebatang pohon kelapa, seekor semut, dan seorang manusia.



◀ Bioma dan Biosfer

Bioma adalah tipe ekosistem regional dengan komunitas serupa.

Biosfer adalah bagian bumi yang meliputi kulit bumi, air dan atmosfer tempat adanya kehidupan; meliputi kehidupan secara global.

1.4 Permasalahan Biologi

Berbagai masalah dalam bidang biologi dapat terjadi pada semua tingkatan organisasi kehidupan; mulai dari tingkatan molekul hingga tingkatan biosfer. Permasalahan biologi pada berbagai tingkat organisasi kehidupan adalah sebagai berikut.

1. Permasalahan biologi pada tingkat molekul, misalnya terjadi kelainan pada pembentukan molekul hemoglobin darah sehingga menyebabkan penyakit anemia sel sabit.
2. Permasalahan biologi pada tingkat sel, misalnya terjadinya lisis sel darah merah saat terinfeksi bakteri atau virus.
3. Permasalahan biologi pada tingkat jaringan, misalnya penyakit osteoporosis yang menyebabkan hilangnya massa

- tulang keras sehingga tulang menjadi rapuh dan mudah patah.
4. Permasalahan biologi pada tingkat organ, misalnya kelainan pada organ mata hemerolopi (rabun senja).
 5. Permasalahan biologi pada system organ, misalnya gangguan bernapas akibat terjadi penyempitan saluran napas pada penderita afiksia.
 6. Permasalahn biologi pada tingkat individu, misalnya seorang penderita AIDS (*acquired immunodeficiency syndrome*) yang mengalami gangguan system imun dan membuatnya mudah terinfeksi penyakit.
 7. Permasalahan biologi pada tingkat populasi, misalnya penyebaran AIDS dari satu orang ke orang yang lain dalam satu populasi.
 8. Permasalah biologi pada tingkat komunitas, misalnya dampak penangkapan burung secara liar terhadap kelestarian makhluk hidup lainnya dalam suatu rantai makanan.
 9. Permasalahan biologi dalam ekosistem, misalnya penggundulan hutan untuk perkebunan kelapa sawit yang mengancam habitat satwa liar di dalamnya.
 10. Permasalahan biologi dalam tingkat bioma, misalnya dampak kebakaran hutan hujan tropis.
 11. Permasalahan biologi dalam tingkat biosfer, misalnya dampak menipisnya lapisan ozon di atmosfer terhadap kehidupan makhluk hidup di bumi (Irnaningtyas, 2013).

1.5 Metode Ilmiah dalam Studi Biologi

Metode ilmiah adalah suatu cara atau sarana pemecahan masalah menurut langkah-langkah tertentu yang sistematis, logis, dan empiris. Artinya tindakan yang dilakukan harus dalam urutan yang benar, bukan terbalik. Setiap langkah yang diambil saling berhubungan atau berhubungan, dapat diterima secara logis, dan dilakukan berkali-kali. Metode ilmiah digunakan oleh para ilmuwan untuk memecahkan masalah yang dihadapinya (Rudyatmi et al., 2016).

Metode ilmiah merupakan suatu cara sistematis dalam menyelesaikan masalah dengan menggunakan langkah-langkah tertentu dan teratur. Langkah-langkah metode ilmiah adalah sebagai berikut (Rudyatmi et al., 2016); (Faqih, 2021).

1. Melakukan Observasi

Observasi meliputi pengamatan terhadap lingkungan sekitar untuk menentukan subjek yang paling cocok untuk dipelajari.

Berdasarkan cara melakukan observasi, observasi dibedakan menjadi dua bentuk sebagai berikut:

- a. Observasi partisipatif (observasi partisipan) adalah penelitian yang ikut serta secara aktif dalam kegiatan yang diamati. Tergantung pada aspek keterlibatan pengamat, aktivitas pengamat dapat dibedakan menjadi partisipasi sebagian dan partisipasi penuh.
- b. Observasi non partisipan (non partisipan observasi) artinya pengamat tidak terlibat dalam subjek.

Contoh :

FAKTOR INTERNAL	FAKTOR EKSTERNAL
1. Auksin : merangsang perpanjangan sel	1. Cahaya
2. Giberalin : mempengaruhi pembelahan sel	2. Suhu atau temperatur
3. Sitokinin : mempengaruhi pembelahan sel	3. Nutrisi
	4. Kelembapan

2. Merumuskan masalah

Masalah adalah suatu pertanyaan mengenai apa, mengapa, atau bagaimana mengenai pokok bahasan. Permasalahan yang akan kita bahas harus mempunyai batasan yang jelas. Sebaiknya masalahnya juga spesifik sehingga lebih mudah ditemukan dan dikendalikan.

Contoh :

Bagaimana pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan kecambah kacang hijau?

3. Mengkaji Teori

Dengan mencari teori-teori yang sesuai dengan penelitian yang direncanakan, mencari pemahaman dan faktor pendukung lainnya, tujuannya agar penelitian lebih fokus dan konsisten dengan teori untuk memperkuat pendeteksian.

Contoh :

Mencari Teori mengenai pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan. Cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau oleh karena itu pada percobaan ini peneliti akan melihat sejauh mana cahaya matahari mempengaruhi pertumbuhan kacang hijau dan apa yang akan terjadi pada proses pertumbuhan kacang hijau yang tidak terkena cahaya matahari atau di tempat gelap.

4. Menyusun hipotesis atau dugaan yang bersifat sementara

Hipotesis adalah gagasan atau asumsi sementara yang berkaitan dengan pemecahan suatu masalah yang diajukan dalam suatu proyek ilmiah. Hipotesis dirumuskan atau dinyatakan sebelum melakukan penelitian mendalam terhadap topik suatu proyek ilmiah. Oleh karena itu, kebenaran hipotesis tersebut perlu diuji lebih lanjut melalui penelitian, bukan berarti penelitian yang dilakukan salah.

Contoh :

- a. Pertumbuhan kecambah di kedua tempat (gelap dan terang) berbeda.
- b. Perbedaan yang paling terlihat adalah perbedaan tinggi kecambah.
- c. Kecambah yang ditanam di tempat yang gelap lebih cepat tinggi dibanding kecambah yang ditanam di tempat yang terang (cukup cahaya)
- d. Semua perbedaan itu disebabkan oleh hormon auksin dan perbedaan kadar cahaya yang diterima tiap-tiap kecambah.

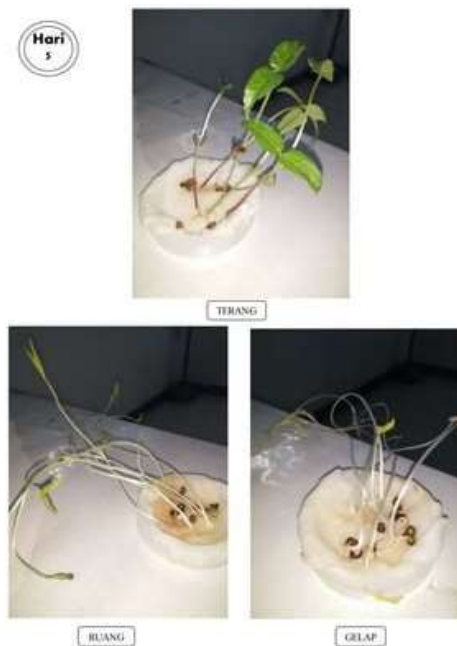
5. Melakukan percobaan untuk menguji kebenaran hipotesis
Eksperimen adalah percobaan yang dilakukan untuk menguji hipotesis yang ada. Eksperimen direncanakan sebelum dilaksanakan. Melakukan percobaan adalah suatu proses penelitian yang menghasilkan data percobaan yang akan dianalisis untuk menunjukkan fakta tentang apa yang akan dilakukan serta alat, bahan, dan langkah-langkah yang dilakukan.

Contoh :

- a. Eksperimen yang akan kami lakukan adalah dengan cara menanam 2 kecambah dengan media kapas basah yang ditempatkan di 2 pot berbeda,

A berisi kecambah yang akan diletakkan di tempat
terang

B berisi kecambah yang akan diletakkan di tempat gelap



Gambar 1.1. Hasil percobaan Eksperimen
<https://esa.animalia-life.club/pertumbuhan-tanaman-kacang-hijau>

6. Mengolah hasil percobaan (analisis data)

Data yang Ananda peroleh bisa berupa data kuantitatif (dalam bentuk numerik, misalnya ukuran, berat, panjang, luas permukaan, kandungan zat, dll) atau data kualitatif (misalnya warna, tekstur, bentuk, dll). Ananda harus menggunakan alat ukur yang sesuai dan standar untuk mendapatkan data kuantitatif yang akurat. Data yang diperoleh kemudian dianalisis, ditafsirkan dan bila perlu diuji secara statistik untuk menolak atau menerima hipotesis yang diajukan.

7. Menarik kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang telah dianalisis dan diuji untuk menerima atau menolak hipotesis yang diajukan. Hipotesis diterima apabila data yang dikumpulkan sesuai/mendukung pernyataan hipotesis. Sebaliknya jika data tidak konsisten maka hipotesis harus ditolak. Melalui kesimpulan maka terjawab rumusan masalah dari penelitian yang telah dilakukan.

Contoh :

Diperoleh hasil eksperimen kami dihasilkan data seperti berikut :

HARI KE	TEMPAT GELAP	TEMPAT TERANG
HARI KE 1	2 cm	0,8 cm
HARI KE 2	3,5 cm	2 cm
HARI KE 3	4 cm	3,5 cm

Jadi kesimpulannya :

Dari hasil pengamatan kami dapat disimpulkan bahwa, perkecambahan kacang hijau yang terjadi di tempat yang gelap mengalami pertumbuhan yang lebih cepat daripada yang terjadi di tempat yang terang (di sinari oleh matahari

langsung). Hal ini disebabkan karena hormon auksin cepat berkembang di tempat yang gelap daripada tempat terang.

8. Mengkomunikasikan hasil penelitian pada khalayak.

Memublikasikan/menyajikan hasil adalah memberitahukan kepada orang lain tentang hasil percobaan yang telah dilakukan agar orang lain mengetahui atau dapat mencobanya kembali. Publikasi hasil dapat dilakukan dengan mensintesis laporan hasil penelitian (*scientific report*), yang dimuat dalam jurnal penelitian atau surat kabar akademik.

Penerapan metode ilmiah memerlukan sikap ilmiah. Sikap ilmiah yang harus dimiliki ilmuwan adalah sebagai berikut:

1. Memiliki rasa ingin tahu
2. Jujur
3. Teliti
4. Terbuka
5. Objektif
6. Mau menerima pendapat orang lain (arif widyatmoko, 2020).

Tujuan penggunaan metode ilmiah dalam berbagai penelitian khususnya dalam bidang ilmu pengetahuan adalah sebagai berikut (Kartikawati, 2019):

1. Memperoleh pengetahuan ilmiah yang rasional dan telah teruji serta dapat dipercaya.
2. merupakan persepsi kebenaran berdasarkan pertimbangan rasional.
3. Untuk pencarian pengetahuan yang dimulai dengan mendefinisikan masalah, mengumpulkan data yang relevan, menganalisis data dan menafsirkan hasilnya, dan terakhir menarik kesimpulan.

EVALUASI I

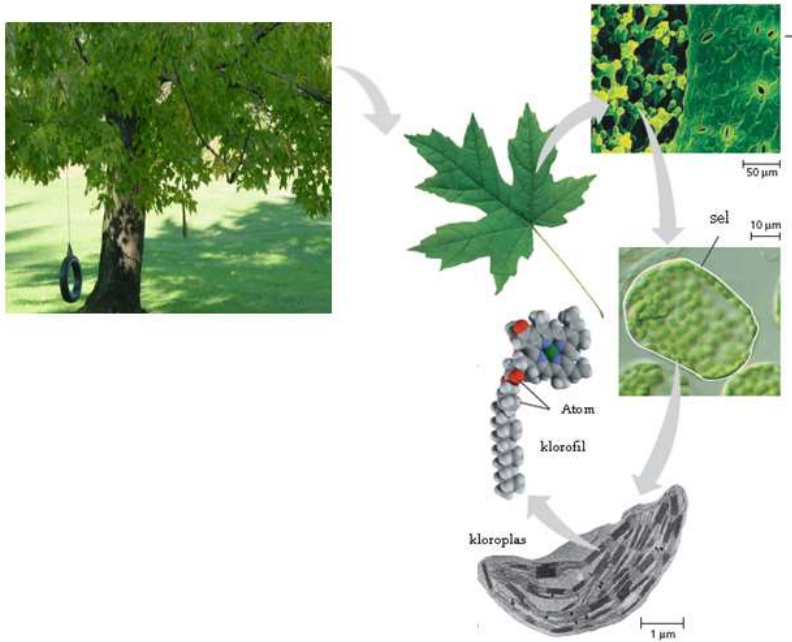
PETUNJUK KHUSUS Pengerjaan Evaluasi 1

- Petunjuk A Pilih jawaban yang paling benar (A, B, C, D, dan E)
- Petunjuk B Soal terdiri atas tiga bagian, yaitu PERNYATAAN, SEBAB, dan ALASAN yang disusun secara berurutan. Pilihlah
- (A) Jika pernyataan benar, alasan benar, keduanya menunjukkan hubungan sebab akibat
 - (B) Jika pernyataan benar, alasan benar, tetapi keduanya tidak menunjukkan hubungan sebab akibat
 - (C) Jika pernyataan benar, alasan salah
 - (D) Jika pernyataan salah, alasan benar
 - (E) Jika pernyataan dan alasan, keduanya salah
- Petunjuk C Pilihlah
- (A) Jika jawaban (1), (2), dan (3) benar
 - (B) Jika jawaban (1) dan (3) benar
 - (C) Jika jawaban (2) dan (4) benar
 - (D) Jika jawaban an (4) saja yang benar
 - (E) Jika semua jawaban benar.

Gunakan Petunjuk A

Pilihlah satu jawaban yang paling benar !

Perhatikan gambar berikut.



1. Manakah struktur tubuh dari gambar di atas yang menyatakan tingkatan organisasi kehidupan dari terbesar ke terkecil?
 - a. Batang, kloroplas, klorofil, atom
 - b. Batang, daun, klorofil, kloroplas
 - c. Pohon Mapel, daun, atom, klorofil
 - d. Pohon Mapel, daun, kloroplas, klorofil
 - e. Pohon Mapel, batang, daun, atom, klorofil

Untuk soal nomor 2 dan 3, perhatikan narasi berikut!

Telah banyak kemajuan di bidang penelitian biologi pada masa sekarang ini, karena perkembangan IPTEK. Salah satunya adalah penggunaan sel batang manusia yang berhasil memperbaiki tulang belakang tikus, sehingga tikus bisa berjalan kembali seperti semula. Penelitian ini cukup

sederhana dengan mengambil sel-sel batang dari manusia, memodifikasinya, dan mentransplantasinya dengan bahan-bahan bio dan polimer, yang bisa dimasukkan ke dalam tulang belakang. Penemuan ini merupakan harapan baru untuk menyembuhkan penyakit cedera tulang belakang.

2. Para ahli biologi ini telah fokus mempelajari makhluk hidup pada tingkat
 - a. sel
 - b. jaringan
 - c. molekul
 - d. organisme
 - e. sistem organ
3. Winda adalah seorang ahli biologi sel yang berpendapat bahwa kesembuhan tikus disebabkan oleh metabolisme tubuh yang baik.
Tindakan tepat yang dilakukan peneliti untuk membuktikan hasil penelitiannya benar adalah
 - a. Melakukan analisis data yang diperoleh selama penelitian
 - b. Melakukan modifikasi terhadap desain percobaan
 - c. Melakukan uji ulang dengan desain eksperimen yang sama pada beberapa tikus
 - d. Memperlihatkan kemampuan sel batang manusia untuk mengobati tikus
 - e. Mengumpulkan data yang mendukung hipotesis penelitian
4. Masalah lingkungan dewasa ini terasa semakin memburuk. Hal ini terjadi akibat dan dampak dari berbagai aktivitas manusia seperti sampah rumah tangga. Dampak negatif ini rupanya memancing gerakan sosial berupa penyelamatan lingkungan dengan mengelola sampah organik dan anorganik. Salah satu cara pengolahan sampah organik yang cukup efektif adalah cara pengomposan. Sampah dari limbah rumah tangga yang terdiri atas sampah sayuran, buah-buahan, plastik makanan, dan lain sebagainya, dikomposkan sampai satu bulan, tetapi sampah plastik belum membusuk. Hipotesis yang tepat dari permasalahan ini adalah

- a. Plastik merupakan sampah anorganik
 - b. Plastik merupakan sampah yang tidak dapat dibususkan
 - c. Tidak terdapat bakteri pembusuk untuk plastik
 - d. Pembusukan plastik memerlukan air
 - e. Pembusukan plastik memerlukan waktu lama
5. *Olestra* adalah jenis lemak buatan yang terbuat dari gula dan minyak sayur, sebagai zat tambahan makanan. Keripik kentang adalah produk pertama yang menggunakan *Olestra* di Amerika Serikat. Kontroversi pun timbul, beberapa orang mengeluh mengalami kram usus setelah mengonsumsi keripik tersebut dan menyimpulkan bahwa *Olestra* sebagai penyebabnya. Untuk membuktikan penyebab kram usus maka langkah-langkah percobaan yang tepat dilakukan oleh peneliti adalah

a.

Langkah metode ilmiah	Deskripsi
Rumusan masalah	Apakah <i>olestra</i> menyebabkan kram usus?
Hipotesis	<i>Olestra</i> menyebabkan kram usus
Percobaan	Kelompok kontrol: mengonsumsi keripik kentang biasa Kelompok uji: mengonsumsi keripik kentang <i>olestra</i>

b.

Langkah metode ilmiah	Deskripsi
Rumusan masalah	Bagaimana cara <i>Olestra</i> menyebabkan kram usus
Prediksi	Orang yang mengonsumsi keripik kentang yang diolah dengan <i>Olestra</i> akan mengalami kram usus
Percobaan	Kelompok kontrol: mengonsumsi keripik kentang biasa

	Kelompok uji: mengonsumsi keripik kentang <i>olestra</i>
--	--

c.

Langkah metode ilmiah	Deskripsi
Rumusan masalah	Mengapa <i>olestra</i> menyebabkan kram usus?
Hipotesis	<i>Olestra</i> adalah jenis lemak buatan sehingga berbahaya untuk dikonsumsi
Percobaan	Sekelompok orang mengonsumsi keripik kentang biasa dan keripik kentang <i>olestra</i>

d.

Langkah metode ilmiah	Deskripsi
Rumusan masalah	Apakah keripik kentang menyebabkan kram usus
Hipotesis	Keripik kentang adalah penyebab kram usus
Percobaan	Kelompok kontrol: mengonsumsi keripik kentang biasa Kelompok uji: mengonsumsi keripik kentang <i>olestra</i>

e.

Langkah metode ilmiah	Deskripsi
Rumusan masalah	Apakah yang menyebabkan kram usus?
Hipotesis	<i>Olestra</i> menyebabkan kram usus
Percobaan	Sekelompok orang mengonsumsi keripik kentang biasa dan keripik kentang <i>olestra</i>

6. Andrea dan teman-temannya melakukan sebuah penelitian yaitu mengidentifikasi faktor yang membantu kupu-kupu merak mempertahankan diri terhadap burung pemakan serangga.



Gambar Kupu-kupu merak

Dalam buku “*Biology the Unity and Diversity of Life*” di temukan hasil percobaan keefektivan bintik dan bunyi pada sayap kupu-kupu merak dalam menyingkirkan burung predator yaitu sebagai berikut.

No	Bintik sayap	Bunyi sayap	Total jumlah kupu-kupu	Jumlah kupu-kupu yang dimakan	Jumlah kupu-kupu yang bertahan hidup
1	Memiliki bintik	berbunyi	9	0	9 (100%)
2	Memiliki bintik	Tidak berbunyi	8	0	8 (100%)
3	Tidak memiliki bintik	berbunyi	10	5	5 (50%)
4	Tidak memiliki bintik	Tidak berbunyi	10	8	2 (20%)

Pendapat yang paling benar terkait dengan keefektifan perilaku sayap yang berbintik atau bunyi sayap dalam menyingkirkan burung predator sesuai tabel di atas adalah

.....

- a. Dinda berpendapat bahwa sayap yang berbintik dan sayap berbunyi sama-sama tidak mempengaruhi pertahanan kupu-kupu karena sayap pada kupu-kupu yang tidak berbintik dan sayap berbunyi mencapai setengahnya untuk bertahan hidup
- b. Andini berpendapat bahwa bintik dan bunyi sayap tidak berpengaruh, karena persentase sayap kupu-kupu yang tidak berbintik dan sayap tidak berbunyi tidak mencapai seperempatnya yang mampu bertahan hidup
- c. Serli berpendapat bahwa faktor yang paling efektif membantu kupu-kupu bertahan hidup dari burung predator adalah sayap berbintik dengan berbunyi atau pun tidak berbunyi dengan seluruh kupu-kupu mampu bertahan hidup
- d. Dendi berpendapat bahwa faktor bintik sayap dan bunyi sayap sama-sama efektif karena seluruh kupu-kupu mampu bertahan hidup
- e. Andrea berpendapat bahwa yang faktor bintik dan bunyi pada sayap sama-sama efektif karena bintik dan bunyi bising pada sayap dapat mengusir burung predator.

Perhatikan hasil percobaan di bawah ini!

Bima melakukan percobaan untuk menghitung kecepatan respirasi pada ikan. Dari percobaan tersebut didapatkan hasil seperti tabel dibawah ini.

Tabel Perbandingan Kecepatan Respirasi Ikan

Suhu	Kecepatan Respirasi		
	Ikan kecil	Ikan sedang	Ikan besar
26°C	2,8	2,66	3
19°C	0,09	0,27	0,95
38°C	2,51	2,4	2,98

7. Simpulan yang tepat berdasarkan hasil percobaan Bima diatas adalah
- a. suhu sangat berpengaruh terhadap kecepatan respirasi pada ikan
 - b. tinggi rendahnya suhu sebanding dengan kecepatan respirasi ikan
 - c. kecepatan respirasi ikan yang paling tinggi terjadi pada suhu normal
 - d. ukuran besar kecilnya ikan sebanding dengan kecepatan respirasi ikan
 - e. ukuran tubuh ikan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kecepatan respirasi ikan

Untuk menjawab soal nomor 8 dan 9, perhatikan wacana di bawah ini!

Kebiasaan merokok dalam jangka waktu yang lama dapat menurunkan pH saliva yang menyebabkan karies pada gigi. Karies gigi pada perokok 4,3 kali lebih banyak dibandingkan bukan perokok. Permen karet xylitol dapat digunakan perokok untuk merangsang sekresi saliva, meningkatkan pH plak dan saliva.

Untuk mengetahui lamanya permen xylitol dapat meningkatkan dan mempertahankan pH saliva perokok dilakukan percobaan pada 5 kelompok perokok.

8. Rancangan percobaan di bawah ini yang sesuai dengan permasalahan di atas?
- a. semua kelompok mengunyah permen karet xylitol selama 5 menit, kecuali bagi yang tidak memiliki karies gigi
 - b. semua kelompok dihitung lamanya ketahanan xylitol selama 1 jam setelah 5 menit mengunyah permen
 - c. setiap anggota kelompok memilih sendiri lamanya mengunyah permen karet xylitol dan dihitung ketahanannya setiap jam
 - d. setiap kelompok diberi variasi waktu pengukuran ketahanan xylitol setelah 5 menit mengunyah permen

- e. setiap anggota kelompok memilih lama pengukuran ketahanan xylitol setelah 5 menit mengunyah permen karet

Untuk menjawab soal nomor 9-12 gunakan Petunjuk B

9. *Amoeba sp* tidak dapat membentuk populasi.

SEBAB

Populasi terdiri dari semua organisme yang tersusun atas sel, jaringan, organ, dan sistem organ dari satu spesies yang berinteraksi dan hidup di wilayah tertentu.

10. Suatu percobaan yang baik harus memiliki variabel kontrol.

SEBAB

Percobaan yang terkontrol menghasilkan pengaturan lingkungan sesuai dengan membatalkan efek-efek dari variabel yang tidak diinginkan.

11. Setiap pengamatan dengan metode observasi baik dengan variabel bebas harus dilakukan pada objek yang berbeda tetapi memiliki karakteristik yang sama.

SEBAB

Perlakuan tersebut bertujuan agar diperoleh variabel terikat yang optimal.

12. Penemuan fosil di dekat Taman Nasional Kakadu menunjukkan manusia berhasil mencapai daratan Australia setidaknya 65.000 tahun yang lalu yakni 18.000 tahun lebih awal dari perkiraan pertama, sehingga penemuan ini dapat di jadikan salah satu bukti bahwa sains merupakan ilmu yang akumulatif.

SEBAB

Temuan ini membantu mendefinisikan kembali saat spesies manusia pertama kali meninggalkan Afrika, serta menegaskan keturunan orang pertama yang ditinggal di Australia adalah warga Aborigin Australia modern.

Untuk menjawab soal nomor 13-15 gunakan Petunjuk C

13. Berbagai permasalahan dalam bidang biologi dapat terjadi pada semua tingkatan organisasi kehidupan. Manakah diantara permasalahan berikut yang mengkaji tingkat organisasi kehidupan yang paling terkecil

- a. Penyumbatan dan pecah pembuluh darah dalam otak sehingga mengganggu pada saraf dan membuat otak menjadi rusak sehingga menyebabkan penyakit *parkinson*.
- b. Tubuh tidak mampu membentuk enzim yang diperlukan untuk merubah asam amino tirosin menjadi beta-3,4-dihidroksipheylalanin untuk selanjutnya diubah menjadi pigmen melanin, sehingga menyebabkan *albino*.
- c. Ketidakseimbangan sel sel kimia dalam otak sehingga otak kesulitan untuk membedakan sesuatu yang nyata dan tidak nyata dan selalu berhalusinasi yang menyebabkan penyakit *skizofenia*.
- d. Tidak adanya protein yang membantu transport ion klorida melalui membran plasma, sehingga dihasilkan banyak lendir yang mempengaruhi pankreas, saluran pernapasan, kelenjar keringat dan lain lain, yang menyebabkan penyakit ***Fibrosis Kistik***.

14. Permasalahan yang timbul pada suatu tingkat organisasi kehidupan dapat saling mempengaruhi dan berkaitan dengan tingkat organisasi kehidupan lainnya. Permasalahan dalam bidang biologi dapat terjadi pada semua tingkatan organisasi kehidupan, mulai dari tingkat molekul hingga tingkat biosfer. Berikut adalah permasalahan biologi pada tingkat populasi

- a. Perburuan liar dan hilangnya habitat menyebabkan penurunan jumlah harimau Sumatera. Pada saat ini lebih kurang hanya 3.000 ekor dari beberapa tahun lalu mencapai 10.000 ekor.
- b. Penangkapan ikan dengan bahan peledak, bahan beracun, serta berbagai macam alat tangkap dapat merusak dan membahayakan koloni terumbu karang.

- c. Tuna sirip biru di perairan Indonesia mulai sedikit bahkan terancam punah. Data dari perikanan Samudera Besar yang melakukan penangkapan ikan tuna di Samudera Indonesia menunjukkan penurunan *hook rate* (jumlah ikan tertangkap per seratus mata pancing) dari koefisien 2,2 pada tahun 1977 menjadi sekitar 0,3 pada tahun 2010 hingga saat ini.
- d. Menteri lingkungan hidup dan kehutanan mengatakan pencemaran limbah organik di Danau Toba sudah sangat memprihatinkan. Pencemaran ini ditandai dengan adanya 5.600 keramba apung yang menghasilkan limbah organik yang tinggi. Pemanfaatan ilmu biologi diperlukan untuk menyelesaikan kasus atau masalah dalam kehidupan manusia.

15. Berikut ini adalah pernyataan yang merupakan permasalahan biologi pada tingkat ekosistem adalah.....

- a. Perikanan KJA, menimbulkan kerusakan pada biota akuatik dan perikanan di danau Maninjau. Usaha dan kepedulian masyarakat sangat dibutuhkan untuk menanggulangi permasalahan ini.
- b. Perburuan dan pengundulan hutan di Kalimantan menyebabkan lebih dari 100.000 orang utan dalam 16 tahun terakhir mati. Kemerosotan jumlah orang utan ini harus dicegah dengan melindungi dan memelihara hutan, serta penghentian pembantaian hutan.
- c. Pembukaan lahan di hutan lindung Kabupaten Pesisir Selatan mengakibatkan kepunahan berbagai jenis kayu dan berbagai satwa lainnya. Pembukaan lahan ini bertujuan untuk menanam tanaman gambir. Masyarakat sangat kecewa terhadap oknum yang melakukan pembukaan lahan ini, dan meminta pemerintah untuk menangani permasalahan ini.
- d. Kebakaran hutanyang tidak terkontrol dan penggunaan lahan yang berlebihan, serta banyak pohon tua yang ditebang, menyebabkan kumbang *Saprollyx sp* terancam punah. Kumbang sangat penting untuk menjaga

keseimbangan ekosistem, seperti kumbang *Saprolyx sp* ini berperan dalam pembusukan dan daur ulang nutrisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif Widyatmoko. 2020. *Mengenal Laboratorium Biologi* (p. 8).
- Azhar, A. 2017. Manusia Dan Sains Dalam Perspektif Al-QurânTMan. *Lantanida Journal*, 4(1), 72. <https://doi.org/10.22373/lj.v4i1.1869>
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. 2008. Biology. In *Biology*.
- Dara, E. N., & Titin. 2016. Pada materi ruang lingkup biologi kelas X SMA. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 7(1), 45–56.
- Faqih, A. A. 2021. Pengaruh Cahaya Matahari Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau. *Prosiding SEMNAS BIO 2021*, 1, 587–592. <http://alfiyanfaqih.blogspot.com/2011/08/pengaruh-cahaya-matahari-terhadap.html>
- Fitri, R., Syofyati, N., & Alberida, H. 2021. Undertanding ' s Analysis the Concept of Classification of Living Organism for Student ' s Class VII at SMPN 8 Padang Analisis Pemahaman Konsep Klasifikasi Makhluk Hidup Peserta Didik. *Bioeducation*, 5(2), 68–76.
- Iriani, T., & Ramadhan, M. A. 2019. *PERENCANAAN PEMBELAJARAN UNTUK KEJURUAN Edisi pertama*. Prenada Media Group.
- Irnaningtyas. 2013. *Biologi*.
- Kartikawati, E. 2019. Analisis kemampuan Metode Ilmiah dalam membuat laporan penelitian mahasiswa pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka. *Syntax Literate : Jurnal Ilmiah Indonesia*, 4(10), 27–33.
- Purba, L. F. 2018. Direktorat Pembinaan Sma. *E-Modul Biologi Kelas X*, 7694140, 0–2.
- Rudyatmi, D. E., Si, M Peniati, D. E., & Setiati. 2016. *Sumber Belajar Penunjang Plpg 2016 Bab li Metode Ilmiah*.

- Selaras, G. H., Ahda, Y., Alberida, H., & Wahyuni, T. P. 2019. The Validity and Reliability of The Instrument Assessment of Higher Order Thinking Skill on The Biological Scope Materials. *Bioeducation Journal*, 3(2), 151–158. <https://doi.org/10.24036/bioedu.v3i2.242>
- Solihat, R., Rustandi, E., Herpiandi, W., & Nursani, Z. 2022. *BIOLOGI SMP SMA/MA Kelas XI*. <https://buku.kemdikbud.go.id>
- Suryanto, A. 2017. Biologi dan Metode Ilmiah. *Biologi Dan Metode Ilmiah*, 1–41. <https://pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/PEBI4101-M1.pdf>
- suyitno. 2005. *MATERI POKOK: CIRI-CIRI MAKHLUK 1 Oleh : Drs. Suyitno Al. MS 2 TUJUAN PEMBELAJARAN*. 1-23. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

BAB 2

KEANEKARAGAMAN HAYATI

Oleh Novita Kartika Indah

2.1 Pendahuluan

Tumbuhan berbunga Indonesia sekitar 27.500 spesies dan ini berarti merupakan wilayah dengan biodiversitas sangat tinggi. Misalnya, famili palem (*Arecaceae*) di Indonesia menempati urutan pertama di dunia, karena memiliki lebih dari 477 spesies dan 255 di antaranya endemik (Widyatmoko, 2018). Indonesia menjadi wilayah paling kaya di dunia serta merupakan pusat biodiversitas buah: 24 dari 35 spesies mangga dunia, dan 3.600 varietas pisang dari 76 jenis pisang dunia (Widyatmoko, 2018). Keanekaragaman hayati ini dapat dikelola dan dimanfaatkan bagi kesejahteraan masyarakat dan mencapai pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

2.1.1 Definisi Kehati

Keanekaragaman hayati merupakan satu frase dengan dua kata yang digunakan. Pertama, keanekaragaman dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti hal atau keadaan beraneka ragam. Istilah kedua adalah hayati, yang merupakan kata yang berhubungan mengenai hidup.

Jadi, kehati dapat diartikan sebagai keanekaragaman makhluk hidup yang terjadi akibat adanya perbedaan bentuk, ukuran, warna, jumlah, tekstur, atau penampilan morfologi dan juga sifatnya yang meliputi jumlah atau frekuensi dari ekosistem, spesies, dan gen di suatu tempat.

2.1.2 Manfaat Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati sangat bermanfaat dan berperan bagi kehidupan di bumi. Manfaat dan peran keanekaragaman hayati di antara adalah:

1. Menjaga stabilitas iklim.
2. Menjaga kestabilan siklus air.
3. Menjaga kestabilan siklus nutrisi dan sumber pangan, papan, dan sandang.
4. Menyediakan bahan baku obat.
5. Menjadi tempat rekreasi dan pariwisata.
6. Menjadi tempat pendidikan bagi manusia.
7. Lingkungan berkualitas
8. Pelestarian cagar budaya.
9. Penghasil kekayaan alam yang non/dapat diperbarui.
10. Pemenuhan spiritual .

2.1.3 Tingkat Keanekaragaman Hayati

Faktor yang menyebabkan adanya kehati meliputi, gen dan faktor lingkungan. Keanekaragaman hayati merupakan materi yang membentuk ekosistem di muka bumi juga memiliki fungsi yang sangat penting bagi keberlangsungan segala aspek seperti ekonomi, sosial, ekologis serta budaya.

Keanekaragaman terjadi dalam berbagai tingkat kehidupan, dari organisme tingkat rendah hingga organisme tingkat tinggi, dari tingkat individu hingga tingkat kelompok yang lebih kompleks (Siboro, 2019). Tingkat dalam kehati yaitu

1. Keanekaragaman gen, merupakan perbedaan yang ditemui pada makhluk hidup dalam satu spesies (Carlen *et al.*, 2015) karena gen pembawa sifat yang berada dalam kromosom yang berperan dalam mengendalikan sifat setiap organisme.

Setiap susunan gen yang berbeda mengakibatkan karakter morfologi, anatomi, ataupun fisiologi, berbeda pada setiap organisme atau dengan kata lain variasi dalam gen dapat berakibat fenotipe maupun genotipe setiap makhluk hidup tidak sama.

Variasi dapat terjadi karena adanya perkawinan. Selain itu, juga disebabkan oleh interaksi gen dengan lingkungan di sekitarnya. Keanekaragaman gen mengakibatkan terjadinya variasi di antara setiap individu sejenis yang kontinu. Misalnya keragaman gen pada kucing kampung (Gambar 2.1),

kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis*), keanekaragaman durian (*Durio zibethinus*).



Gambar 2.1. Keanekaragaman gen

2. Keanekaragaman spesies atau jenis yang artinya keanekaragaman organisme yang menempati ekosistem tertentu baik di darat maupun perairan. Keanekaragaman spesies lebih mudah diamati sebab memiliki perbedaan yang sangat unik. Contoh keanekaragaman spesies salah satunya adalah tanaman kamboja (*Plumeria*), tanaman keluarga Solanaceae atau terong-terongan seperti cabai, tomat, dan terong.



Gambar 2.2. Keanekaragaman spesies

3. Keanekaragaman ekosistem adalah keanekaragaman bentang alam baik daratan dan perairan dan makhluk hidup yang bertempat tinggal di dalamnya dapat berinteraksi untuk membentuk keterkaitan dalam lingkungan fisiknya abiotic dan biotik.

Komponen biotik meliputi berbagai spesies dari bersel satu sampai bersel banyak. Komponen abiotik misalnya iklim, cahaya, dan kelembabanyang dikenal dengan faktor

fisik. Selanjutnya, adanya faktor kimia misalnya kadar garam, pH, dan kandungan mineral.

Komponen biotik dan abiotik bervariasi atau interaksi antara keduanya dapat pula terjadi variasi. Selain itu, hubungan timbal balik antar komponen dapat menimbulkan keserasian dan keseimbangan hidup dalam ekosistem.

2.1.4 Keanekaragaman Hayati Indonesia

Kekayaan hidup di bumi, jutaan tumbuhan, hewan dan mikroorganisma, genetika yang dikandungnya, dan ekosistem yang dibangunnya menjadi lingkungan hidup merupakan definisi lain dari keanekaragaman hayati (Supriatna. 2008). Negara kita Indonesia terkenal dengan julukan negara *megabiodiversity* artinya Indonesia merupakan salah satu pusat keanekaragaman hayati dunia.

Keanekaragaman hayati yang sangat tinggi menjadi dapat bermanfaat dan modal dasar pembangunan nasional yang berkelanjutan, bermakna serta menjadi paru-paru dunia yang dibutuhkan baik saat ini maupun pada masa mendatang. Keanekaragaman hayati juga dapat diperbaharui untuk menunjang kehidupan.

Sektor ekonomi juga bergantung pada keanekaragaman flora dan fauna, serta sumber daya alam lain. Akan tetapi keanekaragaman hayati perlu dikonservasi oleh seluruh rakyat Indonesia.

Indonesia terletak pada tiga wilayah biogeografi yaitu Sundaland, Wallace, dan bagian dari benua Asia, Papua merupakan bagian Australia, terakhir wilayah Wallace merupakan kawasan perantara. Indonesia merupakan negara tropika, terletak antara 60° 04' 30" lintang utara dengan 110° 00' 36" lintang selatan dan antara 94° 58' 21" dengan 141° 01' 10" bujur timur.

Oleh karena itu, maka keadaan flora dan faunanya merupakan bagian dari benua dan juga peralihan dari ke dua benua tersebut. Selain itu, memiliki ribuan pulau dan Indonesia terletak di kawasan tropika.

Wilayah daratan terdiri kurang lebih 18.304 pulau dan yang telah tercatat di PBB sebanyak 16.056 pulau. Wilayah perairan Nusantara yaitu 3.110.000 km² dan garis pantai sepanjang 108.000 km (<https://kkp.go.id/>, 2019).

Berdasarkan data di atas, keberadaan Indonesia menyebabkan keanekaragaman ekosistem juga tinggi. Berdasarkan data yang dihimpun LIPI pada tahun 2015, Indonesia memiliki sekitar 74 tipe ekosistem alami yang khas, mulai dari ekosistem laut dalam, laut dangkal, pantai, termasuk padang lamun dan mangrove, ekosistem dataran rendah, seperti hutan kerangas, gambut, danau, hutan dataran rendah, hutan pegunungan tinggi, subalpin hingga alpin (Setiawan, 2022). Nusantara juga mempunyai ekosistem buatan seperti sawah, tegalan, pekarangan, kebun, dan tambak. Setiap tempat dihuni berbagai spesies hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme, sehingga keanekaragaman jenis negara ini tinggi.

Keanaekaragaman negara ini berada pada nomor urut 2 (*National Geographic Indonesia*, 2019), setelah Brazil, dan jika ditambahkan dengan keanekaragaman hayati lautan, maka Indonesia menjadi negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia. Para peneliti berhasil mengobservasi dan mengidentifikasi 31.750 jenis tumbuhan di antaranya 25.000 tumbuhan berbunga (Retnowati dan Rugayah, 2019).

Tumbuhan tersebut sekitar 7.000 berguna sebagai bahan baku obat, sedangkan untuk fauna, Indonesia 115 jenis mamalia, 1.500 burung, 600 reptil, dan 270 amphihi. Indonesia juga memiliki keanekaragaman ikan yang tinggi (Lasabuda, 2013). Untuk Binatang endemik terdapat terdapat 97 ikan terumbu karang serta 1.400 ikan air tawar (IUCN, 2020; dan Kemen LHK dan LIPI, 2019).

Akan tetapi, Indonesia berada pada urutan keenam sebagai bangsa dengan kepunahan keanekaragaman hayati terbanyak tepatnya dari 20 negara yang jenis alamiahnya terancam, maka Indonesia menduduki posisi ke-5 (Sutarno dan Setyawan, 2015). Oleh karena itu, agar dapat mengurangi kecepatan penurunan keanekaragaman hayati maka perlu

melakukan dan mengelola usaha pelestarian baik insitu maupun *ex situ*.

2.1.5 Ancaman dan Usaha Pelestarian Keanekaragaman Hayati di Indonesia

Indonesia diakui juga sebagai bangsa dengan penurunan banyak keanekaragaman dengan menempati urutan kedua. Spesies yang terancam punah sebanyak 583 dengan urutan keterancam mamalia dengan 191 dan burung 160 spesies (Setiawan, 2022).

Sebelumnya, pada tahun 2012 ProFauna Indonesia (2012) melaporkan bahwa status spesies yaitu 68 genting, 69 terancam punah, dan 517 rentan, dan banyak hewan liar ini akan punah jika tidak ada tindakan penyelamatan. Kepunahan suatu spesies dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.

Laju kepunahan dinyatakan dalam persentase atau jumlah spesies yang punah dalam periode tertentu (misalnya satu tahun). Beberapa kepunahan antara lain 1) Kepunahan massal yaitu kepunahan pada banyak spesies dalam periode waktu yang singkat disebut kepunahan massal; 2) kepunahan biologis, dikelompokkan menjadi dua yaitu kepunahan spesies genting/sangat terancam (*endangered species*) dan spesies terancam (*threatened species*).

Spesies genting merupakan spesies liar yang saat ini jumlah individu hidup sangat sedikit sehingga diperkirakan segera punah di habitatnya. Spesies rentan (*threatened species*) disebut juga *vulnerable species* merupakan spesies liar yang masih tersisa dalam jumlah cukup saat ini, namun ada kemungkinan akan punah di masa akan datang, disebabkan jumlahnya yang semakin menurun.

Salah satu penyebab meningkatnya laju kepunahan yaitu berkembang pesatnya populasi manusia sehingga mengkomsumsi sumberdaya alam dalam jumlah yang besar, dan perluasan tapak ekologi. Aktivitas manusia telah mencemari hampir setengah air yang menutupi 71% permukaan bumi.

Gangguan dan ancaman kepunahan hewan dan tumbuhan terbagi dua, yaitu bersifat langsung dan tidak

langsung. Gangguan langsung artinya menyebabkan kematian terhadap flora atau fauna. Contohnya pengambilan sejumlah individu pada jenis tertentu, untuk makan maupun diperjualbelikan.

Permasalahan yang berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia merupakan gangguan bersifat tak langsung, misalnya pengurangan lahan hutan yang digunakan untuk keperluan manusia seperti pembuatan ibukota baru, pemukiman, pertanian, kehutanan, industri, dan pertambangan 2) kegiatan pertanian secara monokultur menyebabkan terjadinya penurunan keanekaragaman hayati, 3) perburuan liar serta 4) penyusutan mutu lingkungan, sebagai contoh pemakaian pupuk pestisida yang berlebihan.

Pengurangan area hutan dapat berakibat pada penyusutan keanekaragaman hayati tingkat habitat. Jika habitat spesies rusak, maka dapat menyebabkan spesies mati bahkan dapat punah.

Pemerintah telah melakukan tindakan untuk melestarikan keanekaragaman hayati, namun juga masih memperoleh manfaat dari keanekaragaman hayati tersebut. Tindakan pemerintah yaitu kegiatan konservasi di habitat aslinya di lokasi (*in situ*) dan di luar kawasan (*ex situ*)(Setiawan, 2022).

Pelestarian adalah upaya, langkah, dan metode pengelolaan dan penggunaan biosfer secara bijaksana agar memperoleh keuntungan terbesar secara lestari untuk generasi sekarang dengan tetap terpelihara potensi untuk memenuhi kebutuhan dan aspirasi yang akan datang. Berdasarkan UU No 5 1990 mengenai konservasi sumberdaya hayati dan ekosistemnya, meliputi 1) perlindungan sistem penyangga kehidupan, 2) pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta habitatnya, dan 3) pemanfaatan secara lestari spesies dan ekosistemnya.

Upaya pelestarian sudah dimulai sejak zaman penjajahan Belanda. Kemudian beberapa waktu sebelum Kemerdekaan yaitu pada tahun 1912 berdiri suatu Perkumpulan Perlindungan Alam yang bernama "Netherlandsh Indische Vereeniging Tot

Natuur Bescherming” yang mempunyai tugas pokok dan fungsi untuk ”melindungi alam Indonesia dari kerusakan”. Diusulkan 12 lokasi sebagai Cagar Alam yaitu beberapa danau di Banten, Pulau Krakatau, dan Pulau Panaitan, laut Pasir Bromo, Pulau Nusa Barung, Semenanjung Purwo dan Kawah Ijen. (KSDAE, 2018).

Konservasi saat ini dipayungi oleh UU No. 5/1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Tantangan konservasi di masa yang akan datang yaitu mengefektifkan usaha pemanfaatan secara berkelanjutan spesies yang dilindungi sehingga tidak mengalami kepunahan.

Usaha dilaksanakan yaitu memperbanyak dan pengembangan Lembaga konservasi. Selain itu perbanyak hewan kemudian pelepasan ke alam liar terutama spesies yang terancam punah, seperti penyu di Sukamade, Jawa Timur.

Tantangan lain yaitu *bioprospekting* artinya potensi pemanfaat keanekaragaman hayati yang tinggi. Indonesia mempunyai sekitar 30.000 spesies tumbuhan hutan tropis dan 9.600 jenis tumbuhan berkhasiat obat. Akan tetapi baru hanya 200 spesies yang telah digunakan sebagai bahan baku industri obat (Susidarti, 2017).

Untuk menghentikan dan mengelola kepunahan dicetuskan Komisi Kelangsungan Hidup Spesies IUCN (SSC IUCN) tentang pengelolaan penangkaran, atau *ex situ*. Komisi ini memiliki peran potensial dalam pemulihan spesies dengan menghasilkan pedoman untuk membantu dalam mengidentifikasi waktu pengelolaan *ex situ* dapat berkontribusi pada pemulihan spesies pada tahun 2002. Kendala pada program pemuliaan, pengembangan teknik dan pendekatan baru, dan pendekatan perencanaan strategis untuk konservasi spesies.

Lima langkah proses pengelolaan kepunahan yaitu: 1) menyusun tinjauan status; 2) menentukan peran yang mungkin dimainkan oleh manajemen *ex situ*; 3) menentukan sifat yang tepat dari populasi *ex situ* untuk memenuhi peran yang teridentifikasi; 4) menentukan sumber daya dan keahlian, dan menilai kelayakan dan risiko; dan 5) membuat keputusan yang

diinformasikan berdasarkan analisis di atas dan transparan. Pedoman ini merupakan proses obyektif untuk mempertimbangkan peran pengelolaan *ex situ* dalam konservasi spesies.

Konservasi *ex situ* adalah proses konservasi flora dan fauna yang dilakukan di luar pada habitat serta ekosistem aslinya. Contohnya 1) taman safari, yaitu tempat pariwisata yang berwawasan lingkungan dan berorientasi pada fauna di alam aslinya; 2) kebun binatang, yaitu tempat wisata yang berorientasi pada fauna dan dipelihara dalam lingkungan buatan.

Kebalikan dari *ex situ* adalah *in situ* diperuntukkan perlindungan populasi dan komunitas alami. Contohnya Suaka Margasatwa, yaitu kawasan hutan suaka alam yang memiliki keanekaragaman satwa untuk dilindungi. Contohnya 1) cagar alam, yaitu kawasan suaka alam yang memiliki keindahan alam yang natural untuk melindungi flora dan fauna serta ekosistemnya; 2) hutan lindung, yaitu kawasan hutan melakukan konservasi; 3) taman nasional, yaitu kawasan konservasi dengan ekosistem natural dan dikelola untuk tujuan riset, ilmu pengetahuan, kultur, dan pariwisata seperti Taman Nasional Bromo Tengger Semeru.

2.2 Lembar Kerja Peserta Didik

LKPD KEANEKARAGAMAN HAYATI

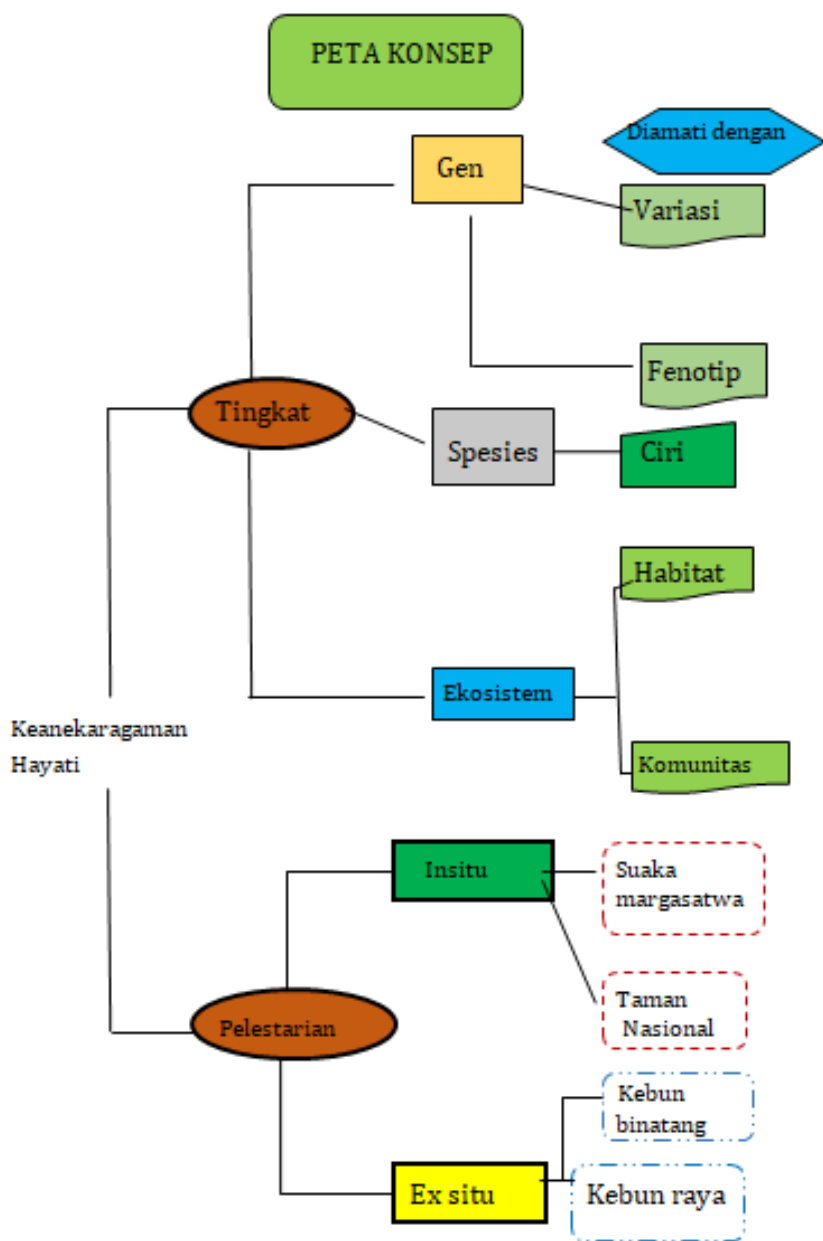




Kelas :..... Kelompok:

Nama Kelompok/No. Presensi

1. /
2. /
3. /
4. /
5. /



1. Guru memimpin berdoa sebelum memulai kegiatan pembelajaran.
2. Peserta didik membentuk kelompok dan menentukan ketua kelompok.
3. Guru memandu cara pengerjaan LKPD.
4. Peserta didik dapat membaca ringkasan materi dan membuat catatan penting.
5. Guru mendampingi peserta didik dalam melakukan penyelidikan sederhana dan mengerjakan aktivitas yang terdapat pada LKPD dengan berdiskusi secara berkelompok.

KEANEKARAGAMAN HAYATI TINGKAT GEN DAN SPESIES

Kelas/Fase : X/E
 Semester : Gasal
 Submateri : Keanekaragaman hayati tingkat gen dan spesies
 Alokasi Waktu : 2×45 menit

Elemen	Capaian Pembelajaran Fase E
Pemahaman biologi	Setelah akhir fase E, peserta didik memiliki kemampuan menciptakan solusi atas permasalahan-permasalahan berdasarkan isu lokal, nasional atau global terkait pemahaman keanekaragaman makhluk hidup dan peranannya , virus dan peranannya, inovasi teknologi biologi, komponen ekosistem dan interaksi antar komponen serta perubahan lingkungan.

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari LKPD ini diharapkan peserta didik dapat:

1. Menganalisis perbedaan tingkat keanekaragaman hayati;
2. Menjelaskan pentingnya peran keanekaragaman hayati;
3. Menganalisis variasi ciri morfologi pada tanaman terpilih;
4. Membuat simpulan tentang tingkat keanekaragaman hayati;
5. Menentukan tingkat keanekaragaman hayati berdasarkan variasi karakter morfologi pada tanaman terpilih;

INDIKATOR PENCAPAIAN

1. Melalui pengamatan video, peserta didik mampu menganalisis perbedaan tingkat keanekaragaman hayati.
2. Menjelaskan pentingnya peran keanekaragaman hayati.
3. Melalui pertanyaan yang disajikan, peserta didik mampu menganalisis variasi ciri morfologi pada tanaman terpilih
4. Melalui pengamatan, peserta didik mampu menganalisis variasi ciri morfologi pada tanaman terpilih.
5. Melalui kegiatan pembelajaran yang telah terlaksana, peserta didik mampu membuat simpulan tentang tingkat keanekaragaman hayati
6. Melalui pengamatan peserta didik dapat menentukan tingkat keanekaragaman hayati berdasarkan variasi karakter morfologi pada tanaman terpilih.

PENGANTAR MATERI

Tahukan kamu apakah yang dimaksud dengan keanekaragaman hayati? Istilah ini tentu sudah tidak asing bagi kalian. Lalu mengapa Negara Indonesia disebut sebagai negara

megabiodiversity? Mari kita bahas bersama-sama! Kita mulai dengan mengenal keanekaragaman hayati.

A. Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati merupakan satu frase dengan dua kata yang digunakan. Pertama, keanekaragaman dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti hal atau keadaan beraneka ragam. Istilah kedua adalah hayati, yang merupakan kata yang berhubungan mengenai hidup atau hal yang berhubungan dengan hidup.

Jadi, keanekaragaman hayati ialah keanekaragaman di dalam makhluk hidup dari semua sumber yang berhubungan hidup. Pengertian lainnya yaitu keanekaragaman hayati berkaitan dengan keberagaman semua jenis tumbuhan, hewan dan jasad renik (mikroorganisme), serta proses ekosistem dan ekologis karena mereka menjadi bagiannya.

B. Tingkat Keanekaragaman Hayati

Berdasarkan definisi di atas maka keanekaragaman hayati di atas memiliki tiga tingkatan yaitu keanekaragaman gen, spesies dan ekosistem.

1. Keanekaragaman gen

Gen berasal dari Bahasa Belanda yang artinya unit pewarisan sifat untuk organisme hidup. Keanekaragaman gen diartikan sebagai variasi gen, tidak hanya terdapat pada individu-individu saja, namun juga terdapat pada populasi-populasi yang lebih sering disebut adaptasi terhadap lokal (Campbell, 2010).

Definisi lain yaitu tingkatan keanekaragaman hayati yang merujuk pada jumlah total variasi genetik dalam keseluruhan spesies yang ada pada sebagian atau seluruh permukaan bumi. Adanya variasi dalam gen mengakibatkan sifat yang terlihat (fenotipe) dan sifat yang tidak terlihat (genotipe) setiap makhluk hidup tidak sama. Variasi yang terjadi pada makhluk hidup biasanya disebabkan oleh perkawinan.

2. Keanekaragaman spesies

Spesies atau jenis merupakan unit terkecil dan paling dasar dalam sistem klasifikasi. Di muka bumi ini jutaan spesies menempati habitatnya baik bakteri, protista, serta spesies dari kingdom yang lain (Jumhana, 2006). Keanekaragaman spesies adalah keanekaragaman makhluk hidup/organisme yang ditemukan pada suatu komunitas yang didalamnya terdapat beberapa spesies. Potensi keanekaragaman hayati seringkali berfokus pada keragaman perbandingan spesies (jenis) dan keragaman genetik. Artinya keanekaragaman jenis tidak lebih penting daripada keanekaragaman keragaman genetik, tetapi keragaman spesies relatif lebih mudah untuk diukur dan pasti. Jadi, keanekaragaman spesies merupakan keanekaragaman spesies dalam ekosistem (Leksono, 2011).

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Melatih Berpikir kritis
interpretasi

Latihan pertama tentang Keanekaragaman Hayati Indonesia. Simak dan dengarkan dengan baik, video berikut ini. Buka link berikut. https://www.youtube.com/watch?v=j-ads_fyrU8. Buatlah catatan penting pada tempat yang telah disediakan. Catat juga istilah yang tidak kalian mengerti.

Catatan Penting

Istilah baru

Jawablah pertanyaan berikut.

1. Apakah yang dimaksud dengan keanekaragaman hayati?
.....
.....
.....
2. Mengapa Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi?
.....
.....
.....
3. Tuliskan tiga peranan keanekaragaman hayati!
.....
.....
.....
4. Mengapa Indonesia disebut Ring of fire?
.....
.....
.....
5. Tuliskan alasan mengapa Indonesia dikenal dengan negara tropis!
.....
.....
.....

6. Tuliskan tiga flora dan fauna endemik Indonesia!

.....

.....

.....

Melatih Berpikir Kritis Analisis

Simak dan amati dengan seksama video tentang keanekaragaman gen dan spesies. Buka link <https://www.youtube.com/watch?v=hM4VdZVXKgQ> berikut ini dan Buatlah catatan singkat pada tempat yang disediakan.

Catatan

Kegiatan pengamatan 1



Amati foto di atas dan selanjutnya jawablah pertanyaan berikut.

- 1. Apakah ketiga anak ini memiliki kemiripan?
.....
.....
- 2. Jika ya, bagian wajah yang memiliki kemiripan adalah.....

Jika tidak, bagian wajah yang tidak memiliki kemiripan adalah.....

3. Mengapa memiliki kemiripan atau mengapa tidak memiliki kemiripan? Sebutkan alasannya!

.....

.....

.....

Kegiatan Pembelajaran 2

Indonesia kaya akan keanekaragaman hayati yang dapat terbagi tiga ranah yaitu keanekaragaman gen, spesies. dan ekosistem. Indonesia memiliki ketiga tingkat tersebut. Kegiatan berikut memberikan kesempatan kalian untuk membedakan dan menganalisis keanekaragaman gen dan spesies, Lakukan pengamatan pada gambar spesimen berikut.

- 1. Bentuklah kelompok untuk melakukan pengamatan.
- 2. Amati gambar di bawah yang terdiri dari daun, dan daun pelindung.
- 3. Masukkan hasil pengamatan kalian dalam tabel yang telah disediakan.
- 4. Untuk membantu pengamatan kalian dapat mencocokkan dengan gambar pada gambar di bawah ini.



a

b

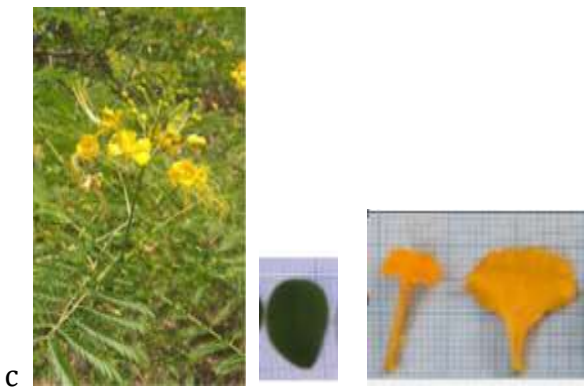


No.	Ciri morfologi		
	Karakter	a	b
Daun			
1.	Bentuk daun		
2.	Pangkal daun		
3.	Tepi daun		
4.	Ujung daun		
Brakte			
5.	Warna brakte		
6.	Jumlah brakte		

Kerjakan spesimen foto selanjutnya seperti sebelumnya.

a





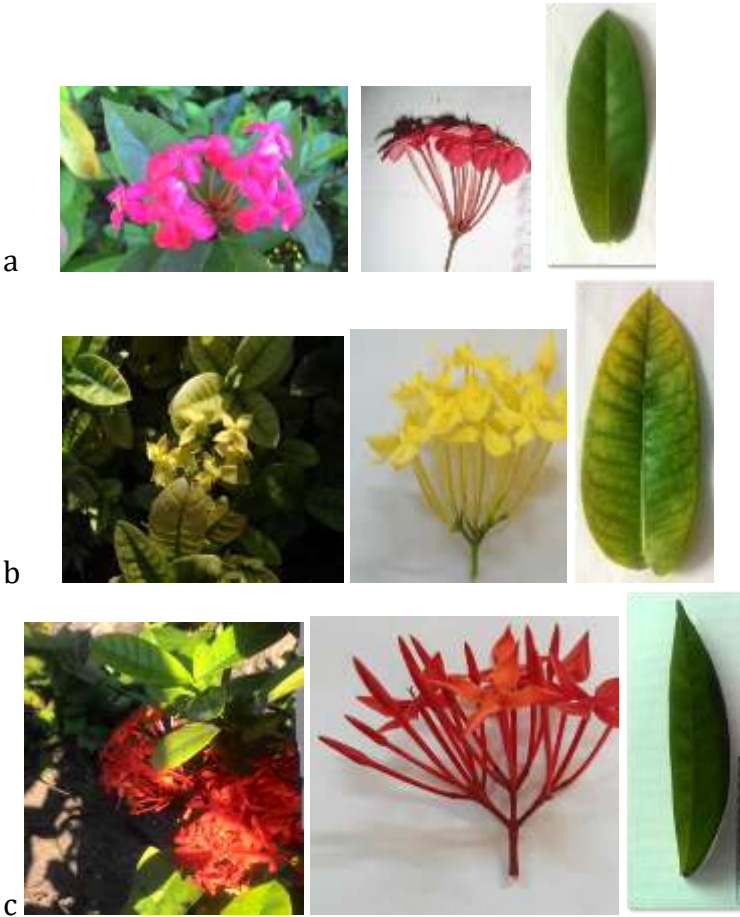
No.	Ciri morfologi			
	Karakter	a	b	c
Daun				
1.	Bentuk daun			
2.	Pangkal daun			
3.	Tepi daun			
4	Ujung daun			
Bunga				
5.	Bentuk helaian mahkota			
6.	Warna mahkota			
7.	Tepi mahkota			

Berikutnya amati bunga kamboja. Tuliskan hasil pengamatan pada tabel yang telah disediakan.

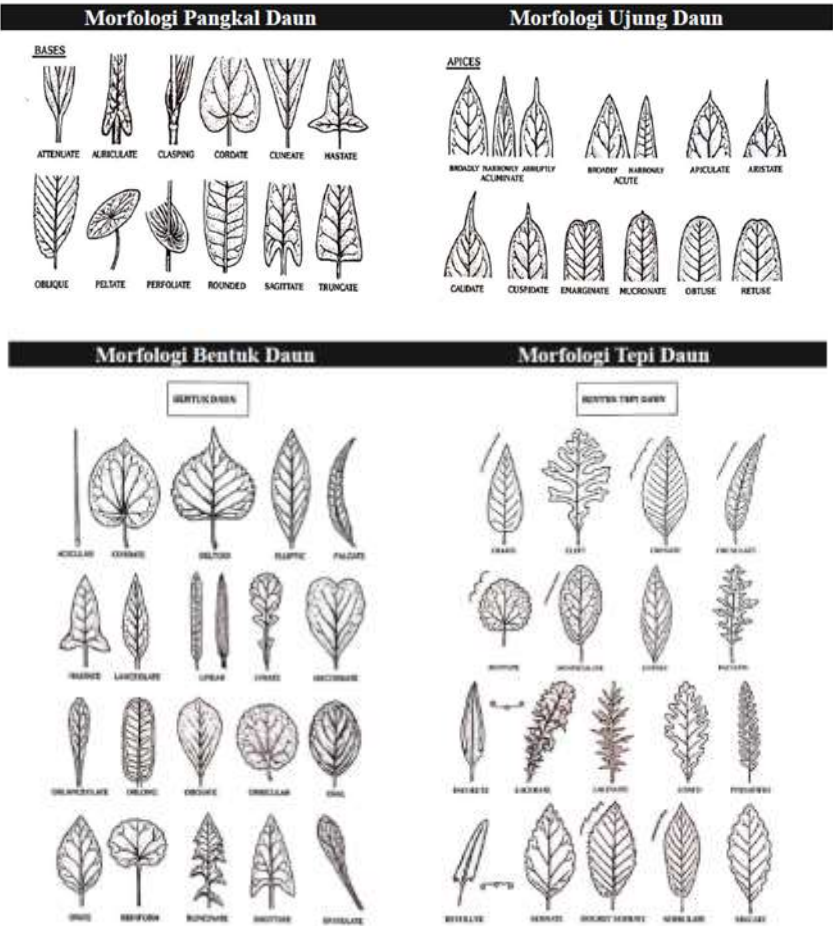


No.	Ciri morfologi		
	Karakter	a	b
Daun			
1.	Bentuk daun		
2.	Pangkal daun		
3.	Tepi daun		
4.	Ujung daun		
Mahkota			
5.	Warna mahkota		
6.	Jumlah mahkota		

Selanjutnya isilah tabel pengamatan untuk tanaman berikut. Bunga soka pada foto berikut terdiri dari soka merah muda, soka kuning, dan soka jingga.



No.	Ciri morfologi			
	Karakter	a	b	c
Daun				
1.	Bentuk daun			
2.	Pangkal daun			
3.	Tepi daun			
4.	Ujung daun			
Mahkota				
5.	Warna mahkota			
6.	Jumlah mahkota			



Menurut data pengamatan di atas, terdapat persamaan dan perbedaan dari tanaman tersebut! Selanjutnya isilah titik di bawah ini !

1. Hitunglah jumlah persamaan karakter pada bunga bogenville, bunga kamboja, bunga soka, dan kembang merak!
.....
.....
.....
2. Tuliskan karakter morfologi sama yang dimiliki dua tanaman kembang bougenville

.....
.....
.....

3. Tuliskan karakter morfologi berbeda yang dimiliki antara tanaman kamboja di atas?

.....
.....
.....

4. Menurut kalian kelompok tanaman yang memiliki banyak persamaan merupakan keanekaragaman gen atau spesies? Jelaskan alasan dari jawaban kalian!

.....
.....
.....

5. Tuliskan kelompok tanaman yang merupakan keanekaragaman gen?

.....
.....
.....

6. Tuliskan kelompok tanaman yang merupakan keanekaragaman spesies? Jelaskan alasanmu memilih tanaman tersebut!

.....
.....
.....

7. Sebutkan dua contoh keanekaragaman gen yang ada di sekitarmu !

.....
.....
.....

8. Sebutkan dua contoh keanekaragaman spesies yang ada di sekitarmu!

.....
.....
.....

Melatih Berpikir Kritis Evaluasi

Kalian telah mempelajari keanekaragaman hayati tingkat gen dan spesies. Terakhir, buatlah simpulan dalam bentuk tabel kedua keanekaragaman.

Aspek	Keanekaragaman Gen	Keanekaragaman Spesies
Definisi (buatlah dengan kata-kata sendiri)		
Contoh (tanaman dan hewan di sekitar)		

KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN

Peserta didik diharapkan dapat:

1. Menganalisis pentingnya ekosistem bagi keberlangsungan kehidupan.
2. Menganalisis dampak yang dirasakan apabila ekosistem punah.
3. Menemukan ekosistem lain yang juga memiliki peran penting dalam kehidupan.
4. Menganalisis jenis ekosistem dan perannya dalam kehidupan.
5. Menyimpulkan pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem.

INDIKATOR PENCAPAIAN

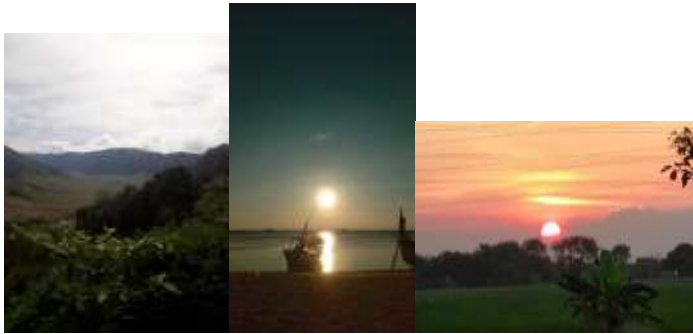
1. Setelah mengamati video, peserta didik mampu menganalisis pentingnya ekosistem hutan bagi keberlangsungan kehidupan.
2. Peserta didik mampu menganalisis dampak jika ekosistem hutan punah.
3. Melalui pencarian melalui internet, peserta didik mampu menemukan ekosistem lain yang memiliki peran penting dalam kehidupan.
4. Melalui kegiatan pembelajaran yang telah terlaksana, peserta didik mampu menyimpulkan pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem.

PENGANTAR MATERI

Keanekaragaman ekosistem mengarah pada keragaman habitat, yaitu tempat berbagai jenis makhluk hidup melangsungkan kehidupannya dan berinteraksi dengan faktor abiotik dan biotik lainnya.

Kegiatan Pembelajaran 3

1. Bentuklah kelompok untuk melakukan pengamatan.
2. Amati gambar di bawah yang terdiri ekosistem di sekitar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru, ekosistem laut di perairan sekitar Pulau Gili Labak Sumenep Madura, dan ekosistem sawah di sekitar Sidoarjo.
3. Masukkan hasil pengamatan kalian dalam tabel yang telah disediakan.



a

b

c

Berdasarkan pengamatan kalian terhadap ekosistem di atas. Carilah referensi lain dari buku, surat kabar, jurnal ilmiah maupun internet. Amati dan dengarkan video dengan link <https://youtu.be/hvffd4ylG-o>. Buatlah catatan penting tentang isi video tersebut!

Catatan penting

1. Apakah ekosistem ?

.....

2. Tuliskan komponen biotik pada gambar a!

.....

3. Tuliskan komponen abiotik pada gambar b!

.....

4. Apa yang membedakan ekosistem laut, sawah, dan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru?

.....

.....

.....

5. Tuliskan ekosistem lain Indonesia dan perannya bagi keberlangsungan hidup di muka bumi!

.....

.....

.....

6. Tuliskan faktor-faktor yang dapat mengancam kepunahan di daerah Taman Nasional Bromo Tengger Semeru !

.....

.....

.....

Kalian telah mempelajari pentingnya ekosistem bagi keberlanjutan kehidupan. Buatlah simpulan singkat tentang informasi baru yang didapatkan setelah belajar mengenai topik keanekaragaman ekosistem!

ANCAMAN DAN PELESTARIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI DI INDONESIA

ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mempelajari LKPD, peserta didik dapat:

1. Menganalisis ancaman terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia.
2. Menganalisis pelestarian terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia.
3. Memberikan contoh aktivitas manusia yang merupakan ancaman bagi keanekaragaman hayati di Indonesia.
4. Menganalisis faktor yang dapat mengancam kepunahan tumbuhan dan hewan di Indonesia.
5. Menganalisis tumbuhan dan hewan yang terancam punah.
6. Menganalisis pelestarian flora dan fauna yang terancam punah.
7. Mengemukakan secara tertulis perbedaan bentuk pelestarian keanekaragaman hayati *in situ* dan *ex situ*.

INDIKATOR PENCAPAIAN

1. Melalui pengamatan video, peserta didik mampu menganalisis ancaman terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia.
2. Setelah pembelajaran, peserta didik mampu menganalisis pelestarian terhadap keanekaragaman hayati di Indonesia.
3. Setelah membaca beberapa artikel, peserta didik memberikan contoh aktivitas manusia yang merupakan ancaman bagi keanekaragaman hayati di Indonesia.

4. Setelah membaca beberapa artikel, peserta didik menganalisis faktor yang dapat mengancam kepunahan tumbuhan dan hewan di Indonesia.
5. Setelah membaca beberapa artikel, peserta didik menganalisis flora dan fauna yang terancam punah.
6. Setelah membaca beberapa artikel, peserta didik menganalisis pelestarian tumbuhan dan hewan yang terancam punah.
7. Setelah pembelajaran peserta didik mampu mengemukakan secara tertulis perbedaan bentuk pelestarian keanekaragaman hayati in situ dan *ex situ*.

PENGANTAR MATERI

Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah dan memelihara keanekaragaman hayati di Indonesia antara lain:

1. Tebang pilih yaitu istilah yang mengenai kegiatan memanen tumbuhan yang terbaik sedangkan tumbuhan yang lain dibiarkan tetap tumbuh. Kata ini paling banyak digunakan dalam kehutanan. Penyebab dilakukannya tebang pilih seperti terikat peraturan, kelayakan ekonomi, dan lingkungan.
2. Penangkapan ikan seperti tebang pilih tetapi dalam perikanan yaitu memanen atau menjaring ikan secara selektif. Ikan berkualitas yang ditangkap atau dijaring.
3. Reboisasi atau menghijaukan hutan kembali.
4. Mencegah kebakaran hutan seperti yang akhir bulan agustus 2023 di lereng gunung arjuna.
5. Tidak membuang sampah di hutan. Pendaki gunung seringkali membuang sampah sisa berkemah di sembarang tempat.
6. Menghemat penggunaan kertas dan tissue yang berbahan dasar tumbuhan hutan.
7. Melakukan daur ulang kertas.
8. Membangun penampungan hewan sebagai perlindungan hewan.

9. Pelestarian atau konservasi sumber daya hayati termuat dalam undang-undang no. 23 tahun 1997 tentang pengolahan lingkungan hidup. Berdasarkan undang-undang tersebut pengolahan lingkungan hidup diharapkan dapat bermanfaat serta berkelanjutan.

Pelestarian terdiri dari pelestari in situ dan *ex situ*. Pelestarian In situ, artinya upaya pelestarian sumber daya alam hayati di habitat atau tempat aslinya dengan pertimbangan karakteristik tumbuhan atau hewan tertentu sangat membahayakan kelestariannya apabila dipindahkan ke tempat lainnya. Contohnya sebagai berikut:

1. Suaka margasatwa untuk komodo di Taman Nasional Komodo,
2. Suaka margasatwa untuk badak bercula satu di Taman Nasional Ujung Kulon, Jawa Barat.
3. Pelestarian bunga Rafflesia di Taman Nasional Bengkulu.

Pelestarian *ex situ*, yaitu pelestarian yang dilakukan dengan memindahkan ke tempat lain yang lebih cocok bagi perkembangan kehidupannya seperti 1) kebun Raya yang saat ini telah berdiri di setiap provinsi; 2) kebun plasma nutfah untuk melestarikan plasma nutfah.

Melatih Berpikir Kritis Interpretasi

Amati dan dengankan dengan teliti video dengan link <https://www.youtube.com/watch?v=zgpbCmnM8A8>. Catat informasi pada tempat yang telah disediakan.

Informasi

Kegiatan Pembelajaran 4

- 1. Bentuklah kelompok untuk melakukan pengamatan.
- 2. Jawablah pertanyaan-pertanyaan pada tempat yang telah disediakan

Manusia menjadi penyebab utama terancamnya keanekaragaman hayati. Manusia memanfaatkan flora dan fauna secara berlebihan tetapi tidak diimbangi dengan tindakan konservasi mengakibatkan punahnya flora dan fauna dari bumi Indonesia. Setelah mengamati dengan teliti. Carilah bacaan tentang flora dan fauna yang terancam punah dan upaya pelestariannya.

Carilah referensi melalui buku, surat kabar, jurnal ilmiah atau blog tentang:

- 1. Ekosistem yang terdapat di Indonesia;
- 2. Peran ekosistem;
- 3. Penyebab kerusakan ekosistem;
- 4. Dampak kerusakan ekosistem.

Selanjutnya jelaskan pertanyaan di bawah ini.

- 1. Tuliskan tiga ekosistem yang ada di Indonesia!
.....
.....
.....
- 2. Sebutkan ekosistem yang paling banyak ada di pulau Kalimantan!
.....
.....
.....
- 3. Tuliskan peran ekosistem savana yang terdapat di Indonesia!
.....
.....
.....

4. Tuliskan pendapat kalian tentang ekosistem savana yang rusak !

.....
.....
.....

5. Bagaimanakah jika ekosistem savana ini rusak?

.....
.....
.....

6. Tuliskan pendapat kalian tentang hubungan ekosistem hutan di Kalimantan dan Ibukota Baru di Kalimantan!

.....
.....
.....

7. Apakah yang mengancam rusaknya ekosistem savana?

.....
.....
.....

8. Apakah yang mengancam rusaknya ekosistem hutan?

.....
.....
.....

9. Tuliskan faktor-faktor yang mengancam manusia dan hewan pada ekosistem yang ada di sekitar kita!

.....
.....
.....

Kalian telah mempelajari pentingnya ekosistem bagi kehidupan keberlanjutan di muka bumi. Akhirnya, buatlah simpulan singkat informasi baru yang diperoleh setelah belajar mengenai topik tersebut!



Kegiatan Pembelajaran 5

- 1. Bentuklah kelompok untuk melakukan pengamatan.
- 2. Jawablah pertanyaan-pertanyaan pada tempat yang telah disediakan

Setelah mempelajari rusaknya ekosistem kita akan mempelajari mengenai ancaman dan pelestarian keanekaragaman hayati di Indonesia. Apakah kita pernah merenungkan aktivitas yang dapat mengancam keanekaragaman hayati di Indonesia? Jika belum kalian dapat menyimak video dengan link <https://youtu.be/LgmAHg6RK5w>. Selanjutnya tulislah dengan kalimat kalian sendiri informasi baru tentang video tersebut.

Info penting

- 1. Uraikan permasalahan yang ada dalam video tersebut!
.....
.....
.....
- 2. Tuliskan aktivitas manusia yang dapat mengancam keanekaragaman hayati di Indonesia!

-
-
-
3. Tuliskan tanggapan kalian tentang lahirnya bayi Anoa di Taman Safari Indonesia pada tanggal 25 Maret 2016. Bayi Anoa ini berasal dari induk yang bernama Nikel.



Sumber: https://ppid.menlhk.go.id/berita_foto/browse/395

Tanggapan

4. Carilah referensi dari beberapa sumber tentang flora dan fauna yang terancam kepunahan dan cara mengatasi kepunahan atau pelestarian flora dan fauna tersebut. Selanjutnya isilah table di bawah ini !

Flora

Nama Spesies/Flora	Persebaran	Upaya pelestarian

Fauna

Nama Spesies/Flora	Persebaran	Upaya pelestarian

5. Berdasarkan data di atas tuliskan satu nama spesies baik flora atau fauna. Selanjutnya uraian aktivitas manusia yang menyebabkan keberadaannya terancam!

.....

.....

.....

6. Uraikan upaya pelestarian spesies tersebut!

.....

.....

.....

Materi Keanekaragaman hayati di Indonesia dan upaya konservasi yang dilakukan telah selesai kalian pelajari. Terakhir, buatlah simpulan dalam bentuk tabel mengenai perbedaan bentuk pelestarian keanekaragaman hayati *in situ* dan *ex situ*. Perbedaan tersebut ditinjau dari definisi, lokasi, alasan dilakukan pelestarian tersebut, dan contoh !

Soal

Lingkari jawaban yang tepat untuk pertanyaan yang diajukan!

1. Amati gambar di bawah ini!



Ketiga gambar di atas berbeda warna brakte. Berdasarkan analisismu tanaman di atas merupakan

- Keanekaragaman gen
 - Keanekaragaman spesies
 - Keanekaragaman jenis
 - Keanekaragaman hayati
2. Perluasan lahan perkebunan kopi di kabupaten Jombang khususnya kecamatan Wonosalam dengan menebangi tanaman salak dapat mempengaruhi keseimbangan alam karena
- salak lebih banyak menyerap CO_2

- b. hasil salak lebih melimpah
 - c. sumber daya alam melimpah
 - d. lebih banyak menghasilkan oksigen
- 3. Keanekaragaman spesies terlihat dari adanya perbedaan ...
 - a. morfologi
 - b. morfologi dan tingkah laku
 - c. bentuk, warna, ukuran, dan penampilan
 - d. bentuk, warna, ukuran, dan sifat menurun
- 4. Kucing kampung dan kucing anggora adalah keanekaragaman
 - a. Gen
 - b. Jenis
 - c. Spesies
 - d. Genus
- 5. Flora dan fauna berikut termasuk pelestarian in situ *kecuali*
 - a. Burung Cendrawasih di Papua
 - b. Badak bercula satu di Ujung Kulon
 - c. *Rafflesia zollingeriana* di Taman Nasional Meru Betiri
 - d. *Amarphopalus titanium* di Kebun Raya Bogor
- 7. Upaya pelestarian keanekaragaman hayati di bawah ini *kecuali*.....
 - a. Pemupukan berlebihan menyebabkan tumbuhan dan hewan mati
 - b. Bertanam dengan monokultur
 - c. Penggunaan pestisida berlebihan
 - d. Penanaman tumpang sari
- 8. Berdasarkan gambar di bawah ini. Salah satu komponen biotik adalah.....
 - a. Air
 - b. Tanah
 - c. Tanaman temulawak

- d. Cahaya matahari
9. Ekosistem yang terdapat di Indonesia yaitu.....
10. Perhatikan gambar tanaman Nusa Indah di bawah ini.



- Berdasarkan gambar di atas termasuk dalam keanekaragaman
- a. gen
 - b. spesies
 - c. ekosistem
 - d. hayati

URAIAN

- 1. Uraikan secara singkat keanekaragaman ekosistem!
.....
.....
.....
- 2. Jelaskan hubungan antara ekosistem dan flora fauna yang menempati suatu ekosistem!
.....
.....
.....
- 3. Akhir Agustus sampai awal September 2023 Jawa Timur berduka. Lereng Gunung Arjuna dan Bukit Teletabies di Bromo terbakar. Uraikan prediksi kalian tentang minimal dua dampak yang akan terjadi akibat kebakaran tersebut!
.....
.....
.....
- 4. Amati gambar berikut ini.



Tuliskan keanekaragaman bunga turi di atas! Jelaskan alasan jawabanmu!

.....
.....
.....

5. Buatlah tabel perbedaan antara keanekaragaman hayati tingkat gen dan spesies ditinjau dari definisi dan karakter serta berikan satu contoh!

.....
.....
.....

6. Indonesia membutuhkan konservasi keanekaragaman hayati terutama pada daerah yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Uraikan bentuk konservasi yang ada di Indonesia!

.....
.....
.....

7. Indonesia dianugrahi kekayaan alam yang melimpah. Indonesia juga adalah salah satu dari 17 negara yang dijuluki sebagai negara yang kaya kehati karena terdiri dari 18306 pulau dengan luas sekitar 1.183.186 km². Indonesia berada pada 95°BT-141°BT-6°LU-11°LS dan diapit dua benua yaitu Benua Asia dan Australia serta dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Selain itu, juga berada pertemuan dua deretan pegunungan yaitu Sirkum Pasifik dan Mediterania. Kekayaannya juga ditandai dengan banyaknya spesies spesies endemik yang berasal dari Indonesia (Sugiharyanto. 2007). Berdasarkan ulasan tersebut. Mengapa Indonesia disebut negara megabiodiversitas?

.....
.....
.....

8. Semakin bertambah tahun, keanekaragaman hayati di dunia semakin menurun. Teridentifikasi flora fauna endemik

harus menjadi prioritas konservasi. Berdasarkan data 1.500 jenis tumbuhan endemik tetapi telah kehilangan 70% atau lebih habitat aslinya. Berdasarkan uraian tersebut, Jelaskan pentingnya konservasi bagi flora endemik!

.....

.....

.....

9. 26 Juli 2022 BRIN melaporkan telah berdiri 47 Kebun Raya di Indonesia, uraikan alasan Indonesia mendirikan banyak kebun raya!

.....

.....

.....

10. Jawa Timur memiliki Taman Hutan Raya R.Soerjo. Apakah peranan Taman Hutan Raya tersebut bagi pelestarian?

.....

.....

.....

DAFTAR PUSTAKA

- IUCN. 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. <<https://www.iucnredlist.org>.
- Jumhana, N. 2006. Konsep Dasar Biologi. Bandung: UPI PRESS.
- Kemen LHK dan LIPI. 2019. Panduan Identifikasi Jenis Satwa Liar Dilindungi: Hervetofauna. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- KSDAE. 2018. Sejarah Konservasi di Indonesia. <http://ksdae.menlhk.go.id/sejarah-ksdae.html>. Diakses pada 21 Agustus 2023.
- Lasabuda R. 2013. Tinjauan Teoritis Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*. Vol. I-2: 92-101.
- Leksono, A. S. 2011. Keanekaragaman hayati. Universitas Brawijaya Press
- McGowan, K Philip J.K., Kathy Traylor-Holzer, Kristin Leus. 2017. IUCN Guidelines for Determining When and How Ex Situ Management Should Be Used in Species Conservation. *Society for Conservation Biology*. 10(3): 361-366.doi: 10.1111/conl.12285.
- National Geographic Indonesia. 2019. Kepunahan Biodiversitas Tertinggi, Indonesia Peringkat Ke-6. <https://nationalgeographic.grid.id/read/131833161/kepunahan-biodiversitas-tertinggi-indonesia-peringkat-ke-6> diunduh tanggal 19 Agustus 2023.
- ProFauna Indonesia. 2012. Perdagangan Primata di Palembang, Sumatera Selatan. Primate Protection League. www.profauna.net.
- Putra, A. 2026. Resume: Melestarikan Alam Indonesia. Medan: Program Magister (S2) Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Andalas. <https://www.researchgate.net/publication/340428213>.

- Retnowati A dan Susan D. 2019. Kekayaan jenis jamur dalam Retnowati A, Rugayah, Rahajoe JS, dan Arifiani D (ed.) Status Keanekaragaman Hayati Indonesia: Kekayaan jenis tumbuhan dan jamur Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta.
- Setiawan, A. 2022. Keanekaragaman Hayati Indonesia: Masalah dan Upaya Konservasinya. *Indonesian Journal of Conservation*. 11(1):13-21. DOI 10.15294/ijc.v11i1.34532.
- Siboro, T. D. 2019. Manfaat keanekaragaman hayati terhadap lingkungan. *Jurnal Ilmiah Simantek*, 3.(1): 3–6.
- Sugiharyanto. 2007. Geografi dan Sosiologi 3. Jakarta: Yudhistira.
- Supriatna, J. 2008. Melestarikan Alam Indonesia. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Susidarti RA. 2017. Ribuan Tanaman Herbal di Indonesia Belum Dimanfaatkan Secara Optimal. *Pidato pengukuhan jabatan Guru Besar pada Fakultas Farmasi UGM*.
- Sutarno dan Setyawan AD. 2015. Biodiversitas Indonesia: Penurunan dan upaya pengelolaan untuk menjamin kemandirian bangsa. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia Volume 1 (1): 1-13*.
- WCS. 1980. World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. Prepared by the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). IUCN–UNEP–WWF.
- Widyatmoko, D. 2018. Upaya Pemanfaatan Biodiversitas Tumbuhan Dalam Rangka Konservasi Yang Dapat Digunakan Sebagai Pembelajaran. *Prosiding Seminar Nasional Biologi. FMIPA. UNY*.
- <https://kkp.go.id/brsdm/poltekkarawang/artikel/14863-menkomaritim-luncurkan-data-rujukan-wilayah-kelautan-indonesia>

BAB 3

VIRUS

Oleh A.A.Istri Mirah Dharmadewi

3.1 Pendahuluan

Virus adalah agen infeksi mikroskopis bereproduksi dalam sel suatu organisme untuk tujuan bertahan hidup dengan berkembang biak. Virus ada dua jenis, yaitu virus berselubung dan tidak berselubung. Contoh virus pada kategori tersebut diselimuti oleh virus influenza, virus hepatitis B (HBV) dan manusia. *Immunodeficiency virus* (HIV), sedangkan pada kelompok tidak terselubung adalah virus bercak kuning cacar sapi (CCMV) dan virus cacar sapi. Tikus (MVM). Lapisan ekstra pada virus yang diselimuti memainkan peran penting pada tahap awal infeksi yang dilakukan oleh virus (Eshaghi *et al*, 2020). Dalam perjalanannya menuju sel inang (host cell), virus akan menemui suatu kondisi lingkungan yang keras seperti pengaruh suhu atau serangan sesuatu enzim. Jadi lambung kapal berperan penting dalam perlindungan genom (genom adalah materi genetik virus) (Zhang dan Zhang, 2020). Hal yang menarik tentang virus adalah selubungnya, yaitu selubung virus. Komposisinya meliputi protein yang disebut kapsul fungsional. sebagai pelindung genom asam ribonukleat (RNA) dan asam deoksiribonukleat Asam (DNA). Setiap virus mempunyai kapsid, namun tidak semua virus memiliki kapsid Ia memiliki lapisan tambahan yang disebut lapisan lipid.

3.2 Sejarah penemuan virus

Istilah virus berasal dari kata latin virion yang berarti racun. Sejarah penemuan. Virus ini muncul pada tahun 1883 dengan ditemukannya penyakit penyebabnya adanya bintik kuning pada daun tembakau. penyakit di kemudian hari. Adapun beberapa ilmuwan yang terlibat dalam sejarah penemuan virus diantaranya :

1. Adolf Meyer

Pada tahun 1883, Adolf Meyer, seorang ilmuwan Jerman, mengamati penyakit ini menyebabkan bercak kuning pada daun tembakau. Mayer kalau begitu melakukan percobaan dengan cara menghancurkan getah yang diambil darinya tanaman tembakau yang sakit menjadi tanaman tembakau yang sehat. Itu membuktikan, tanaman tembakau sehat yang terserang penyakit. Meyer kemudian mencoba Amati daun tembakau yang sakit dengan mikroskop biasa. Namun, dia tidak menemukan bakteri yang mencurigakan sakit. Meyer kemudian menyimpulkan bahwa penyebabnya adalah bakteri penyakit tanaman tembakau lebih kecil dari bakteri normal.

2. Dmitri Ivanovsky

Pada tahun 1892, Dmitry Ivanovsky, seorang ilmuwan Rusia, melakukan percobaan dengan menyaring getah tanaman tembakau yang sakit menggunakan penyaring bakteri. Selain itu, hasil pemfilteran ditransfer ke pengaturan rokok yang sehat. Ternyata, tanaman tembakau menjadi sehat. Sakit. Ivanovsky kemudian menyimpulkan bahwa penyebab penyakit itu ada di Tanaman tembakau merupakan bakteri atau bakteri patogen yang berukuran sangat kecil menghasilkan racun yang dapat melewati filter.

3. Mrtinus Beijerinck

Pada tahun 1897, Martinus Beijerinck, seorang ilmuwan Belanda Eksperimen untuk membuktikan patogen pada tanaman tembakau dapat berkembang biak. Beijerinck menyemprotkan getah disaring menjadi tanaman sehat. Begitu pohon menjadi sehat sakit, getahnya digunakan untuk menginfeksi tanaman berikutnya, dan seterusnya hingga beberapa kali transfer. Sepertinya beberapa kalidihilangkan, sifat patogeniknya tidak berkurang. Agen juga berbeda dengan bakteri, karena mereka tidak dapat tumbuh di cawan petri mengandung nutrisi. Selain itu, juga tidak bisa dinetralkan dengan alkohol. Beijerinck kemudian menyimpulkan bahwa agen adalah sebuah partikel Lebih kecil dan sederhana dari bakteri. Beijerinck meneleponnya

kemudian seperti virus yang dapat disaring, disebut penyakit mosaik tembakau. Beberapa ilmuwan berpartisipasi dalam deteksi virus sebagai berikut.

4. Wedel Meredith Stanley

Pada tahun 1935, Wendell Meredith Stanley, seorang ilmuwan Amerika, berhasil kristalisasi partikel patogen pada tanaman tembakau. Pandemi kemudian dikenal sebagai virus mosaik tembakau (TMV).

3.3 Ciri-Ciri Virus

Adapun ciri-ciri yang dimiliki oleh virus diantaranya :

1. Virus berukuran sangat kecil, berukuran antara 0,02 hingga 0,3 μ m ($1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$), dan Maksimal 200 μ m, jadi virus hanya bisa dilihat dengan mikroskop elektron.
2. Tubuh virus terdiri dari cangkang protein (kapsid) dan bahan inti. bahan dasar dalam bentuk RNA (asam ribonukleat) dan DNA (asam deoksiribonukleat). dibandingkan dengan virus yang tidak memiliki membran sel atau organel penting baginya kehidupan.
3. Virus hanya dapat berkembang biak di dalam sel atau jaringan hidup.
4. Biasanya stabil pada pH 5,0 hingga 9,0.
5. Virus dapat mengkristal menjadi benda mati. Ada berbagai jenis virus batang, bola atau lingkaran, bola dan bentuk T.
6. Aktivitas virus tidak dapat dihambat oleh sinar ultraviolet dan sinar-X, melainkan oleh zat Antibiotik dan agen antibakteri lainnya tidak berpengaruh terhadapnya.

3.4 Klasifikasi Virus

Pada virus, klasifikasi mengikuti sistem ICTV (*International Commite on Taxonomy of Viruses*) dan tidak mengikuti klasifikasi dari sistem Linnaeus. Adapun klasifikasi dibagi menjadi tiga tingkat takson yaitu familia, genus, spesies.

Contoh klasifikasi pada virus :

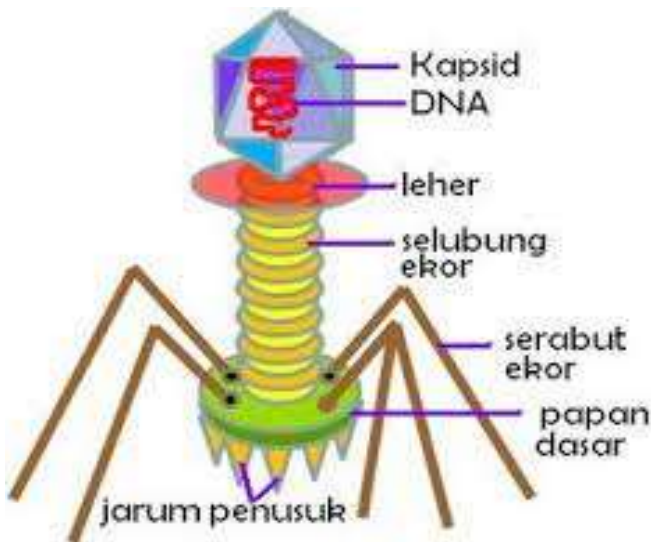
Famili : Retroviridae

Genus : Lentivirus

Spesies : *Human immunodeficiency virus (HIV)*

3.4.1 Berdasarkan tempat hidupnya

Virus tidak mengandung sel (aseluler) karena tidak memiliki bagian seluler seperti dinding sel, membran sel, sitoplasma, nukleus dan organel lainnya. Virion adalah partikel virus yang lengkap. Secara umum struktur tubuh virus berbentuk seperti huruf T yang diwakili oleh bakteriofage.



Gambar 3.1. Struktur Tubuh Virus Bakteriofage

(Sumber :

<https://biohikmah.blogspot.com/2015/04/virus.html>)

Virus bakteri pertama kali ditemukan oleh ilmuwan Perancis D'Herelle. Bentuk luarnya meliputi kepala, leher, dan ekor berbentuk heksagonal. Bagian dalam kepala berisi dua pilihan DNA. Leher bertugas memasukkan DNA virus ke dalam sel inangnya. virus tanaman Virus bersifat parasit pada sel tumbuhan. Contoh virus parasit tumbuhan. Virus Mozaik Tembakau (TMV0 dan Virus Bit Kuning (BYV). dibandingkan dengan virus hewan Virus bersifat parasit pada sel hewan.

Contoh virus hewan: Virus polio, virus vaksinasi dan virus influenza.

Tabel 3.1. Klasifikasi virus berdasarkan jenis sel inang

No	Klasifikasi	Keterangan
1	Virus Tumbuhan	Virus tumbuhan adalah virus yang memiliki sel inang. Tumbuhan terutama mengandung RNA.
2	Virus Hewan	Virus memiliki sel inang berupa sel hewan atau sel pria. Virus ini mengandung DNA dan RNA. Misalnya virus yang ditemukan di mulut dan kaki sapi, virus rabies pada anjing.
3	Virus Bakteri	Virus bakteri adalah virus yang memiliki sel inang, sel bakteri. Virus bakteri mengandung materi genetik berupa DNA. Contoh bakteri virus adalah <i>Escherichia coli</i> .
4	Virus mikoorganisme eukariot	Virus eukariota adalah virus seluler. seperti protozoa dan jamur. virus-virus in mengandung RNA

3.4.2 Berdasarkan molekul penyusun asam nukleat

DNA beruntai tunggal (ssDNA), DNA beruntai ganda (dsDNA), RNA beruntai tunggal (ssRNA), dan RNA beruntai ganda (dsRNA).

Tabel 3.2. Klasifikasi Virus Berdasarkan Kandungan Materi Genetik

Virus RNA/DNA	Contoh
1. Virus ADN/DNA	a. Popovirus b. Adenovirus c. Herpesvirus Poxivirus
2. Virus ARN/RNA	a. Piconavirus b. Myxovirus c. Reustrovirus

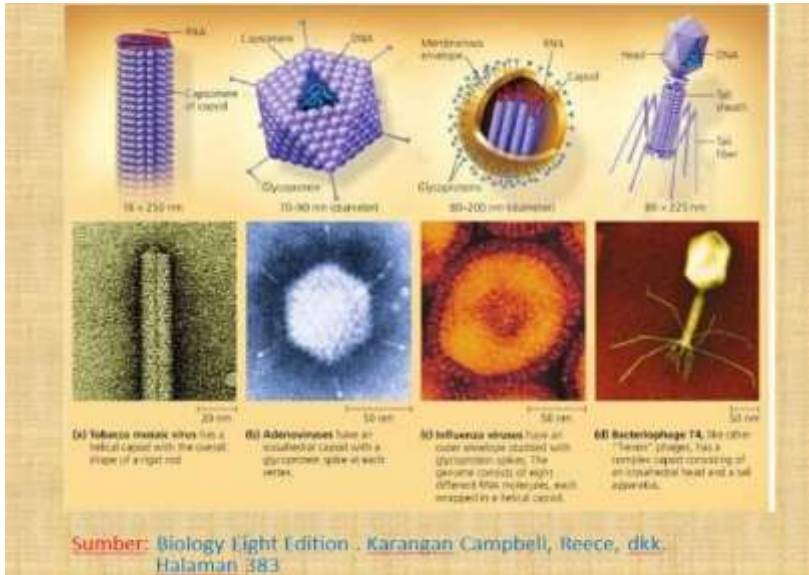
3.4.3 Berdasarkan ada tidaknya selubung virus

Dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu: Virus berselubung atau terbungkus (enveloped virus) Virus ini memiliki nukleokapsid yang ditutupi oleh membran. Membran ini terdiri dari lipid dan protein (biasanya glikoprotein). Membran ini berfungsi sebagai struktur pertama yang berinteraksi. Contoh virus herpes, virus corona, dan ortomuxovirus dan virus tidak mempunyai selubung Ia hanya memiliki kapsid (protein) dan asam nukleat (virus telanjang). Misalnya: Reovirus, Papovirus, dan Adenovirus.

3.5 Bentuk Virus

Virus memiliki berbagai macam bentuk seperti batang, lingkaran, oval (bola), fiber (serat), polihedral, dan seperti huruf T.

1. Bentuk batang, contohnya TMV (*Tobacco Mosaik Virus*).
2. Bentuk batang, contohnya Rhabdovirus
3. Bentuk bulat seperti bola, contohnya Rhabdovirus
4. Bentuk filamen seperti benang, contohnya virus Ebola
5. Bentuk polihedral, contohnya Adenovirus
6. Bentuk seperti huruf T, contohnya bakteriofag.



Gambar 3.2. Macam-macam bentuk virus

3.6 Perkembangbiakan Virus

Perkembangbiakan virus dibagi menjadi 2 diantaranya :

1. Virus berselubung atau terbungkus (*enveloped virus*)

Virus ini memiliki nukleokapsid yang ditutupi oleh membran. Membran ini terdiri dari lipid dan protein (biasanya glikoprotein). Membran ini berfungsi sebagai struktur pertama yang berinteraksi. Contoh virus herpes, virus corona, dan ortomoxovirus. B. Virus tidak mempunyai selubung. Ia hanya memiliki kapsid (protein) dan asam nukleat (virus telanjang). Misalnya: Reovirus, Papovirus, dan Adenovirus.

2. Berdasarkan jenis asam nukleat yang ada pada virus:

- Virus RNA, misalnya: virus influenza, virus HIV, virus corona (virus SARS), dll.
- Virus DNA, seperti poxvirus, herpesvirus, adenovirus, dll.

Selain itu, pada umumnya perkembangbiakan virus atau biasa disebut replikasi. Terdapat 2 macam cara virus

menginfeksi bakteri yaitu diantaranya secara lisogenik dan litik. Pada lisogenik, virus terintegrasi dengan DNA sel induk dan tidak menghancurkan sel. Pada umumnya perkembangbiakan virus pada tumbuhan dan hewan sama yang dapat diuraikan pada berbagai fase berikut :

a. Fase Absorpsi

Selama fase penyerapan, fag menempel pada bagian tertentu dari dinding sel bakteri melalui filamen. ekor. Daerah pengikatan disebut daerah reseptor, yang hanya diperuntukkan bagi fag- fag lain tidak dapat berikatan dengan situs ini.

b. Fase penetrasi

Meskipun mereka kekurangan enzim untuk metabolisme, bakteri memilikinya. enzim lisosom menghancurkan dinding sel bakteri. di balik dinding sel bakteri dihidrolisis, maka DNA fage masuk ke dalam sel bakteri.

c. Fase replikasi dan sintesis

Selama fase ini, bakteriofag menghancurkan DNA bakteri dan menggunakannya bahan baku untuk replikasi dan sintesis. Selama fase replikasi, fag merakit dan mereplikasi DNA-nya. Selama fase sintesis, fag membentuk lapisan protein (kapsid). baru. Bagian fag antara lain kepala, ekor, dan serabut ekor terbentuk.

d. Fase perakitan

Komponen fag akan disusun membentuk fag baru yang utuh dengan molekul DNA dan selubungnya

e. Fase pelepasan atau lisis

Ketika fage telah matang, sel bakteri akan terurai (lisis), sehingga akan muncul fag baru. Jumlah virus baru bisa mencapai 200 unit. Pembentukan partikel Fage menyelesaikan siklus lisis ini dalam 20 menit. Pada prinsipnya cara reproduksi virus pada hewan dan tumbuhan serupa terjadi pada bakteriofag seperti yang dijelaskan di bawah ini.

3.7 Reproduksi virus

Tahapan reproduksi virus dibagi menjadi dua daur yaitu daur litik dan daur lisogenik.

1. Daur Litik

Tahapan reproduksi virus biasanya dilakukan dalam tujuh tahap, yaitu:

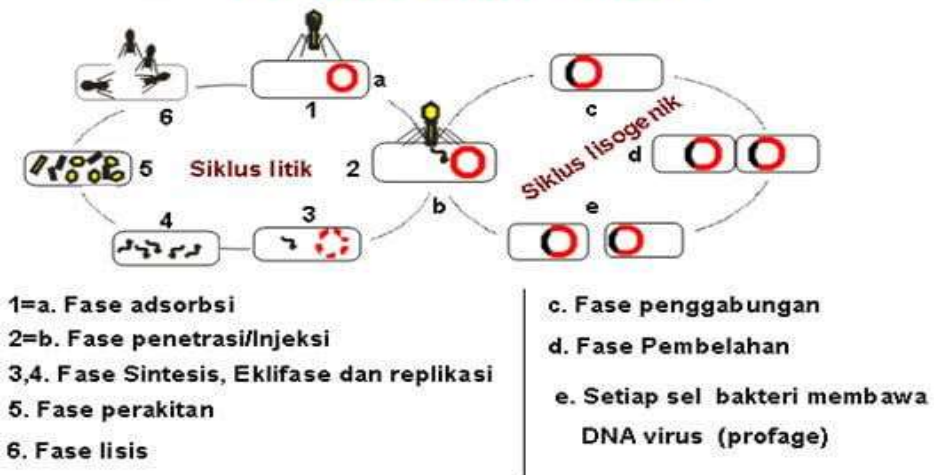
- a. Adsorpsi (penempelan) partikel virus (virion) pada sel inang dalam perjanjian.
- b. Masuknya (injeksi) virion atau asam nukleat virus ke dalam sel inang.
- c. Tahap pertama replikasi asam nukleat virus, dalam hal ini motorik membantu biosintesis sel inang untuk memulai sintesis asam nukleat virus, Pada titik ini, enzim spesifik virus mulai diproduksi.
- d. Replikasi asam nukleat virus
- e. Sintesis subunit protein selubung virus
- f. Perakitan subunit asam nukleat dan protein (dan komponen membran dalam virus membran) menjadi partikel virus.
- g. Pelepasan partikel virus matang dari sel (lisis).

2. Daur Lisogenik

Jika bakteri mempunyai imunitas yang tinggi maka inti virus akan mencair dengan DNA bakteri dan membentuk keturunan

- a. Ketika bakteri membelah, profage akan mengikuti ganda dan seterusnya.
- b. ada titik tertentu, profage dapat keluar dari tubuh bakteri dan masuk pada siklus lisis.

Reproduksi Virus



Gambar 3.3. Siklus Reproduksi Virus

(Sumber : <https://www.kerajaanbiologi.com/reproduksi-virus/>)

3.8 Peran Virus bagi Kehidupan

Dalam kehidupan, virus mempunyai 2 peran, yaitu peran virus sebagai mikroorganisme yang menguntungkan sekaligus merugikan.

Virus yang menguntungkan :

Virus memainkan peran penting dalam bidang rekayasa genetika karena dapat digunakan untuk kloning gen (replikasi DNA genetik sama). Contoh virus yang membawa gen kontrol perkembangan serangga. Virus juga digunakan dalam terapi gen manusia. Penyakit genetik seperti diabetes dan kanker diharapkan dapat disembuhkan.

Virus yang merugikan

Virus bisa berbahaya karena menyebabkan banyak penyakit, penyakit pada manusia, hewan dan tumbuhan. Contoh : virus hepatitis A, B,C, D, E, HIV, Dengue, Polio dan Rabies.

3.9 Pencegahan Terhadap Virus

Tindakan pencegahan terhadap serangan virus dapat dilakukan menyembuhkan atau mencegah. Tindakan pencegahan dengan menyuntikkan vaksin yang disebut vaksinasi. Vaksin adalah suatu zat yang mengandung mikroorganisme patogen (patogen) yang dilemahkan. Vaksinasi dapat diberikan menginduksi imunitas aktif. Sedangkan efek penyembuhannya dengan memberikan obat kepada pasien dengan penyakit yang ditimbulkannya oleh virus. Jadi tindakan ini dilakukan setelah terjadi serangan virus.

Adapun beberapa vaksin yaitu :

1. Vaksin cacar, digunakan untuk mencegah penyakit cacar.
2. Vaksin polio, digunakan untuk mencegah polio.
3. Vaksin campak, digunakan untuk mencegah penyakit campak.
4. Vaksin hepatitis (A, B, C), digunakan untuk mencegah penyakit Hepatitis

Adapun metode dan efek samping dari dalam pembuatan vaksin yaitu :

Metode Pembuatan Vaksin	Efek Samping
1. Vaksin berasal dari patogen yang telah dilemahkan	Patogen digunakan untuk vaksin tersebut mungkin masih ada melakukan proses metabolisme
2. Vaksin dibuat berdasarkan patogen yang dimatikan oleh pemansan dan bahan kimia	Patogen yang digunakan untuk vaksinnya mungkin masih ada menyebabkan beberapa penyakit
3. Vaksin berasal dari senyawa mikroorganisme patogen yang tidak aktif	Dapat menimbulkan reaksi alergi

LATIHAN SOAL

1. Berikan contoh beberapa penyakit yang disebabkan oleh virus pada manusia, hewan dan tumbuhan ?
2. Jelaskan dengan gambar perbedaan siklus litik dan lisogenik dari suatu bakteriofage!
3. Dalam suatu campuran terdapat biakan virus dan bakteri, bagaimanakah cara memisahkan kedua campuran tersebut sehingga hanya diperoleh virus saja, jelaskan !
4. Jelaskan mengapa virus dianggap sebagai makhluk hidup non-seluler ?
5. Berdasarkan sifatnya virus dianggap sebagai parasit obligat (parasit sejati) jelaskan mengapa demikian ?
6. Gambar kan satu particle bakteriofage dan beri keterangan yang lengkap ?
7. Jelaskan mengapa penyakit virus susah diobati ?
8. Penyakit AIDS disebabkan oleh virus HIV. Coba kalian gambarkan dan beri keterangan virus tersebut ?
9. bagaimanakah penyakit AIDS bisa menular dari seseorang ke orang lain ? dan bagaimana pula cara mencegahnya ?
10. Sebutkan beberapa jenis vaksin yang diperlukan untuk menjaga tubuh dari serangan virus ?

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell NA, Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, et. al. 2017. Biologi 11th Ed. New York: Pearson Education.
- Campbell, N.A. & J.B. Reece. 2008. Biologi, Edisi Kedelapan Jilid 1. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga
- Campbell, N.A. & J.B. Reece. 2008. Biologi, Edisi Kedelapan Jilid 3. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga
- Depkes RI. 1996. Virologi umum. Jakarta : PPSDM Departemen Kesehatan Irnaningtyas. 2013. Biologi untuk SMA/ MA Kelas XI. Jakarta: Erlangga.
- WHO. 2020. WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019- nCov on 11 February 2020. Cited Feb 13rd 2020. Available on:
<https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-generals-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020>. (Feb 12th 2020)

BAB 4

MONERA DAN PERANANNYA BAGI KEHIDUPAN

Oleh Fathin Hamida

4.1 Pendahuluan

Saat mendengar kata "Monera" tentu kalian akan teringat pada materi jenjang SMP mengenai bab klasifikasi makhluk hidup. Saat itu pertama kalinya kalian mengenal monera dan contoh – contohnya bukan ? hanya saja ulasan mengenai monera di jenjang SMP disusun sangatlah sederhana. Nah, di buku ini monera akan diulas sedemikian kompleks namun ringkas sehingga diharapkan kalian dapat mengenal lebih dalam mengenai monera meliputi ciri umum monera, morfologi, struktur sel, taksonomi dan klasifikasi, serta peran monera dalam kehidupan.

Kata "Monera" berasal dari bahasa Yunani yaitu "*Moneres*" yang artinya tunggal. Monera dikenal dalam ilmu biologi sebagai mikroorganisme unisel yang tidak memiliki membran inti (Sapp, 2005). R. H. Whittaker (1969) menempatkan monera sebagai salah satu kingdom dalam lima kingdom makhluk hidup. Lima kingdom tersebut yaitu plantae, animalia, fungi, protista, dan monera. Namun, seiring dengan penemuan archaea pada tahun 1990 Carl R. Woese mengumumkan hasil studinya di bidang molekuler yang menunjukkan bahwa kingdom monera berdasarkan kekerabatan genetiknya terbagi menjadi dua domain yaitu domain Archaea (arkea), dan Eubacteria (bakteri), sedangkan Eucarya adalah domain ke-3. Ditinjau dari ilmu sitologi, archaea memiliki ciri prokariot dan bukan eukariot. Namun, pada tingkat molekuler, archaea berbeda dengan eubacteria (bakteri) (Woese *et al.*, 1990). Pengkajian yang dilakukan oleh Margulis (1992) mengenai taksonomi makhluk hidup berdasarkan studi biologi

molekuler, genetik komparatif, dan analisis ultrastruktur sel menempatkan monera sebagai kingdom dalam superkingdom (*empire*) prokaryota. Hanya saja dalam penulisan tingkat taksonomi makhluk hidup, takson superkingdom jarang sekali disertakan.

Ayo Bereksplorasi

Coba kalian cari informasi dari media cetak atau media elektronik mengenai ciri prokariot dan eukariot dan buatlah ke dalam tabel aspek apa saja yang membedakan antara keduanya.

No	Aspek Pembeda	Prokariot	Eukariot
1.	Membran inti	Tidak ada	Ada
2.			
Dst...			

Kini, kita mengenal bahwa monera merupakan organisme prokariot yang anggotanya terdiri dari archaea dan bakteri. Prokariot adalah organisme dengan struktur sel tanpa membran inti. Anggota prokariot umumnya berukuran mikroskopik (mikron). Artinya, organisme ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang (*naked eye*), dan untuk dapat melihatnya membutuhkan bantuan suatu alat yang disebut mikroskop. Makhluk hidup yang berukuran mikron disebut sebagai mikroorganisme.

Penemuan mikroorganisme prokariot erat hubungannya dengan penemuan mikroskop dan menjadi awal mula perkembangan ilmu mikrobiologi. Mikrobiologi adalah ilmu yang mempelajari mikroorganisme serta interaksinya dengan lingkungan dan makhluk hidup lainnya. Antonie van Leeuwenhoek dikenal dunia sebagai Bapak mikrobiologi. Berbekal mikroskop sederhana lensa tunggal yang dikonstruksinya (**Gambar 4.1**), Antonie van Leeuwenhoek telah membuka jendela sains untuk melihat dunia

mikroorganisme yang ada di alam. Ia menemukan *animalcule* yang disebutnya saat itu (kini disebut bakteri) yang diisolasi dari berbagai sampel seperti air hujan, air kolam, dan kikisan gigi (Talaro dan Chess, 2012).



a



b

Gambar 4.1. (a) Lukisan minyak Antonie van Leeuwenhoek sedang duduk di laboratoriumnya sambil membawa mikroskop yang dirancangnya (tahun 1632-1723), (b) replika mikroskop lensa tunggal Antonie van Leeuwenhoek dan cara menggunakannya (Sumber: Talaro dan Chess, 2012)

Dimana monera hidup dan dapat ditemukan ?. Pertama kalinya Louis Pasteur menjawab pertanyaan ini melalui eksperimennya menggunakan labu leher angsa yang membuktikan bahwa monera (mikroorganisme) dapat ditemukan dari udara (A'yun *et al.*, 2022). Seiring perkembangan ilmu dan teknologi kini kita mengetahui bahwa selain di udara monera juga dapat ditemukan di laut dalam (Li *et al.*, 2015), tanah (He *et al.*, 2023), saluran pencernaan manusia dan hewan (Lambuk *et al.*, 2023), permukaan kulit manusia dan hewan (Timm *et al.*, 2020), akar tumbuhan (Wiratno *et al.*, 2019) serta organ tumbuhan lainnya (Linda *et al.*, 2023), dan lain – lain. Hal ini menunjukkan bahwa monera memiliki sifat hidup yang kosmopolit.

Info Ilmiah

10 sampai dengan 100 triliun mikroorganisme hidup bersimbiosis pada tubuh setiap orang. Populasi mikroorganisme terbanyak terdapat pada organ saluran pencernaan (Ursell *et al.*, 2012)

4.2 Karakteristik Monera

Monera umumnya berukuran mikroskopik, selnya berupa prokariotik (tidak memiliki membran inti), tidak memiliki mitokondria dan tidak memiliki retikulum endoplasma, organisasi selnya merupakan uniseluler soliter atau uniseluler koloni, beberapa ada yang bersifat autotrof fotosintetik dan kemosintetik, dan bersifat heterotrof baik saprofit maupun parasit, ada yang motil dan ada yang non-motil (Whittaker, 1969).

4.3 Morfologi Monera

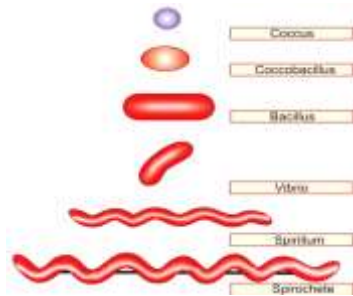
Ukuran sel monera bervariasi mulai dari 0,2 μm sampai dengan 750 μm (**Tabel 4.1**). *Thiomargarita namibiensis* adalah bakteri kemolitotrof pengoksidasi sulfur dengan ukuran sel terbesar dibandingkan ukuran sel monera lainnya.

Tabel 4.1. Contoh spesies monera dengan ukuran selnya

Nama Spesies	Ukuran Sel
<i>Thiomargarita namibiensis</i>	750 μm
<i>Escherichia coli</i>	1 x 2 μm
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	0,2 μm

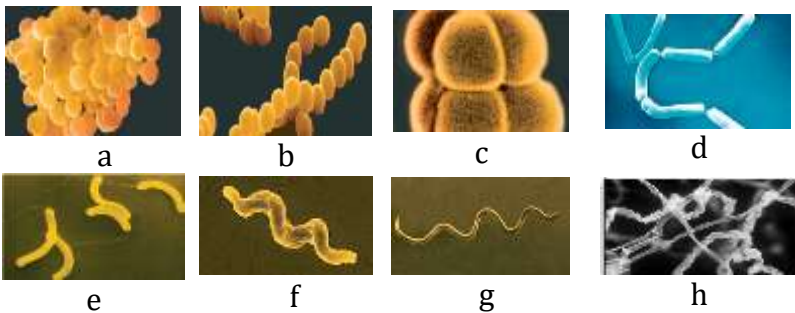
Sumber: Madigan *et al.*, 2019

Bentuk sel monera umumnya ada tiga bentuk dasar yaitu bulat (disebut: *coccus*), batang (disebut: *bacillus*), spiral (disebut: *spirilia*), filamen, dan bentuk koma (disebut: *vibrio*) (**Gambar 4.2**). Beberapa spesies dari bakteri dan archaea ada yang membentuk suatu koloni atau klaster setelah pembelahan selnya (reproduksi sel) dan hal ini menjadi ciri khas bentuk sel spesies tersebut. Contohnya bakteri *coccus* yang membentuk rantai panjang maka susunan selnya disebut *streptococcus*; ada yang *coccus* membentuk kubus disebut *sarcina*; dan ada yang *coccus* bergerombol maka disebut *staphylococcus*. Ada juga bakteri *bacillus* yang susunan selnya membentuk rantai panjang maka disebut *streptobacili* (**Gambar 4.2**).



Gambar 4.2. Bentuk dasar sel monera

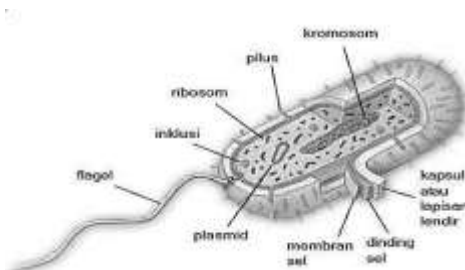
(Sumber: Bhatia dan Ichhpujani, 2008)



Gambar 4.3. Bentuk sel monera: (a) staphylococcus; (b) streptococcus; (c) sarcina; (d) streptobacillus; (e) vibrio; (f) spirillum; (g) spiroketa; (h) filamen bercabang
(Sumber: Tortora *et al.*, 2013; Talaro dan Chess, 2012)

4.4 Struktur Sel Monera

Setelah kalian mempelajari morfologi sel monera, sekarang kalian akan mengenal lebih dalam ttruktur sel monera itu sendiri. Struktur sel monera dibedakan menjadi dua bagian yaitu struktur eksternal dan struktur internal. **Gambar 4.4.** memperlihatkan anatomi struktur sel monera secara umum.

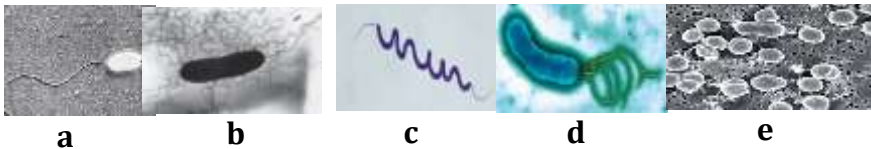


Gambar 4.4. Anatomi struktur sel monera
(Sumber: www.brainly.co.id)

4.4.1 Struktur Eksternal Sel Monera

Struktur eksternal sel monera meliputi flagel, pili, fimbria, glikokaliks (kapsul atau lapisan lendir), dan dinding sel.

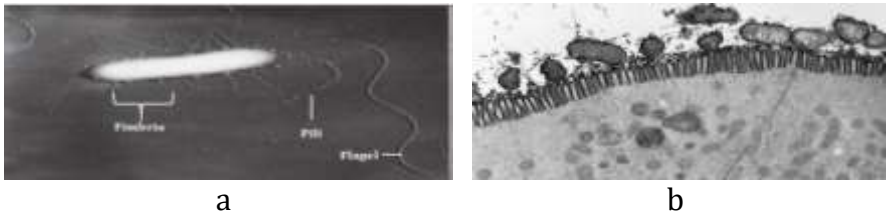
Flagel merupakan filamen panjang (mengandung protein flagelin) yang mencuat dari sel dan berfungsi untuk pergerakan sel (alat lokomotif sel). Ukuran panjangnya beberapa kali lebih panjang dari selnya. Berdasarkan jumlah dan letak tumbuhnya flagel dibedakan menjadi 4 tipe yaitu monotrik, lofotrik, amfitrik, dan peritrik (**Gambar 4.5**). Flagel pada bakteri analog dengan arkaella yang terdapat pada archaea. Tidak semua bakteri dan archaea memiliki flagel/arkaella. Dapatkah kalian sebutkan contoh bakteri yang memiliki flagel?.



Gambar 4.5. Visualisasi flagel dan arkaella dibawah mikroskop elektron. (a) monotrik; (b) peritrik; (c) amfitrik; (d) lofotrik; (e) arkaella

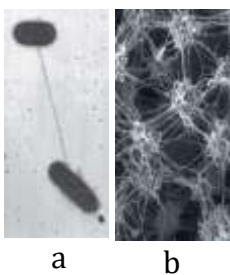
(Sumber: Madigan *et al.*, 2019; Carroll *et al.*, 2016; Tortora *et al.*, 2013)

Fimbria adalah serabut halus pendek seperti bulu yang tersusun oleh protein lektin atau adhesin yang keluar dari seluruh permukaan sel. Jumlahnya dapat mencapai beberapa hingga ratusan per sel. Fimbria berfungsi sebagai alat perlekatan sel satu sama lain atau perlekatan sel pada suatu permukaan solid atau cair termasuk permukaan jaringan makhluk hidup. Perlekatan ini berkaitan dengan patogenisitas dan pembentukan biofilm bakteri pada suatu permukaan (Madigan *et al.*, 2019). Fimbria pada bakteri *Escherichia coli* O157 berperan dalam penempelan bakteri pada mikrofilus usus kecil dan menyebabkan diare (**Gambar 4.6**). Sifat virulensi bakteri ini akan hilang ketika fimbria tidak ada dan tidak terjadi kolonisasi (Talaro dan Chess, 2012).



Gambar 4.6. Struktur dan peran fimbria. (a) Perbedaan struktur antara fimbria, pili, dan flagel; (b) Peran fimbria sebagai alat perlekatan dan pembentukan kolonisasi bakteri *E. coli* pada permukaan mikrovili usus halus
(Sumber: Carroll *et al.*, 2016; Talaro dan Chess, 2012)

Pili (tunggal: pilus) memiliki struktur mirip fimbria tetapi sedikit lebih panjang ukurannya dari fimbria. Pili tersusun oleh protein pilin. Umumnya pili berjumlah satu atau hanya beberapa saja pada setiap sel. Bakteri ada yang memiliki pili seks, pili ini terlibat dalam proses transfer materi genetik (pemindahan materi genetik) yang dibawa oleh plasmid dari satu sel ke sel lain yang disebut **konjugasi**. Contoh konjugasi terjadi pada sesama sel bakteri Gram negatif (**Gambar 4.7a**). Archaea grup SM1 memiliki struktur yang analog fungsinya dengan pili disebut hami (**Gambar 4.7b**) (Talaro dan Chess, 2012).

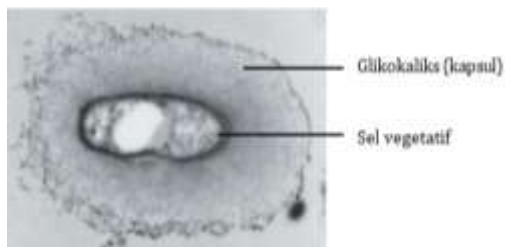


Gambar 4.7. Pili dan Hami. (a) Proses konjugasi menggunakan pili seks pada dua sel bakteri *Escherichia coli*. (b) Hami pada archaea grup SM1 membentuk suatu jaringan yang menghubungkan satu sel dengan sel yang lain
(Sumber: Madigan *et al.*, 2019)

Selain konjugasi, proses pemindahan materi genetik pada monera dapat terjadi secara transformasi dan induksi. Transformasi adalah pemindahan materi genetik berupa fragmen DNA bebas dari lingkungan ke sel resipien dan menghasilkan perubahan sifat genetik. Transduksi adalah

transfer materi genetik dari satu sel bakteri ke sel bakteri lain yang dimediasi oleh virus (*bacteriophage*) (Madigan *et al.*, 2019).

Glikokaliks merupakan sekret ekstraseluler yang menyelimuti sel berada diluar dinding sel (**Gambar 4.8**). Glikokaliks berupa polimer yang bersifat kental (lengket) tersusun oleh polisakarida, polipeptida, atau kedua nya. Komposisi kimia dan ketebalan glikokaliks beragam pada setiap spesies bakteri. Glikokaliks bertekstur encer disebut sebagai lapisan lendir (*slime layer*), sedangkan glikokaliks dengan tekstur lebih kompak (kenyal) disebut sebagai kapsul. Kapsul berfungsi sebagai proteksi bakteri patogen dari fagositosis.



Gambar 4.8. Visualisasi kapsul pada sel bakteri dibawah mikroskop elektron.

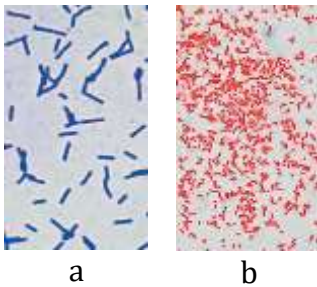
(Sumber: Madigan *et al.*, 2019)

Info Ilmiah

Tahukah kalian ? bahwa glikokaliks juga berperan dalam perlekatan bakteri *Streptococcus mutans* pada enamel gigi penyebab pembentukan plak pada permukaan gigi. Produk asam yang dihasilkan oleh *Streptococcus mutans* menyebabkan karies gigi (Carroll *et al.*, 2016).

Dinding sel merupakan lapisan yang berada di luar membran sel. Dinding sel berfungsi menjaga integritas dan bentuk sel, osmoregulator sel, serta proteksi sel dari perubahan lingkungan luar sel. Dalam dunia medis, dinding sel bakteri memiliki peran penting pada patogenisitas suatu bakteri penyebab penyakit dan sebagai situs target antibiotik (Tortora *et al.*, 2013). Komponen kimia penyusun dinding sel monera berbeda dengan sel tumbuhan, hewan, dan fungi. Dinding sel bakteri tersusun oleh peptidoglikan (dikenal sebagai murein).

Bakteri dibedakan menjadi dua kelompok yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Pengelompokan ini berdasarkan reaksi pewarnaan Gram. Reaksi pewarnaan Gram menghasilkan warna merah pada dinding sel bakteri Gram negatif dan warna violet atau biru tua pada dinding sel bakteri Gram positif (**Gambar 4.9**). Metode pewarnaan Gram dapat digunakan sebagai tahap awal identifikasi bakteri. Komponen penyusun dinding sel berperan penting dalam reaksi pewarnaan Gram bakteri (Carroll *et al.*, 2016). Dinding sel bakteri Gram negatif tersusun oleh dua lapis yaitu 10% peptidoglikan dan membran luar (*outer layer*), sedangkan bakteri Gram positif tersusun oleh satu lapis yaitu 90% peptidoglikan yang berikatan dengan asam teikoat.



Gambar 4.9. Hasil reaksi pewarnaan Gram bakteri. **(a)** Reaksi menghasilkan warna violet/biru tua pada bakteri Gram positif; **(b)** reaksi menghasilkan warna merah pada bakteri Gram negatif. (Sumber: Tortora, Funke dan Case, 2013)

Berbeda dengan bakteri, dinding sel archaea tersusun oleh pseudopeptidoglikan. Meskipun sedikit mirip, namun dinding sel archaea tidak sensitif terhadap lisozim dan penisilin (Madigan *et al.*, 2019).

Info Ilmiah

Mycoplasma adalah satu – satunya genus bakteri yang tidak memiliki dinding sel. Hal ini menjadikannya sulit untuk dimusnahkan dengan antibiotik yang merusak dinding sel seperti penisilin.

4.4.2 Struktur Internal Sel Monera

Struktur internal terletak di dalam dinding sel, meliputi membran sel, sitoplasma, daerah inti, ribosom, badan inklusi, dan endospora.

Membran sel atau membran plasma yaitu selaput tipis yang terdapat di sebelah dalam dinding sel yang membungkus sitoplasma. Fungsi utama membran sel adalah mengatur transportasi material molekul ke dalam dan keluar sel. Membran sel bakteri tersusun oleh fosfolipid bilayer yang terikat protein. Lipid tersusun oleh D-gliserol ester dan asam lemak tidak bercabang sebagai rantai samping. Membran sel archaea sedikit berbeda dengan bakteri, lipid tersusun oleh L-gliserol eter dan rantai samping berupa isoprena bercabang. Sedangkan, membran sel *Mycoplasma* tersusun oleh sterol (Talaro dan Chess, 2012).

Sitoplasma merupakan substansi koloid yang mengisi ruangan sel di bagian dalam. Sitoplasma mengandung berbagai enzim, air (80%), protein, karbohidrat, asam nukleat, dan lipid (Tortora *et al.*, 2013).

Daerah inti atau disebut nukleoid mengandung kromosom yaitu DNA dan plasmid. Plasmid adalah DNA ekstrakromosom pada bakteri. Plasmid tersusun oleh gen penyandi sifat yang dapat diturunkan namun bukan gen yang terlibat dalam proses pertumbuhan dan reproduksi sel. Misalnya, gen penyandi sifat resistensi antibiotik. Jika plasmid dihilangkan maka sel akan tetap hidup. Plasmid dapat ditransfer dari satu sel ke sel lainnya melalui pili seks dengan cara konjugasi (Talaro dan Chess, 2012).

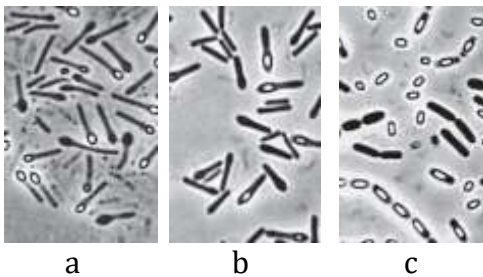
Ribosom sebagai organel yang terlibat dalam proses sintesis protein. Ribosom pada monera terletak tersebar di sitoplasma namun ada juga yang melekat di membran sel (Tortora *et al.*, 2013).

Ayo Bereksplorasi

Cari perbedaan ribosom archaea dengan bakteri. Selain itu, carilah informasi mengenai peran ribosom dalam identifikasi molekuler.

Badan inklusi merupakan organel penyimpan nutrisi. Badan inklusi pada bakteri akuatik disebut sebagai vesikula gas yang terlibat dalam sifat pengapungan di air. Bakteri tertentu memiliki badan inklusi yang disebut granul. Granul berisi sulfur pada bakteri fotosintetik dan granul berisi polifosfat pada bakteri *Corynebacterium* dan *Mycobacterium* (Talaro dan Chess, 2012).

Endospora (*resting cell*) adalah sel dorman yang diproduksi oleh genus bakteri *Bacillus*, *Clostridium*, dan *Sporosarcina*. Endospora berdinding sangat tebal tersusun oleh kalsium dan *dipicolinic acid* (**Gambar 4.10**). Hal ini menyebabkan endospora resisten terhadap kondisi kering dan paparan termal, radiasi, serta agen kimiawi (Carroll *et al.*, 2016).



Gambar 4.10. Tipe endospora bakteri berdasarkan letaknya di dalam sel. **(a)** spora terminal. **(b)** Spora subterminal. **(c)** Spora sentral.

(Sumber: Madigan *et al.*, 2019)

4.5 Pertumbuhan dan Reproduksi Monera

Pertumbuhan pada uniseluler didefinisikan dengan peningkatan jumlah organisme yang membentuk suatu populasi atau kultur. Ciri reproduksi monera adalah pembelahan biner (*binary fission*) yaitu pembelahan yang terjadi dari satu sel menghasilkan dua sel anakan yang identik. Reproduksi dengan cara pembelahan biner akan menghasilkan pertambahan sel secara geometrik:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^3 \rightarrow 2^4 \dots 2^n$$

Rentang waktu yang dibutuhkan sel untuk membelah diri menjadi dua kali lipat disebut sebagai waktu generasi. Waktu

generasi setiap spesies tidak sama karena dipengaruhi oleh faktor fisik dan kimiawi termasuk nutrisi (Carroll *et al.*, 2016).

4.5.1 Faktor – Faktor Pertumbuhan Monera

Temperatur memengaruhi aktivitas enzim yang terlibat dalam metabolisme dan pertumbuhan sel. Monera dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan kisaran temperatur tumbuh (**Tabel 4.2**).

Tabel 4.2. Monera berdasarkan kisaran temperatur tumbuh

Psikrofil	▪ Tumbuh pada temperatur rendah (-5 – 15 °C) ▪ Hidup di wilayah Arktik dan Antartik ▪ Contoh: <i>Polaromonas vacuolata</i>
Psikotrof	▪ Optimum pada temperatur 20 – 30 °C, namun tumbuh baik pada temperatur yang rendah. ▪ Mikroorganisme pembusuk makanan
Mesofil	▪ Tumbuh baik pada temperatur 30 – 37 °C ▪ Hidup di saluran cerna hewan endotermik di iklim sedang dan tropis. ▪ Contoh: <i>Escherichia coli</i>
Termofil	▪ Tumbuh baik pada temperatur 50 – 60 °C ▪ Contoh: <i>Geobacillus stearothermophilus</i>
Hipertermofil	▪ Tumbuh optimum pada temperatur > 80 °C ▪ Hidup di kedalaman laut ▪ Contoh: <i>Pyrolobus fumarii</i>

Sumber: Madigan *et al.*, 2019

pH adalah konsentrasi ion hidrogen. Setiap organisme memiliki kisaran pH optimum dalam fisiologi selnya. *Acidithiobacillus ferrooxidans* disebut **asidofil** karena hidup pada pH optimum <5. **Nuetrofil** hidup pada kisaran pH optimum 5,5 – 7,9 contohnya *Escherichia coli*. *Natronobacterium gregoryi* hidup pada pH optimum >8 disebut **alkalofil** (Madigan *et al.*, 2019) .

Tekanan osmosis merupakan konsentrasi zat terlarut yang terdapat di lingkungan sel. **Halofilik** hidup di lingkungan dengan kadar garam tinggi, contohnya *Halobacterium* tumbuh

baik pada lingkungan dengan kadar 9% - 25% NaCl. **Osmotoleran atau halotoleran** hidup di lingkungan dengan rentang kadar zat terlarut yang luas. *Staphylococcus aureus* dapat hidup pada konsentrasi 0,1 sampai 20% NaCl. Monera yang hidup pada kadar gula yang tinggi disebut **osmofilik**. Monera yang hidup pada lingkungan sangat kering disebut **xerofilik** (Talaro dan Chess, 2012).

Oksigen berperan sebagai akseptor hidrogen dalam respirasi sel. Namun, tidak semua monera membutuhkan oksigen. Berdasarkan kebutuhan dan kemampuannya memanfaatkan oksigen, monera dibedakan menjadi beberapa tipe (**Tabel 4.3**).

Tabel 4.3. Tipe monera kaitannya dengan kebutuhan oksigen

Aerob obligat	Tumbuh pada lingkungan ada oksigen (21% O ₂). Contoh : <i>Micrococcus</i> dan <i>Bacillus</i>
Aerob fakultatif	Tumbuh pada lingkungan tidak ada oksigen, namun tumbuh lebih baik jika terdapat oksigen. Contoh : <i>Escherichia coli</i>
Mikroaerofilik	Tumbuh dengan memanfaatkan oksigen hanya pada konsentrasi rendah (1-15% O ₂). Contoh : <i>Helicobacter pylori</i>
Aerotoleran	Tumbuh pada lingkungan ada oksigen tetapi tidak menggunakannya sebagai akseptor hidrogen. Contoh: <i>Lactobacillus</i>
Anaerob obligat	Tumbuh pada lingkungan tidak ada oksigen. Contoh : <i>Clostridium</i>

Sumber : (Prescott *et al.*, 2002)

Nutrisi diperoleh dari lingkungan yang digunakan untuk metabolisme dan pertumbuhan sel. Penentu utama nutrisi adalah sumber karbon dan energi. Berikut adalah kategori monera berdasarkan sumber karbon dan energi (**Tabel 4.4**):

Tabel 4.4. Kategori monera berdasarkan sumber karbon dan energi

Kategori	Sumber Karbon	Sumber Energi	Contoh
Fotoautotrof	CO ₂	Cahaya	<i>Cyanobacteria</i>
Kemoautotrof	CO ₂	Senyawa anorganik	Bakteri metanogen, dan bakteri laut dalam
Kemoheterotrof	Senyawa organik	Senyawa organik	
1. Saprofit		Senyawa organik dari detritus organisme mati	Bakteri dekomposer
2. Parasit		Senyawa organik dari organisme hidup	Bakteri patogen
Fotoheterotrof	Senyawa organik	Cahaya matahari/bahan organik	Bakteri ungu dan bakteri fotosintetik

Sumber : (Talaro dan Chess, 2012)

4.6 Taksonomi Monera

Monera merupakan grup prokariot. Dalam taksonomi prokariot, monera dibedakan menjadi dua domain yaitu domain archaea dan domain bacteria. Pada taksonomi monera, tingkat taksonomi tertinggi adalah domain dan tingkat terendah adalah spesies. Contoh penulisan tingkat taksonomi monera dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5. Penulisan taksonomi pada monera

Tingkat Taksonomi	Contoh
Domain:	<i>Bacteria</i>
Filum:	<i>Proteobacteria</i>
Kelas:	<i>Alphaproteobacteria</i>
Ordo:	<i>Legionellales</i>
Famili:	<i>Legionellaceae</i>
Genus:	<i>Legionella</i>

Tingkat Taksonomi	Contoh
Spesies:	<i>Legionella pneumophila</i>
Subspesies:	<i>Legionella pneumophila subsp. subsp. pneumophila</i>

Sumber: Brenner *et al.*, 2005

4.7 Klasifikasi Archaea

Archaea merupakan monera yang sebagian besar hidup di lingkungan ekstrem, seperti lapisan terdalam bumi, lingkungan ekstrem dingin (arktik dan antartik), lingkungan bebatuan panas, lingkungan kering, lingkungan berkadar garam tinggi, dan lingkungan bertekanan tinggi. Berdasarkan *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, archaea diklasifikasikan menjadi 2 filum (**Tabel 4.6**).

Tabel 4.6. Klasifikasi archaea berdasarkan *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*

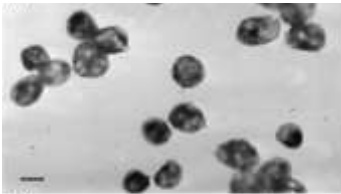
Domain: Archaea	Filum	Kelas
	1. Crenarchaeota	Thermoprotei
	2. Euryarchaeota	Methanobacteria Methanococci Methanomicrobia Halobacteria Thermoplasmata Thermococci Archaeoglobi Methanopyri

Thermoprotei terdiri dari spesies archaea yang hidup di lingkungan ekstrem panas, dan ekstrem asam, salah satunya adalah *Sulfolobus*. *Sulfolobus* merupakan archaea *thermoacidophilus* karena kemampuannya hidup di lingkungan dengan temperatur maksimum 110 °C dan pH 2 – 3. **Gambar 4.11** menampilkan kondisi habitat *Sulfolobus* di geyser Taman Nasional Yellowstone.

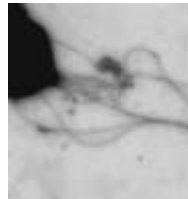
Methanobacteria merupakan archaea anaerob obligat penghasil metan. *Methanobacteria* dapat diisolasi dari sedimen air tawar dan laut, reservoir minyak bumi, gas hidrat, lingkungan anaerob biodegradasi senyawa organik, saluran pencernaan dan usus hewan, dan limbah anaerob digester. Archaea ini banyak hidup di lapisan tanah paling dalam (Wu dan Lai, 2011). **Gambar 4.12** menampilkan bentuk archaea methanogen *Methanolobus chelungpuianus* sp. Nov yang diisolasi dari lingkungan patahan bumi pasca gempa bumi (*fault environment*) di Chelungpu, Taiwan.



Gambar 4.11. *Sulfolobus* tumbuh baik pada Geyser Taman Nasional Yellowstone (warna oranye menunjukkan pigmen karotenoid yang dihasilkan oleh archaea termofilik
(Sumber: (Prescott *et al.*, 2002)



Gambar 4.12.
Methanolobus chelungpuianus sp. Nov
(Sumber: Wu dan Lai, 2011)



Gambar 4.13 Flagel pada *Halobacterium salinarium*
(Sumber: Beznosov *et al.*, 2007)

Halobacteria merupakan archaea yang ditemukan di lingkungan berkadar garam tinggi (150 – 200 g/L) seperti danau garam *Great Salt Lake*, Utah, dan Laut Mati. Contoh spesies archaea *Halobacteria* yaitu *Halobacterium salinarium*, archaea ini memiliki flagel yang mirip fungsinya dengan flagel pada bakteri, namun komponen kimiawi penyusunnya tidak homolog dengan bakteri (Beznosov *et al.*, 2007).

4.8 Klasifikasi Bakteri

Berdasarkan *Berge's Manual of Systematic Bacteriology*, bakteri diklasifikasikan menjadi 24 filum (**Tabel 4.7**)

Tabel 4.7. Klasifikasi bakteri berdasarkan *Berge's Manual of Systematic Bacteriology*

Domain: Bakteri	Filum	Kelas
	1. Aquificae	Aquificae
	2. Thermotogae	Thermotogae
	3. Thermodesulfobacteria	Thermodesulfobacteria
	4. "Deinococcus-Thermus"	Deinococci
	5. Chrysiogenetes	Chrysiogenetes
	6. Chloroflexi	Chloroflexi Anaerolineae
	7. Thermomicrobia	Thermomicrobia
	8. Nitrospira	Nitrospira
	9. Deferribacteres	Deferribacteres
	10. Cyanobacteria	Cyanobacteria
	11. Chlorobi	Chlorobia
	12. Proteobacteria	Alphaproteobacteria
		Betaproteobacteria
		Gammaproteobacteria
		Deltaproteobacteria
		Epsilonproteobacteria
	13. Firmicutes (Bakteri Gram positif rendah G+C)	Clostridia
		Mollicutes
		Bacilli
	14. Actinobacteria	Actinobacteria
	15. Planctomycetes	Planctomycetacia
	16. Chlamydiae	Chlamydiae
	17. Spirochaetes	Spirochaetes
	18. Fibrobacteres	Fibrobacteres
	19. Acidobacteria	Acidobacteria
	20. Bacteroidetes	Bacteroidetes
		Flavobacteria
		Spingobacteria
	21. Fusobacteria	Fusobacteria
	22. Verrucomicrobia	Verrucomicrobia
	23. Dictyoglomi	Dictyoglomi
	24. Gemmatimonadetes	Gemmatimonadetes

Sumber: (Garrity *et al.*, 2004)

Cyanobacteria sebagian besar merupakan bakteri oksigenik dan fotosintetik, terdapat klorofil di dalam selnya, fotoautotrof, Gram negatif, susunan selnya tunggal, koloni, atau filamen. *Cyanobacteria* melakukan fermentasi dalam kondisi anoksik dan gelap (tidak ada cahaya). Bakteri ini juga dikenal mampu mengikat nitrogen bebas karena memiliki heterokis (**Gambar 4.14**) (Abed *et al.*, 2009).



Gambar 4.14. Heterokis (ditunjuk tanda panah) pada *Nostoc punensis* (Sumber: (Gaysina *et al.*, 2018))



Gambar 4.15. Filamen aksial (ditunjuk tanda panah) pada *Treponema pallidum* (Sumber: Tortora *et al.*, 2013)

Bakteri ini ditemukan di setiap habitat di bumi seperti di mata air, laut, daerah gersang, daerah beriklim sedang, abu vulkanik, tanah bergaram, salju dan es gletser, kolam, danau, sungai, dan aliran. Contoh *Cyanobacteria* yaitu *Prochlorococcus*, *Synechococcus*, *Trichodesmium*, *Nodularia*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Gloeotheca*, *Nostoc*, *Trichormus variabilis* (Gaysina *et al.*, 2018). Selain *Cyanobacteria* terdapat dua grup bakteri fotosintetik lainnya yaitu grup bakteri sulfur ungu dan grup bakteri sulfur hijau fotosintetik. Kedua grup ini merupakan bakteri anoksigenik fotosintetik. Anoksigenik artinya H_2O_2 tidak bisa digunakan sebagai sumber elektron untuk menghasilkan energi melainkan menggunakan molekul lain seperti sulfur sebagai sumber elektron. Granul sulfur terdapat di dalam sel bakteri ungu sedangkan granul sulfur pada bakteri hijau terdapat di luar sel (Prescott *et al.*, 2002).

Proteobacteria terbagi menjadi 5 kelas yaitu *alphaproteobacteria*, *betaproteobacteria*, *gammaproteobacteria*, *deltaproteobacteria*, dan *epsilonproteobacteria*. *Proteobacteria*

terdiri dari bakteri Gram negatif batang dan kokus yang bersifat nonoksigenik. Sifat nutrisinya bervariasi yaitu fotoautotrof, kemolitotrof, dan kemoheterotrof. Spesies ***Alphaproteobacteria*** sebagian besar bersifat kemolitotrof, dan mampu mengikat nitrogen. Contohnya genus *Agrobacterium*, *Rhizobium*, dan bakteri nitrifikasi. Selain itu, terdapat spesies yang merupakan patogen penting. *Rickettsia prowazekii* dan *R. typhi* berhubungan dengan demam tifus, ***Betaproteobacteria*** bersifat kemoheterotrof, fotolitotrof, metilotrof, dan kemolitotrof. Dua genus merupakan patogen manusia yang penting yaitu *Neisseria* dan *Bordetella*. *Neisseria meningitidis* penyebab meningitis, sedangkan *Bordetella pertussis* penyebab infeksi batuk rejan. Kelas ***Gammaproteobacteria*** sebagian besar adalah bakteri Gram negatif batang yang bersifat anaerob fakultatif. Anggotanya banyak yang terlibat sebagai agen penyebab penyakit. Diantaranya yaitu *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Shigella*, *Klebsiella pneumoniae* dan *Vibrio cholerae*. ***Deltaproteobacteria*** terdiri dari bakteri Gram negatif anaerob yang dapat menggunakan belerang dan belerang teroksidasi sebagai akseptor elektronnya pada proses respirasi. Hal ini sangat penting bagi ekosistem pada siklus belerang (sulfur), contohnya adalah *Desulfovibrio*. ***Epsilonproteobacteria*** terdiri dari dua genus patogen penting yaitu *Campylobacter* dan *Helicobacter*. Keduanya bersifat mikroaerofilik, motil, bentuk sel heliks, dan Gram negatif.

Bakteri Gram positif pada klasifikasi bakteri dibedakan menjadi dua grup yaitu Gram positif rendah G+C dan Gram positif tinggi G+C. Klasifikasi ini berdasarkan similaritas sekuen asam nukleat. Anggota grup Gram positif rendah G+C terdiri dari genus *Clostridia*, *Mycoplasma*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, dan *Streptococcus*. Sebagian besar bakteri Gram positif bersifat saprofit namun sebagian kecil bersifat patogen penyebab penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Genus *Lactobacillus* termasuk bakteri Gram positif yang tidak patogen. Bakteri ini berperan penting dalam industri pangan dan susu. Genus *Bacillus* dan *Clostridia* adalah bakteri Gram positif yang memiliki endospora. Kelas *Mollicute* dikenal juga sebagai

Mycoplasma. *Mycoplasma* merupakan bakteri yang tidak memiliki dinding sel dan bakteri berukuran terkecil dibandingkan bakteri lainnya dengan diameter 0,2 μm . Sebagian besar *Mycoplasma* adalah bakteri patogen pada manusia, hewan, dan tumbuhan. *Mycoplasma pneumoniae* menyebabkan infeksi pneumonia pada manusia, *Mycoplasma gallisepticum* penyebab infeksi saluran pernafasan kronik pada ayam, *Spiroplasma* patogen pada tumbuhan seperti kubis, jagung, dan brokoli. Artropoda tertentu berperan sebagai vektor *Spiroplasma* pada tumbuhan.

Actinobacteria merupakan bakteri Gram positif tinggi G+C. Filum ini terdiri dari genus yang penting bagi dunia medis yaitu *Actinomyces* dan *Streptomyces*. Kedua genus ini berperan besar sebagai penghasil antibiotik. Genus *Bifidobacterium* diketahui sebagai genus pertama yang berkolonisasi di saluran pencernaan bayi yang menyusu ASI. *Propionibacterium* adalah bakteri normal pada kulit yang terlibat sebagai penyebab jerawat. Dua genus lainnya yaitu *Corynebacterium* dan *Mycobacterium* merupakan bakteri patogen penting pada manusia.

Spirochaetes terdiri dari tiga genus Gram negatif yang berperan sebagai patogen pada manusia yaitu *Borrelia*, *Treponema*, dan *Leptospira*. *Treponema pallidum* berbentuk spiral ramping (*slender spiral*) yang mempunyai endoflagel (filamen aksial) (**Gambar 4.15**), bakteri ini berperan sebagai penyebab penyakit sifilis. *Leptospira* terlibat dalam penyebab penyakit leptospirosis.

Chlamydiae termasuk bakteri Gram negatif. *Chlamydia trachomatis* bersifat parasit obligat intraseluler pada manusia. Bakteri ini menyebabkan penyakit trakoma (penyakit mata kuno), pneumonia pada bayi. Selain itu, *Chlamydia trachomatis* juga penyebab penyakit organ genital pada pria dan wanita, seperti uretritis nongonokokal, epididymitis, servitis, dan penyakit radang panggul yang dapat menyebabkan kemandulan dan predisposisi kehamilan ektopik (Carroll *et al.*, 2016).

4.9 Peran Monera bagi Kehidupan

Monera sebagai mikroorganisme memiliki peran penting bagi kehidupan. Interaksi monera dengan lingkungan dan organisme lainnya menentukan peran monera dalam kehidupan baik perannya yang menguntungkan atau merugikan dalam kehidupan.

Peran Monera di Bidang Lingkungan

Bakteri fotosintetik seperti *Cyanobacteria*, bakteri sulfur ungu, dan bakteri sulfur hijau telah banyak dimanfaatkan dalam pemulihan lingkungan tercemar. Beberapa bakteri fotosintetik ada yang dapat menurunkan efek rumah kaca dengan memanfaatkan karbon dioksida dan ada yang mampu mendegradasi material polutan kimiawi perairan. *Rhodobacter sphaeroides* S dan *Rhodovulum* sp. PS88 dapat mendegradasi kadmium dalam sistem *batch culture* (Talaiekhosani dan Rezania, 2017). Filum *Actinobacteria* ternyata tidak hanya mampu menghasilkan antibiotik namun juga mampu menghasilkan senyawa metabolit yang dapat mendegradasi senyawa pestisida dan logam berat (Jagannathan *et al.*, 2021).

Peran Monera Di Bidang Pertanian

Rhizobium dan *Bradyrhizobium* merupakan dua genus penting di bidang pertanian. Kedua genus ini menginfeksi akar tumbuhan legum dan menyebabkan terjadinya nodul – nodul pada akar sebagai bentuk hubungan simbiosis antara tumbuhan dengan bakteri. Simbiosis ini mengakibatkan terjadinya fiksasi nitrogen bebas untuk dapat digunakan oleh tumbuhan (Tortora *et al.*, 2013).

Peran Monera Di Bidang Industri Makanan Dan Minuman

Genus *Lactobacillus* berperan penting dalam industri makanan terutama sebagai pengawet makanan (*biopreservative*). Hal ini disebabkan *Lactobacillus* menghasilkan senyawa antimikrob seperti bakteriosin yang mampu menekan pertumbuhan bakteri patogen dan pembusuk makanan (Gálvez *et al.*, 2007). *Acetobacter xylinum* dikenal sebagai bakteri

penghasil bioselulosa dalam fermentasi air kelapa (Nugroho dan Aji, 2015).

Peran Monera Di Bidang Farmasi Dan Kedokteran

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, bahwa genus *Actinomyces* dan *Streptomyces* merupakan kedua genus bakteri penghasil terbanyak antibiotik. Beragam golongan antibiotik dihasilkan oleh kedua genus ini seperti streptomisin, aktinomisin, kanamisin, neomisin, eritromisin, linkomisin, dll. Selain penghasil antibiotik, kedua genus ini juga diketahui mampu menghasilkan berbagai metabolit sekunder yang memiliki aktivitas sebagai insektisida, herbisida, antifungi, dan antelmintik. Sebagian besar genus ini dapat diisolasi dari tanah (Barka *et al.*, 2016).

Genus *Lactobacillus* yang diisolasi dari makanan fermentasi mampu menghasilkan berbagai vitamin seperti folat, riboflavin, dan kobalamin (Hati *et al.*, 2019).

Escherichia coli sering digunakan sebagai vektor dalam proses teknologi DNA rekombinan seperti produksi insulin manusia, hormon pertumbuhan, interleukin, *tumor necrosis factor* (TNF), dsb (Tortora *et al.*, 2013).

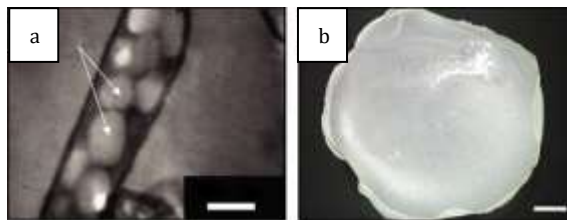
Baru – baru ini Indonesia mulai menerapkan penggunaan bakteri *Wolbachia* dalam pengendalian penyebaran nyamuk *Aedes aegypti* dengue. *Wolbachia pipientis* merupakan anggota filum *proteobacteria* yang memiliki kemampuan dalam menghambat replikasi virus *Dengue* di dalam tubuh nyamuk *Aedes aegypti* (Iturbe-Ormaetxe *et al.*, 2011).

Peran Monera Di Bidang Bioteknologi

Kalian telah mengetahui dari materi sebelumnya bahwa terdapat monera yang dapat hidup di lingkungan ekstrem yang disebut ekstremofilik dan kebanyakan mereka adalah archaea. Kemampuannya hidup di lingkungan ekstrem tentu berkaitan dengan enzim metabolisme yang mereka miliki. Artinya enzim tersebut memiliki kemampuan aktivasi di kondisi ekstrem suhu, salinitas, dan pH, dimana enzim lain tidak dapat aktif pada kondisi tersebut. Enzim ini sangat menguntungkan di dunia

bioteknologi. Contohnya adalah enzim *Taq polymerase* yang digunakan dalam teknik PCR (*Polymerase chain reaction*), enzim ini aktif pada suhu 95 °C. *Taq polymerase* dihasilkan oleh *Thermus aquaticus* yang hidup di Taman Nasional Yellowstone (Tortora *et al.*, 2013).

Cyanobacteria berperan sebagai penghasil bioplastik PHAs (*polyhydroxyalkanoates*) contohnya adalah *Spirulina platensis*. PHAs merupakan kristal termoplastik yang terakumulasi di dalam sitoplasma akibat asimilasi biokimia sumber karbon (**Gambar 4.16**). PHAs memiliki sifat mudah terurai dibandingkan material plastik kimia seperti *polypropylene*. Selain itu, *Cyanobacteria* dapat digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen yang merupakan sumber energi alternatif masa depan untuk sumber daya bahan bakar fosil yang terbatas. *Cyanobacteria* memproduksi hidrogen sebagai produk samping dari proses fiksasi nitrogen yang terjadi di heterokis. Sel *Anabaena cylindrica* yang kekurangan nitrogen menghasilkan jumlah hidrogen tertinggi sebanyak 30 ml/L kultur per jam (Abed *et al.*, 2009).



Gambar 4.16. *Polyhydroxyalkanoates* (PHAs) pada *Cyanobacteria*. **(a)** Akumulasi PHAs (yang ditunjuk tanda panah) di dalam sitoplasma sel *Spirulina platensis*. **(b)** Presipitasi PHAs setelah diekstrak.

(Sumber: Abed, Dobretsov dan Sudesh, 2009)

Agrobacterium tumefaciens sebenarnya adalah patogen tumbuhan, dimana bakteri ini dapat menginfeksi tumbuhan dan membentuk sebuah tumor (*crown gall*). *Agrobacterium tumefaciens* merupakan bakteri yang memiliki plasmid Ti. Bagian dari plasmid Ti yaitu T DNA yang bersifat mampu

terintegrasi ke dalam genom tumbuhan saat terjadi infeksi. Kemampuan ini digunakan dalam teknologi DNA rekombinan dengan cara menyisipkan gen asing yang memiliki sifat tertentu kepada T DNA di dalam plasmid Ti yang nantinya akan menghasilkan tumbuhan dengan sifat baru. Tujuan dari teknologi ini adalah untuk meningkatkan produktivitas tumbuhan dan ketahanan terhadap hama (Tortora *et al.*, 2013).

Peran Monera Di Bidang Peternakan

Probiotik *Pediococcus pentosaceus* menghasilkan senyawa serupa bakteriosin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada ayam yaitu *Enterococcus casseliflavus* dan *Salmonella enteritidis*. Bakteri ini berpotensi sebagai probiotik pada ternak (Hamida *et al.*, 2015). *Pediococcus* termasuk ke dalam bakteri yang tidak berbahaya dan tidak patogen dan dikenal sebagai anggota dari bakteri probiotik. Bakteri probiotik lainnya yaitu *Pediococcus*, *Staphylococcus thermophilus*, *Bifidobacterium*, dan *Lactococcus*. (Alvarez-Sieiro *et al.*, 2016). Probiotik sering digunakan dalam industri ternak sebagai bahan imbuhan pakan (Lena *et al.*, 2022).

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal dibawah ini dengan jawaban yang benar dan tepat !

1. Berdasarkan sifat apa sehingga bakteri dan archaea disebut sebagai prokariot ?
2. Apa fungsi ribosom selain sintesis protein ?
3. Metode apa yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi morfologi monera?
4. Tuliskan perbedaan antara bakteri Gram negatif dan Gram positif !
5. Tuliskan perbedaan proses transfer materi genetik pada monera !
6. Mengapa archaea tidak sensitif terhadap lisozim dan antibiotik ?
7. Dapatkah kalian menjelaskan peran fimbria dan

glikokaliks pada bakteri patogen !

8. Dapatkah kalian menjelaskan peran archaea yang hidup di lingkungan ekstrem ?
9. Apa yang kalian ketahui mengenai bakteri probiotik ?
10. Dapatkah kalian jelaskan peran monera dalam siklus biogeokimia ?

DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, Q., Asmarany, A., Fitriyah, D., Awaluddin, Rini, I.A., Mahyarudin, Argaheni, N.B., Sinaga, J., Suryanti, E., Kristianto, Y., Asril, M., Hamida, F. 2022. *Mikrobiologi Dasar*. 1th ed. Jakarta: Yayasan Kita Menulis.
- Abed, R. M.M., Dobretsov, S. & Sudesh, K. 2009. Applications of *Cyanobacteria* in Biotechnology. *Journal of Applied Microbiology*, 106(1), 1–12. doi: 10.1111/j.1365-2672.2008.03918.x.
- Alvarez-Sieiro, Montalbán-López, M., Mu, D., Kuipers, O.P. 2016. Bacteriocins of Lactic Acid Bacteria: Extending The Family," *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(7), 2939–2951. doi: 10.1007/s00253-016-7343-9.
- Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, Hans-peter, Clément, C., Ouhdouch, Y., van Wezel, G. P. 2016. Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *American Society for Microbiology*, 80(1), 1–43. doi: 10.1128/MMBR.00019-15.Address.
- Beznosov, S.N., Pyatibratov, M.G. & Fedorov, O.V. 2007. On the Multicomponent Nature of *Halobacterium salinarum* Flagella. *Microbiology*, 76(4), 435–441. doi: 10.1134/S002626170704008X.
- Bhatia, R. & Ichhpujani, R.L. 2008. *Essentials of Medical Microbiology*. 4th ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publisher.
- Brenner, D.J., Staley, J.T., Krieg, N.R., & Garrity, G.M. 2005. Classification of Procaryotic Organisms and the Concept of Bacterial Speciation di dalam: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Second Edition: Vol. 2 The Proteobacteria Part A Introductory Essays*. 2nd ed. Verlag-US: Springer, hal. 95–108. doi: 10.1007/978-3-031-07753-1_7.

- Carroll, K.C., Hobden, J.A., Miller, S., Morse, S.A., Mietzner, T.A., Detrick, B., Mitchell, T.G., McKerrow, J.H., & Sakanari, J.A.. 2016. *Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology*. 27th ed. USA: McGraw-Hill Education.
- Gálvez, A., Abriouel, H., López, R.L., & Omar, N.B. (2007). Bacteriocin-Based Strategies for Food Biopreservation. *International Journal of Food Microbiology*, 120(1–2), 51–70. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.06.001.
- Garrity, G.M., Bell, J.A., & Lilburn, T.G. (2004). Taxonomic Outline of the Prokaryotes Bergey's Manual of Systematic Bacteriology di dalam: *Bergey's Manual Of Systematic Bacteriology*, 2nd ed. New York: Springer. doi: 10.1007/bergeysoutline200405.
- Gaysina, L.A., Saraf, A. & Singh, P. (2018). *Cyanobacteria* in Diverse Habitats di dalam: *Cyanobacteria*. Academic Press., hal. 1–28. doi: 10.1016/B978-0-12-814667-5.00001-5.
- Hamida, F., Wiryawan, K.G., & Meryandini, A. (2015) "Selection of Lactic Acid Bacteria as Probiotic Candidate for Chicken. *Media Peternakan*, 38(2), 138–144. doi: 10.5398/medpet.2015.38.2.138.
- Hati, S., Patel, M., Mishra, B.K., & Das, S. (2019). Short-Chain Fatty Acid and Vitamin Production Potentials of *Lactobacillus* Isolated from Fermented Foods of Khasi Tribes, Meghalaya, India. *Annals of Microbiology*. Annals of Microbiology, 69(11), 1191–1199. doi: 10.1007/s13213-019-01500-8.
- He, Z., Wang, Y., Bai, X., Chu, M., Yi, Y., Zhu, J., Gu, M., Jiang, L., Zhang, Z. (2023). Bacterial Community Composition and Isolation of *Actinobacteria* from the Soil of Flaming Mountain in Xinjiang, China. *Microorganisms*, 11(2), 489-. doi: 10.3390/microorganisms11020489.
- Iturbe-Ormaetxe, I., Walker, T., & O'Neill, S.L. (2011). *Wolbachia and the biological control of mosquito-borne disease*, *EMBO Reports*. Nature Publishing Group. doi: 10.1038/embo.2011.84.

- Jagannathan, S.V., Manemann, E.M., Rowe, S.E., Callender, M.C., & Soto, W. (2021). Marine *Actinomycetes*, New Sources of Biotechnological Products. *Marine Drugs*, 19(7). doi: 10.3390/md19070365.
- Lambuk, F., Mazlan, N., Young, T.T., Anua, S.M., & Ishak, R. (2023). Isolation and Characterization of *Carnobacterium maltaromaticum* from The Intestine of Sea Cucumber *Acaudina molpadioides*. *Malaysian Journal of Microbiology*, 19(2), hal. 103–115. doi: 10.21161/mjm.221416.
- Lena, M., Syahramadani, D.F., Gustya, A.N., Darmawan, A., Sumiati, Winarsih, W., Maeda, M., & Wiryawan, K.G. (2022). The Influence of *Lactococcus* and *Bacillus* species Probiotics on Performance, Energy Utilization, Intestinal Ecosystem of Broiler Chickens. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10(3), 651–658. doi: 10.17582/JOURNAL.AAVS/2022/10.3.651.658.
- Li, Y., Liu, Q., Li, C., Dong, Y., Zhang, W., Zhang, W., & Xiao, T. (2015). Bacterial and Archaeal Community Structures in The Arctic Deep-Sea Sediment. *Acta Oceanologica Sinica*, 34(2), 93–113. doi: 10.1007/s13131-015-0624-9
- Linda, T.M., Febriarti, B.L., Zul, D., Sofyanti, N., Berliansyah, A., Delfira, N., & Devi, S. (2023). Isolation and Characterization of Endophytic Bacteria from Sterile Leaf of *Acrostichum aureum* from Bengkalis Island (Riau, Indonesia) and Its Potency for Antidiabetic. *Biodiversitas*, 24(3), 1580–1588. doi: 10.13057/biodiv/d240330.
- Madigan, M., Bender, K., Buckley, D., Sattley, W., & Stahl, D. (2019). *Brock Biology of Microorganisms, Global Edition*. 15th ed. UK: Pearson Education.
- Margulis, L. (1992). Biodivesity Molecular Biological Domains, Symbiosis and Kingdom Origins. *Biosystems*, 27(1), 39–51.
- Nugroho, D.A. & Aji, P. (2015). Characterization of Nata de Coco Produced by Fermentation of Immobilized *Acetobacter xylinum*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 278–282. doi: 10.1016/j.aaspro.2015.01.053.

- Prescott, L.M., Harley, J.P. & Klein, D.A. (2002). *Microbiology*. 5th ed. McGraw Hill Companies
- Sapp, J. (2005). The Prokaryote-Eukaryote Dichotomy: Meanings and Mythology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 69(2), 292–305. doi: 10.1128/mmbr.69.2.292-305.2005.
- Talaiekhosani, A. & Rezaei, S. (2017). Application of Photosynthetic Bacteria for Removal of Heavy Metals, Macro-Pollutants and Dye from Wastewater: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 19, 312–321. doi: 10.1016/j.jwpe.2017.09.004.
- Talaro, K. P. & Chess, B. (2012). *Foundation in Microbiology*. 8th ed. New York: McGraw Hill.
- Timm, C.M., Loomis, K., Stone, W., Mehoke, T., Brensinger, B., Pellicore, M., Staniczenko, Phillip P.A., Charles, C., Nayak, S., & Karig, D.K. (2020). Isolation and Characterization of Diverse Microbial Representatives from The Human Skin Microbiome. *Microbiome*. 8(1), 1–12. doi: 10.1186/s40168-020-00831-y.
- Tortora, G.J., Funke, B.R. & Case, C.L. (2013). *Microbiology: An introduction*. 11th ed. USA: Pearson Education. doi: 10.1016/0167-7799(83)90064-1.
- Ursell, L.K., Metcalf, J.L., Parfrey, L.W., & Knight, R. (2012). Defining the Human Microbiome. *Nutr Rev*, 70(1), S38–S44. doi: doi:10.1111/j.1753-4887.2012.00493.x.
- Whittaker, R. H. (1969). New Concepts of Kingdoms of Organisms. *Science*, 163(3863), 150–160. doi: 10.1126/science.163.3863.150.
- Wiratno, Syakir, M., Sucipto, I., & Pradana, A.P. (2019). Isolation and Characterization of Endophytic Bacteria from Roots of *Piper nigrum* and Their Activities against *Fusarium oxysporum* and *Meloidogyne incognita*. *Biodiversitas*, 20(3), 682–687. doi: 10.13057/biodiv/d200310.

- Woese, C.R., Kandler, O., & Wheelis, M.L. (1990). Towards A Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87(12), 4576–4579. doi: 10.1073/pnas.87.12.4576.
- Wu, S.Y. & Lai, M.C. (2011) “Methanogenic Archaea Isolated from Taiwan’s Chelungpu Fault. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(3), 830–838. doi: 10.1128/AEM.01539-10.

BAB 5

PROTISTA DAN PERANANNYA BAGI KEHIDUPAN

Oleh Atika Anggraini

5.1 Pendahuluan

Protista, organisme kecil, sulit dikategorikan sebagai tumbuhan, hewan, atau jamur. Kingdom Protista mencakup varian bersel tunggal dan bersel banyak, beberapa memiliki dinding sel sementara yang lain tidak memiliki dinding sel. Mereka memiliki inti sel eukariotik, menunjukkan membran atom. Mereka menunjukkan kemampuan beradaptasi terhadap lingkungan autotrofik dan heterotrofik, berkembang baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Reproduksi terjadi melalui cara seksual (pembentukan) dan aseksual (pembelahan biner). Berdasarkan karakteristik ini, protista terbagi dalam tiga kategori berbeda: Alga, Protozoa, dan Ganggang semuanya dianggap sebagai protista (Kimbal, 1983). Protista memberikan dampak yang signifikan terhadap kehidupan manusia, ada yang menawarkan manfaat, ada pula yang memberikan kerugian.

Jika ada yang mengira bahwa makhluk hidup utama di dunia hanya terdiri dari manusia, hewan, dan tumbuhan, maka mereka salah. Selain manusia, hewan, dan tumbuhan, terdapat kategori lain yang disebut protista. Protista adalah organisme sangat kecil yang tidak mampu digolongkan menjadi hewan, tumbuhan, atau jamur. Oleh karena itu, mereka dikategorikan secara berbeda. Selain itu, protista sering dimanfaatkan untuk tujuan praktis dan penelitian ilmiah. Untuk memahami keberadaan protista, seseorang dapat melakukan kegiatan pengamatan seperti dijelaskan di bawah ini!

5.1.1 Pengamatan Keberadaan Protista

Tujuan pengamatan ini adalah untuk memahami morfologi beberapa jenis protista dan bagaimana penyiapan preparatnya.

Alat yang dibutuhkan adalah mikroskop. Sedangkan bahan yang digunakan sebagai berikut, air rendaman jerami umur 7 hari, pipet, kertas lensa/tissue, kaca benda dan kaca penutup, air kolam, air sungai.

Langkah Kerja yang dilakukan sebagai berikut.

1. Ambil setetes air dari rendam jerami atau kolam menggunakan pipet dan taruh di kaca objek.
2. Letakkan kaca penutup dengan hati-hati di atas spesimen dan berikan sedikit tekanan secara perlahan untuk memastikan kaca tersebut terpasang dengan kuat di tempatnya.
3. Melakukan pengamatan secara cermat dan detail dengan menggunakan mikroskop.
4. Periksa keberadaan organisme hidup, lalu buat sketsa dan catat informasi tentang mikroorganisme yang Anda amati, termasuk tingkat perbesaran yang digunakan.
5. Memeriksa untuk melihat apakah ada perubahan, lalu ambil gambar dan tuliskan mikroorganisme apa yang Anda amati, lalu konfirmasikan hasilnya.
6. Masukkan hal-hal spesifik yang Anda ketahui dan berikan penjelasan Anda seperti yang tercantum dalam kutipan buku.
7. Setelah pengamatan selesai, bersihkan lensa mikroskop dengan hati-hati.

5.1.2 Ciri Umum Protista

Protista biasanya menunjukkan ciri-ciri berikut:

1. Mereka bisa uniseluler atau multiseluler.
2. Beberapa memiliki dinding sel, sementara yang lain tidak memilikinya.
3. Inti sel mereka memiliki membran inti yang berbeda, menjadikannya eukariotik.

4. Mereka dapat menjalani gaya hidup heterotrofik atau fotoautotrofik.
5. Mereka mudah beradaptasi terhadap lingkungan aerobik dan anaerobik.
6. Ada yang hidup mandiri, ada pula yang menjalin hubungan simbiosis.
7. Reproduksi dapat terjadi secara seksual (formasi) dan aseksual (pembelahan biner).

5.1.3 Klasifikasi Protista

Pembagian kelompok protista menjadi tiga kategori berdasarkan ciri-cirinya (Akmalia, Asni, & Pranatami, 2021) terdiri dari protista serupa hewan (protozoa), protista serupa jamur, dan protista serupa tumbuhan (alga). Mari kita jelajahi masing-masing kelompok ini secara lebih rinci.

1. Protozoa (Protista Mirip Hewan):

Protozoa ini dicirikan oleh organelnya yang kecil. Mereka bereproduksi secara aseksual dan seksual. Selain itu, protista ini menunjukkan motilitas yang luar biasa (Liana, 2019).

2. Protista Mirip Jamur:

Protista yang memiliki kemiripan dengan jamur menunjukkan struktur seperti hifa dan sporangia, biasanya berwarna putih, kuning, atau warna tidak menyenangkan.

3. Alga (Protista Mirip Tumbuhan):

Protista serupa dengan tumbuhan disebut alga. Alga tersusun dari sel atau koloni yang membentuk tubuh multiseluler, dan klasifikasinya sering kali didasarkan pada warna dominannya.



Protista mirip Tumbuhan



Protista Mirip Hewan



Protista Mirip Jamur

Gambar 5.1. Klasifikasi Protista

(Sumber : (Campbell, N.A. et al., 2012))

5.2 Protista Mirip Hewan dan Perannya

Protista ini mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

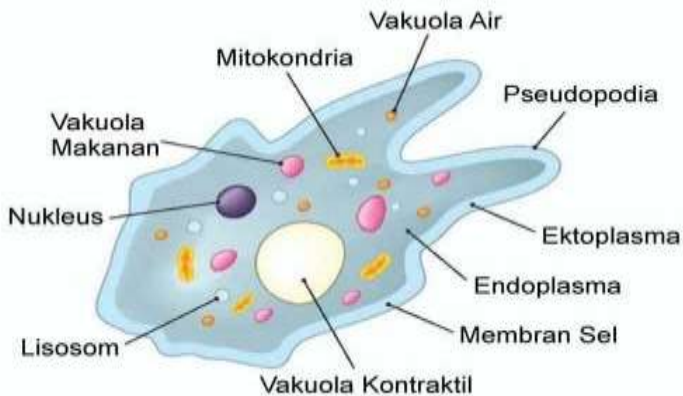
1. Mereka biasanya merupakan organisme uniseluler dengan ukuran tubuh berkisar antara 10 hingga 200 μm .
2. Protozoa tidak memiliki dinding sel.
3. Mereka dapat bersifat heterotrofik (memperoleh nutrisi dari sumber luar) dan beberapa juga dapat bersifat autotrofik (mampu menghasilkan makanannya sendiri melalui fotosintesis).
4. Protozoa dapat menjalani gaya hidup bebas, dan beberapa dapat bersifat parasit, hidup di dalam atau pada organisme lain.
5. Reproduksi terjadi melalui cara abiogenetik, yang melibatkan pembelahan biner, serta reproduksi seksual melalui pembentukan.
6. Banyak dari mereka memiliki struktur atau mekanisme lokomotor.
7. Berdasarkan motilitasnya, Protozoa dibedakan menjadi empat filum, yaitu *Rhizopoda*, *Flagellata*, *Ciliata*, dan *Sporozoa*.

5.2.1 Filum *Rhizopoda*

Filum Rhizopoda mewakili subkelompok protozoa yang dicirikan oleh pergerakannya menggunakan pseudopodia, yaitu proyeksi sementara seperti jari. Berikut beberapa ciri utama rhizopoda:

1. Rhizopoda tidak mempunyai bentuk tubuh yang tetap, dan bentuknya cukup fleksibel.
2. Lapisan terluar tubuhnya terdiri dari membran sel, yang berfungsi melindungi isi sel, mengontrol laluan dan pelepasan zat, serta berperan sebagai reseptor rangsangan luar.
3. Rhizopoda memiliki dua jenis sitoplasma yang berbeda: endoplasma (terletak di bagian dalam) dan ektoplasma (terletak di bagian luar). Khususnya, endoplasma kurang padat dibandingkan ektoplasma.

4. Di dalam sitoplasma rhizopoda dapat diamati berbagai komponen seluler, seperti inti sel, vakuola yang mengandung makanan, vakuola kontraktil, dan beberapa struktur seluler lainnya. Vakuola makanan berperan dalam memecah partikel makanan yang dikonsumsi, sedangkan vakuola kontraktil mengatur keseimbangan air sel dan bertindak sebagai sistem ekskresi.

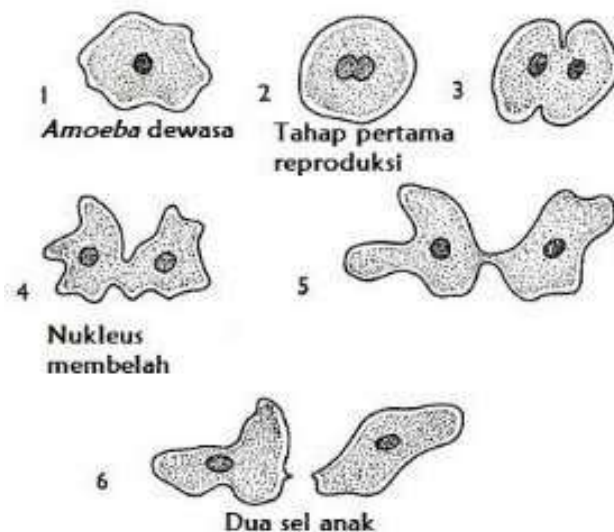


Gambar 5.2. Struktur Tubuh Amoeba
(Sumber : <https://rsscience.com/>)

Rhizopoda, subkelompok *protozoa*, adalah organisme heterotrofik. Mereka memperoleh makanannya dengan mengonsumsi berbagai makhluk hidup, seperti ciliate atau alga bersel tunggal. *Rhizopoda* menangkap makanan dengan menciptakan *pseudopodia*, perluasan sementara yang mengelilingi mangsanya. Makanan yang dicerna ini kemudian dibawa ke dalam tubuh mereka dan diproses dalam struktur khusus yang dikenal sebagai vakuola makanan. Sisa-sisa yang tidak tercerna dari proses ini akan dikeluarkan, sementara cairan kaya nutrisi berdifusi ke dalam sitoplasma sel. Bahan berlebih yang tidak tercerna diangkut menuju membran sel. Saat mendekati membran sel, membran pecah, dan sisa bahan yang tidak tercerna dikeluarkan dari sel. Secara bersamaan, sisa limbah cair dihilangkan dengan bantuan vakuola kontraktil.

Rhizopoda dapat dikategorikan menjadi dua kelompok: kelompok parasit yang hidup di bawah tanah dan menginfeksi inangnya, dan kelompok yang hidup bebas. *Rhizopoda* parasit menyerang dan mencemari inangnya. Sebaliknya, rhizopoda yang hidup bebas dapat ditemukan di berbagai lingkungan, antara lain air tawar, air laut, dan tanah lembab hingga jenuh air.

Mengenai reproduksi, *rhizopoda* dapat mengalami reproduksi aseksual melalui pembelahan biner, dimana sel induk langsung membelah menjadi dua sel anak. Namun, metode spesifik reproduksi seksual mereka masih belum diketahui.



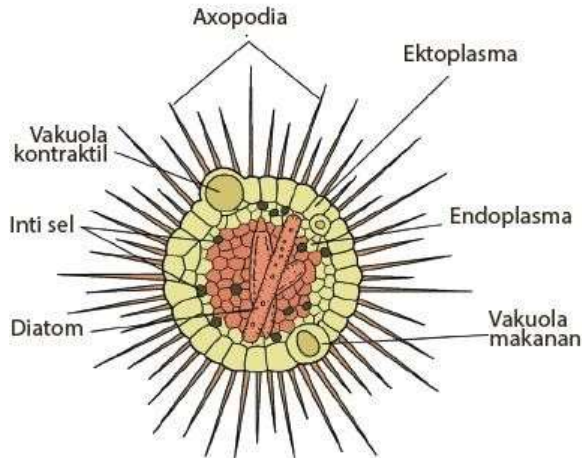
Gambar 5.3. Struktur Tubuh Amoeba Pembelahan Binner Pada Amoeba sp

Contoh *Rhizopoda* dan perannya

1. Organisme bersel tunggal jenis *Diflugia* dapat mengeluarkan zat yang menyebabkan melekatnya pasir halus.
2. *Rhizopoda* seperti *Entamoeba gingivalis* menghuni ruang antara gigi dan gusi manusia. Parasit ini dapat menyebabkan peradangan gusi dan kerusakan gigi karena

mereka memakan partikel makanan yang tersangkut di antara gigi.

3. Radiozoa, sejenis *Actinopoda*, memiliki cangkang silika dan berada di lingkungan laut. Cangkang *Radiozoa* umumnya digunakan dalam produksi kaca, serta dalam pembuatan bahan abrasif dan bahan peledak.



Gambar 5.4. *Actinopoda*

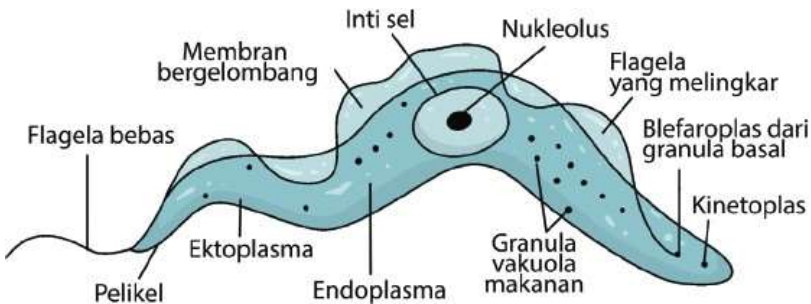
4. Cangkang *Foraminifera* mampu dipakai menjadi indikator sumber minyak bumi dan penentu umur relatif batuan sedimen laut.



Gambar 5.5. Endapan *Foraminifera*

5.2.2 Filum *Flagellata*

Struktur fisik *Flagellata* pada dasarnya mirip dengan sel leher poraminifera. Flagela, yang terdapat pada flagelata, tidak hanya memfasilitasi pergerakannya tetapi juga menginduksi aliran air ke dalam tubuh mereka. Demikian pula, inti sel memiliki kinetoplas yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan DNA ekstras nuklear.



Gambar 5.6. Struktur Tubuh *Trypanosoma* sp

Zooflagellata biasanya bersifat parasit, hidup di dalam manusia dan hewan lainnya. Namun, mereka yang menjalani gaya hidup bebas dapat ditemukan di lingkungan laut atau air tawar, di mana mereka mungkin hidup dalam koloni atau sebagai individu soliter. Beberapa bahkan terlibat dalam interaksi yang bermanfaat dengan organisme lain.

Zooflagellata bereproduksi secara aseksual melalui proses yang dikenal sebagai pemisahan berpasangan memanjang. Pada pembelahan ini, hanya sel dan inti sel yang terpisah, sedangkan flagela tetap terhubung. Flagela baru berkembang di sel anak yang dihasilkan dari pembelahan ini. Di sisi lain, reproduksi seksual spesifik pada *Zooflagellata* belum sepenuhnya dipahami.

Berikut adalah beberapa contoh spesies *flagellata* yang ditandai:

1. *Trypanosoma evansi*: Parasit ini terutama menginfeksi hewan peliharaan seperti kuda dan unta, sehingga menyebabkan kondisi fatal yang dikenal sebagai penyakit surra. Gejala infeksi ini meliputi demam, kelemahan.

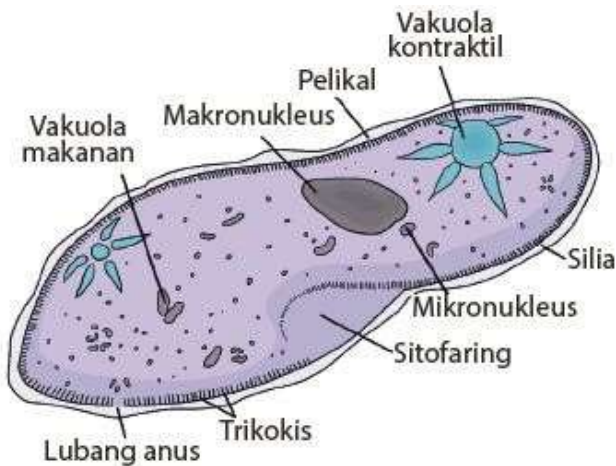
- Trypanosoma evansi* biasanya bergantung pada vektor, seperti lalat dari genus *Tabanus*, untuk penularannya. Di Amerika Selatan, penyakit surra disebarkan oleh kelelawar vampir *Desmodus*.
2. *Trypanosoma rhodesiense*: Parasit ini juga menyebabkan penyakit tidur pada manusia dan ditularkan melalui lalat tsetse *Glossina morsitans*.
 3. *Trypanosoma lewisi*: Parasit ini menginfeksi tikus dan bergantung pada serangga tikus sebagai vektor perantara.
 4. *Giardia lamblia*: Parasit ini menginfeksi manusia dan menyebabkan giardiasis, suatu kondisi yang ditandai dengan kram usus dan diare parah. Penularan organisme ini terjadi melalui konsumsi air terkontaminasi yang mengandung feses dari individu yang terinfeksi.
 5. *Trypanosoma gambiense*: Parasit ini menyebabkan penyakit tidur pada manusia, dengan lalat tsetse *Glossina palpalis* sebagai vektor perantaranya.
 6. *Leishmania donovani*: Parasit ini menginfeksi manusia dan menyebabkan kala azar, yang umum terjadi di Mesir, Amerika Selatan, Afrika, India, dan kawasan Mediterania. Gejala kala azar antara lain demam tinggi berulang, anemia, dan pembesaran hati dan limpa.
 7. *Leishmania tropica* dan *Leishmania brasiliensis*: Parasit ini bertanggung jawab atas leishmaniasis pada manusia, penyakit yang menyerang kulit dan selaput lendir di hidung dan tenggorokan. *Leishmania tropica* terutama menargetkan individu di Asia dan wilayah tertentu di Amerika Selatan, sedangkan *Leishmania brasiliensis* berfokus pada penduduk di wilayah tertentu.

5.2.3 Filum Ciliata

Filum Ciliata dicirikan oleh permukaan tubuh yang ditutupi silia, yang tersebar merata atau terkonsentrasi di area tertentu. Silia ini panjang, biasanya berkisar antara 2 hingga 20 mikrometer, dan jumlahnya bisa mencapai ribuan. Silia memainkan peran penting, melakukan berbagai fungsi seperti

bergerak, meluncur, berenang, dan membantu menangkap dan mencerna makanan.

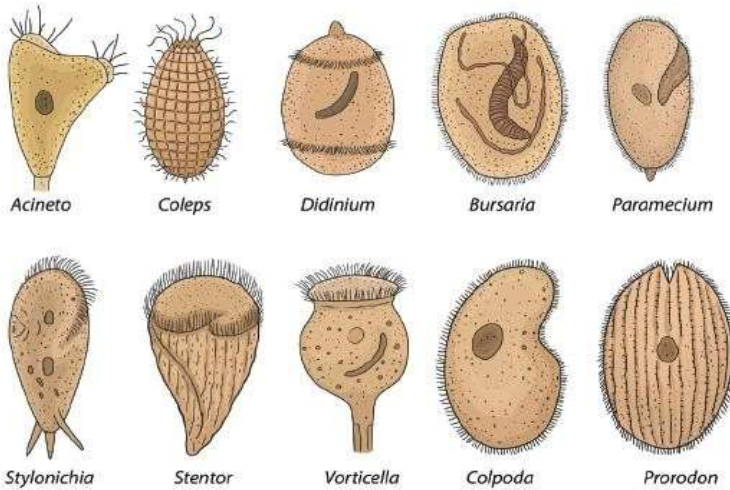
Sel Ciliates dilengkapi dengan beberapa organel, antara lain inti sel, mitokondria, ribosom, lisosom, vakuola makanan, dan vakuola kontraktil. Vakuola makanan bertanggung jawab untuk pencernaan partikel makanan, sedangkan vakuola kontraktil membantu mengatur tekanan osmotik di dalam sel. Inti sel pada Ciliates terdiri dari mikronukleus dan makronukleus. Mikronukleus terlibat dalam reproduksi seksual melalui pembentukan, dan pada spesies seperti *Paramecium*, mikronukleus dapat mengambil berbagai bentuk, mulai dari satu hingga delapan puluh bentuk berbeda. Di sisi lain, makronukleus berfungsi dalam sintesis RNA, mengendalikan pergerakan dan pertumbuhan sel, dan berperan dalam pembelahan biner selama reproduksi asexual.



Gambar 5.7. Struktur *Paramecium* sp

Ciliata memiliki alat pencernaan yang meliputi celah mulut (alur mulut), sitostom (mulut sel), sitofaring (leher atau tenggorokan), vakuola makanan, dan saluran anus, yang semuanya terletak di daerah tertentu pada membran sel. Bentuk tubulus sistem pencernaan ini bisa bermacam-macam, menyerupai bentuk seperti sepatu, terompet, lonceng, atau

bentuk oval. Bentuk tubuh ini tetap konsisten karena adanya pelikel. Berikut beberapa tipe tubuh yang ditemukan di antara ciliate.



Gambar 5.8. Bentuk Tubuh Ciliata

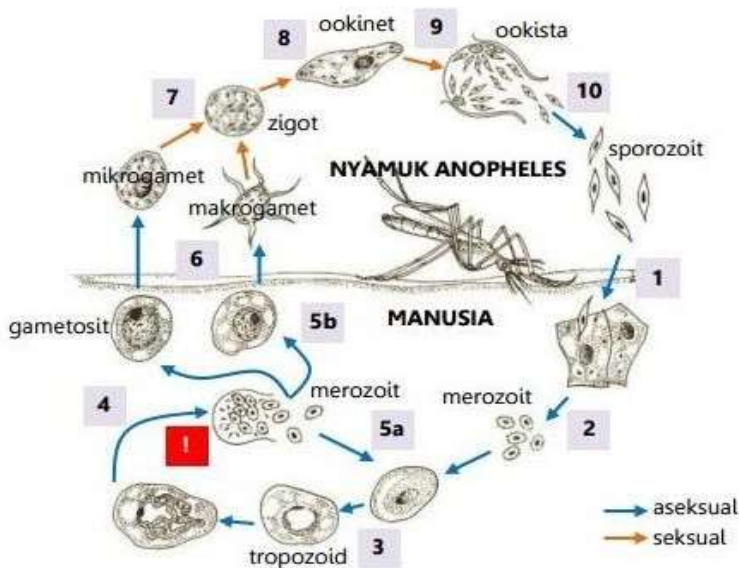
5.2.4 Filum *Sporozoa*

Sporozoa, sejenis Protozoa, dicirikan oleh imobilitas dan bentuknya yang seperti spora pada tahap tertentu dalam siklus hidupnya. Berikut gambaran struktur tubuh dan ciri-ciri Sporozoa:

1. Bentuk tubuh mereka biasanya memanjang, bulat, atau lonjong.
2. Sporozoa dapat berpindah dalam tubuh inangnya dari satu jaringan ke jaringan lain melalui aliran darah, meskipun mereka tidak memiliki alat gerak khusus.
3. Mereka tidak memiliki vakuola kontraktil tetapi memiliki nukleus.
4. Dalam beberapa kasus, mereka dapat membentuk kista berdinding tebal saat berada dalam sistem pencernaan vektornya.

Sporozoa adalah parasit obligat, hidup di dalam tubuh berbagai inang, termasuk manusia, burung, reptil, dan hewan pengerat. Mereka masuk ke dalam tubuh inang melalui perantara

atau vektor. Misalnya penyakit malaria yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* betina yang membawa parasit *Plasmodium*. Reproduksi pada Sporozoa dapat terjadi baik secara seksual, melalui peleburan gamet jantan dan betina, maupun secara asexual. Mereka memanfaatkan skizogoni dan sporogoni untuk reproduksi aseksual. Skizogoni melibatkan beberapa putaran pembelahan sel di dalam tubuh inang definitif, sedangkan sporogoni adalah proses pembentukan spora di dalam tubuh inang perantara. Siklus hidup Sporozoa, seperti *Plasmodium*, melibatkan beberapa perubahan morfologi saat fase reproduksi aseksual dan seksual bergantian. Berikut daur hidup salah satu anggota Sporozoa, *Plasmodium*, misalnya.



Gambar 5.9. Siklus Hidup *Sporozoa*

5.3 Protista Mirip Jamur dan Perannya

Protista mirip jamur dikategorikan menjadi tiga filum: *Myxomycota* (jamur lendir plasmodial), *Oomycota* (jamur air), dan *Acrasiomycota* (jamur lendir seluler).

5.3.1 Filum *Myxomycota*

Secara khusus, Myxomycota, yang termasuk dalam filum Myxomycota, adalah heterotrof fagositik. Jamur lendir pada kelompok ini mempunyai fase khas dalam siklus hidupnya yang disebut plasmodium, yang menyerupai zat seperti gel dan sering kali berwarna cerah, biasanya bernuansa kuning atau oranye. Jamur ini disebut sebagai jamur lendir karena teksturnya yang lembap, seperti jeli, dan kemiripan visualnya dengan jamur. Meskipun sebagian besar jamur lendir memiliki tubuh berwarna kuning atau merah, ada pula yang memiliki tubuh berwarna putih. Organisme ini memainkan peran penting dalam menguraikan bahan organik dalam ekosistemnya. Mereka biasanya ditemukan di tanah lembab, kayu yang membusuk, atau daun yang membusuk. Myxomycota bereproduksi baik secara aseksual, dengan membentuk sporangium, dan secara seksual, melalui interaksi antara sel ameboid atau sel flagela.



Gambar 5.10. *Myxomycota*

5.3.2 Filum *Oomycota*

Oomycota, sering disebut sebagai jamur air atau penyakit bulai, merupakan jamur yang memiliki ciri-ciri unik. Mereka dapat hidup sebagai organisme uniseluler dan multiseluler dengan dinding sel terdiri dari selulosa. Oomycota multiseluler memiliki hifa halus dan tidak bersekat dengan banyak inti di dalam setiap sel (suatu kondisi yang dikenal sebagai *coenocytic*). Organisme ini bersifat heterotrofik, artinya mereka menjadi parasit pada organisme lain atau menguraikan benda mati (saprofit).

Reproduksi pada *Oomycota* terjadi secara aseksual melalui pembentukan zoospora yang memiliki dua flagela. Metode reproduksi ini disukai jika kondisi lingkungan mendukung dan tersedia persediaan makanan yang cukup. Alternatifnya, dalam kondisi yang buruk, reproduksi dapat terjadi secara seksual melalui peleburan inti sel telur dan sperma, sehingga menghasilkan pembentukan zigot tangguh yang dikenal sebagai oospora.

Beberapa organisme yang termasuk dalam kelompok *Oomycota*:

1. *Phytophthora sp.*: Merupakan parasit tumbuhan yang dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman budidaya.
2. *Saprolegnia sp.*: Ini adalah parasit yang menyerang ikan dan serangga. Mereka dapat berkembang biak di lingkungan air tawar dengan suhu berkisar antara 3 hingga 33°C. Contoh spesies *Saprolegnia* antara lain *Saprolegnia australis* dan *Saprolegnia ferax*.
3. *Phytophthora infestans*: Spesies khusus ini bertanggung jawab atas kerusakan tanaman kentang dan tomat karena parasit tanaman.

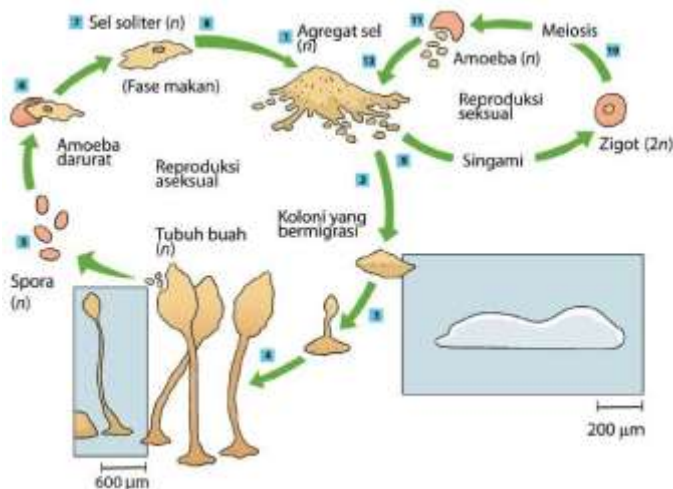
5.3.3 Filum Acrasiomycota

Filum *Acrasiomycota* memiliki beberapa ciri khas:

1. *Acrasiomycota* adalah jamur lendir seluler, dan mereka memiliki tahap makan dimana sel-sel individu bertindak secara independen. Namun, ketika makanan menjadi langka, sel-sel ini berkumpul menjadi sebuah unit yang dikenal sebagai "siput." Seekor siput dapat terdiri dari 125.000 sel, dan pergerakannya terbatas.
2. Mereka haploid dalam keadaan khasnya, dan zigot yang dihasilkan dari reproduksi seksual adalah diploid.
3. *Acrasiomycota* dapat menghasilkan sel ameboid dan myxamoeba.
4. Mereka tumbuh subur di habitat yang mengandung tanah dan bahan tanaman yang membusuk.
5. Selama tahap makan, sel-sel individu dapat membentuk pseudopodia, yang merupakan proyeksi sementara yang

digunakan untuk pergerakan dan menangkap bakteri sebagai sumber makanan.

6. *Acrasiomycota* berkembang biak secara aseksual dengan membentuk tubuh buah yang mengandung spora dan struktur pendukung seperti batang (tangkai). Selain itu, mereka dapat menjalani reproduksi seksual melalui syngamy, yang melibatkan fusi sel ameboid.



Gambar 5.11. Reproduksi Pada *Acrasiomycota*

5.4 Protista Mirip Tumbuhan dan Perannya

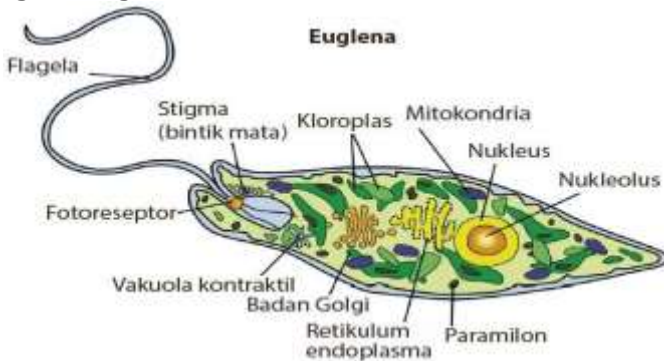
Alga adalah protista yang memiliki kesamaan dengan hewan dan tumbuhan. Mereka digolongkan menjadi tujuh filum, yaitu *Euglenophyta*, *Chlorophyta*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Pyrrophyta*, *Phaeophyta*, dan *Rhodophyta*. Mari kita pelajari ciri-ciri *Filum Euglenophyta*.

5.4.1 Filum *Euglenophyta*

Euglenophyta adalah alga hijau yang menunjukkan ciri-ciri hewan dan tumbuhan. Mereka mampu bergerak, menyerupai binatang, dan juga mengandung klorofil untuk fotosintesis, mirip dengan tumbuhan. Karena adanya klorofil, mereka diklasifikasikan sebagai protista dengan sifat mirip tumbuhan. (Susilawati & Bakhtiar, 2018).

Struktur tubuh Euglenophyta meliputi:

1. Merupakan organisme uniseluler.
2. Bentuk tubuhnya lonjong, ujung depan dan belakang membulat, meruncing.
3. Euglenophyta mempunyai lapisan membran sel pendukung yang tersusun dari protein dan zat fleksibel yang disebut pelikel. Mereka tidak memiliki dinding sel.
4. Kloroplas berbentuk oval terdapat di dalam selnya.
5. Euglenophyta memiliki stigma merah, juga dikenal sebagai bintik mata, yang membantu mereka membedakan antara terang dan gelap. Stigma ini mengandung pigmen merah yang disebut astaxanthin.
6. Umumnya, mereka mempunyai dua flagela - satu panjang dan satu pendek. Flagela ini berperan dalam fototaksis, yaitu gerakan yang dipicu oleh rangsangan sinar matahari.
7. Habitatnya biasanya di lingkungan air tawar seperti danau, sawah, kolam, atau parit pertanian yang mengandung banyak bahan organik.
8. Mengandung klorofil a, klorofil b, xantofil, dan karoten.



Gambar 5.12. Struktur Euglena

Organisme yang termasuk dalam filum Euglenophyta antara lain:

1. *Euglena rubra*: Euglena rubra tampak kemerahan jika terkena sinar matahari karena mengandung banyak pigmen karotenoid.
2. *Astasia sp*: Spesies Euglenophyta yang tidak memiliki

- kloroplas sehingga menjadikannya heterotrofik.
3. *Euglena viridis*: Spesies ini tampak hijau karena adanya kloroplas berbentuk oval.
 4. *Colacium calvum* : Ini adalah Euglenophyta epizoik yang dapat ditemukan di Copepoda, Rotifera, dan zooplankton air tawar lainnya.
 5. *Phacus sp.* : Spesies *Phacus* memiliki pirenoid dan paramylon yang berbentuk seperti donat.
 6. *Paranema sp.* : Organisme ini menelan makanan dan mencernanya, menunjukkan nutrisi holozoikum.

5.4.2 Filum *Chlorophyta*

Klorofita terkenal dengan warna hijaunya karena adanya pigmen tambahan seperti karoten dan xantofil, selain pigmen klorofil yang dominan.

Karakteristik utama dari Klorofita meliputi:

1. Mereka dapat hidup sebagai organisme uniseluler atau multiseluler.
2. Bentuk tubuhnya bermacam-macam, ada yang bulat, berserabut (seperti tali), seperti lembaran, atau menyerupai tumbuhan tingkat tinggi.
3. Pada *Chlorophyta* yang aktif bergerak, terdapat vakuola kontraktil dan flagela dengan panjang yang sama. Vakuola kontraktil berperan dalam osmoregulasi.
4. Klorofita memiliki kloroplas dengan bentuk yang beragam, seperti cangkir, jaring, spiral, atau bintang.
5. Sitoplasma mengandung pirenoid, badan golgi, mitokondria, dan retikulum endoplasma.
6. Reproduksi aseksual dicapai melalui pembelahan biner, pembentukan zoospora, atau fragmentasi.
7. Klorofita termasuk organisme fotoautotrofik karena dapat melakukan fotosintesis.
8. Mereka memiliki stigma (bintik mata) yang membantu bergerak menuju cahaya.
9. Reproduksi seksual dapat terjadi melalui pembentukan zigot atau peleburan gamet jantan dan betina. Contoh organisme yang mengalami konjugasi adalah *Spirogyra*.

10. Klorofita uniseluler dapat hidup soliter atau membentuk koloni. Beberapa bahkan bersimbiosis dengan jamur untuk menghasilkan lumut kerak.

Contoh organisme yang termasuk dalam Filum Chlorophyta meliputi:

1. *Chlamydomonas*: *Chlamydomonas* adalah organisme bersel tunggal yang hidup di air tawar dan memiliki beberapa flagela. Mereka memiliki kloroplas berbentuk mangkuk, kepala putik, dan pirenoid. Reproduksi terjadi baik secara aseksual, melalui pembentukan zoospora, dan secara seksual, melalui konjugasi.
2. *Chlorococcum*: Organisme uniseluler ini hidup secara individual di air tawar dan memiliki sel bulat telur dengan kloroplas berbentuk mangkuk.
3. *Klorella*: Organisme ini memiliki bentuk melingkar dan kloroplas menyerupai mangkuk. Mereka ditemukan di lingkungan air tawar dan bereproduksi secara aseksual melalui pembelahan biner. *Chlorella* sering digunakan dalam produksi suplemen *Single Cell Protein* (SCP).
4. *Hydrodictyon*: *Hydrodictyon* membentuk koloni seperti jaring di air tawar, panjangnya mencapai 30 cm. Kloroplas juga memiliki bentuk seperti jaring. Mereka tidak mempunyai alat gerak. Reproduksi terjadi secara seksual melalui konjugasi, secara aseksual melalui pembentukan zoospora, dan melalui fragmentasi koloni.
5. *Volvox*: *Volvox* membentuk koloni yang menyerupai struktur bola yang terdiri dari sekitar 500 sel. Mereka memiliki stigma dan dua flagela untuk bergerak. Reproduksi terjadi secara aseksual melalui fragmentasi koloni dan secara seksual melalui pembentukan.
6. *Spirogyra*: Organisme ini menghuni air tawar dan memiliki tubuh berserabut seperti tali. Kloroplas berbentuk spiral. Reproduksi terjadi secara aseksual melalui fragmentasi dan secara seksual melalui konjugasi.

7. *Ulva*: *Ulva* menempel pada substrat dan ditemukan di perairan laut dangkal. Kloroplasnya berbentuk mangkuk, dan tubuhnya memiliki struktur seperti lembaran.

5.4.3 Filum *Chrysophyta*

Filum Chrysophyta, sering disebut sebagai ganggang emas atau ganggang pirang karena warna emasnya, mendapatkan namanya dari kata Yunani "chrysos", yang berarti emas. Organisme *Chrysophyta* sebagian besar mengandung pigmen seperti xantofil (kuning) bersama dengan pigmen lain seperti klorofil a, klorofil c, dan karotenoid.

Berikut ciri-ciri organisme *Chrysophyta* :

1. Mereka dapat hidup sebagai organisme uniseluler dan multiseluler.
2. Dinding sel organisme *Chrysophyta* tersusun dari hemiselulosa, gelatin, atau silika.
3. Mereka biasanya memiliki flagel, yang membantu pergerakan.
4. Beberapa spesies *Chrysophyta* memiliki pirenoid yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan.
5. *Chrysophyta* bersifat fotoautotrofik, karena mengandung pigmen fotosintesis dan dapat melakukan fotosintesis baik secara individu maupun kelompok.
6. Reproduksi pada *Chrysophyta* terjadi secara aseksual melalui pembelahan biner, dan secara seksual melalui pembentukan sel khusus yang disebut auxospora. Auxospora adalah zigot yang dikelilingi oleh dinding sel yang unik.
7. *Chrysophyta* dapat ditemukan di lingkungan air tawar atau laut.

Contoh organisme yang termasuk dalam *Chrysophyta* antara lain:

1. *Ochromonas*: Ini adalah organisme uniseluler yang ada secara individual. Sel *Ochromonas* berbentuk bulat dan memiliki beberapa flagela dengan panjang yang bervariasi.

2. *Synura*: *Synura* bersifat uniseluler dan membentuk koloni. Ia memiliki beberapa flagela dengan panjang yang hampir sama.

5.4.4 Filum Bacillariophyta

Filum Bacillariophyta, juga dikenal sebagai alga diatom kuning-coklat, memiliki ciri dinding sel unik seperti kaca yang terdiri dari kombinasi bahan organik dan silika.

Berikut adalah ciri-ciri utama Bacillariophyta:

1. Mereka adalah organisme uniseluler.
2. Mereka memiliki kloroplas dengan berbagai bentuk, termasuk melingkar, huruf H, perifer, dan datar.
3. Dinding sel terdiri dari bahan silikat terhidrasi dan terbagi menjadi dua bagian: katup (hipoteka) dan mantel (*epithec*a). Kesenjangan antara epithec
- a dan hypotheca disebut raphe. Pori-pori pada epithec
- a dan hypotheca memfasilitasi pertukaran zat dan gas antara sel dan lingkungannya.
4. Bacillariophyta dapat menghuni lingkungan air tawar seperti sawah atau parit, dan lingkungan laut.
5. Contoh anggota Bacillariophyta antara lain *Navicula sp.*, *Pinnularia sp.*, *Cyclotella sp.*, dan *Melosira sp.* Alga diatom ini berkontribusi terhadap keanekaragaman filum ini, dan dinding selnya yang unik memiliki aplikasi praktis di berbagai industri.
6. *Bacillariophyta* memainkan peran ekologis yang penting. Sisa-sisa sel *Bacillariophyta* yang mati mengendap di dasar perairan dan membentuk tanah diatom. Bahan ini memiliki berbagai kegunaan industri, antara lain bahan tambahan pasta gigi, insulasi, bahan abrasif, media filtrasi, komponen campuran beton, penyerap bahan peledak, bahan peredam suara, bahan pembuatan cat, bahkan piringan hitam.

5.4.5 Filum Pyrrophyta

Filum *Pyrrophyta*, juga dikenal sebagai alga api atau dinoflagellata, terdiri dari alga uniseluler yang selnya kaya fosfor dapat menciptakan penampakan bioluminesensi di air laut pada malam hari.

Berikut adalah atribut utama *Pyrrophyta*:

1. Mereka memiliki sejenis flagela yang terletak di ujung atau di samping sel, sehingga diberi nama "dinoflagellata".
2. Sebagian besar anggotanya adalah uniseluler.
3. Mereka memiliki dinding sel yang terbuat dari pelat selulosa poligonal dengan alur memanjang dan melintang.
4. Reproduksi terjadi melalui cara aseksual, terutama dengan pembelahan biner.
5. Mereka hidup sebagai fotoautotrof melalui fotosintesis dan merupakan bagian dari fitoplankton di lingkungan laut dan air tawar.
6. *Pyrrophyta* mengandung klorofil a, klorofil c, karotenoid, dan xantofil.
7. Habitatnya meliputi lautan, dan ada pula yang hidup di lingkungan air tawar. Populasi *Pyrrophyta* dapat berkembang atau melonjak pada musim tertentu akibat perputaran arus bawah laut yang membawa unsur hara dari dasar laut ke permukaan. Fenomena ini dapat menyebabkan terbentuknya gelombang merah di lautan. Gelombang merah dapat berbahaya bagi manusia dan hewan karena *Pyrrophyta* dapat menghasilkan racun.

Banyak anggota Filum *Pyrrophyta* yang dapat menghasilkan racun, namun tidak semuanya. Berikut beberapa contoh spesies *Pyrrophyta* yang menghasilkan racun:

1. *Gambierdiscus toxicus*, spesies *Pyrrophyta*, menghasilkan toksin ciguatoxin.
2. *Karenia brevis* merupakan *Pyrrophyte* yang mampu menghasilkan racun brevetoxin atau gymnocin. Racun ini dapat menyebabkan keracunan dengan gejala seperti pusing, mual, muntah, dan gangguan koordinasi otot.
3. *Lingulodinium polyedrum* dan *Gonyaulax* merupakan spesies *Pyrrophyta* yang menghasilkan racun berbahaya. Menelan racun tersebut dapat menimbulkan gejala seperti muntah, diare, dan hilangnya koordinasi tubuh pada manusia.
4. *Pfiesteria sp.* merupakan *Pyrrophyta* yang menghasilkan neurotoksin yang dapat merusak sistem saraf. Hewan yang

mengonsumsi racun tersebut, termasuk ikan, udang, kepiting, dan burung, bisa mati akibatnya. Ketika manusia menelan neurotoksin, hal itu dapat menyebabkan masalah kesehatan.

Di sisi lain, ada spesies Pyrrophyta yang tidak menghasilkan racun, seperti *Noctiluca scintillans* dan *Noctiluca miliaris* yang dikenal dengan bioluminesensinya, yaitu kemampuan menghasilkan cahaya secara alami.

5.4.6 Filum *Phaeophyta*

Filum *Phaeophyta*, umumnya dikenal sebagai alga coklat, mendapatkan namanya dari pigmen fucoxanthin, yang memberikan warna coklat yang mendominasi klorofil hijau.

Berikut ciri-ciri *Phaeophyta*:

1. Multiseluler, dengan bentuk tubuh bisa seperti tali atau thallus, menyerupai bagian seperti daun, batang, dan akar. Beberapa spesies, seperti *Macrocystis* sp., dapat tumbuh hingga panjang 100 meter.
2. Berisi satu kloroplas yang bisa berbentuk seperti cakram atau seperti benang.
3. Dinding sel mengandung asam alginat dan pektin.
4. Menyimpan cadangan makanan sebagai minyak laminarin dalam pirenoid.
5. Pigmen fotosintesis termasuk fucoxanthin, klorofil a, klorofil c, dan xantofil.
6. Beberapa spesies dapat mengapung dengan bantuan gelembung udara yang terletak di dekat bilah (bagian tubuh yang mirip daun).
7. Berfungsi sebagai fotoautotrof dengan melakukan fotosintesis di bagian thallus yang berbentuk daun, dengan produk fotosintesis diangkut ke struktur mirip batang.
8. Menempel pada substrat seperti batu menggunakan pegangan.
9. Bereproduksi secara aseksual melalui fragmentasi tubuh atau pembentukan zoospora. Reproduksi seksual melibatkan peleburan spermatozoid dan sel telur. Sebuah wadah berisi organ reproduksi seperti antheridia dan

- oogonia, terbentuk di ujung thallus dewasa. Antheridia menghasilkan sel kelamin jantan (spermatozoid), sedangkan oogonia menghasilkan sel kelamin betina (telur) dan benang steril (parafisis).
10. Habitatnya ada di air laut, dan beberapa spesies dapat hidup di air tawar. Phaeophyta umumnya tumbuh subur di daerah pesisir dengan suhu sedang hingga dingin, banyak dijumpai tumbuh di pantai..

Berikut beberapa contoh organisme yang termasuk dalam Filum Phaeophyta:

1. *Macrocystis pyrifera*: Spesies ini memiliki thallus yang besar dan dapat membentuk hutan rumput laut. Jumlahnya melimpah di wilayah kutub selatan.
2. *Fucus vesiculosus*: Memiliki thallus datar dengan cabang dikotomis dan kantung udara bulat.
3. *Turbinaria decurrens*: Spesies ini memiliki batang panjang yang menempel pada batuan, bilah berbentuk bulat dengan tepi bergerigi, dan mengandung asam alginat.
4. *Sargassum vulgare*: Dikenal dengan thallus panjangnya yang menempel pada bebatuan, *Sargassum vulgare* banyak terdapat di pesisir selatan Pulau Jawa dan Kepulauan Seribu.
5. *Laminaria digitalis*: Dikenal memproduksi yodium, yang digunakan sebagai pengobatan penyakit gondok.
6. *Padina australis*: Memiliki thallus berbentuk kipas yang tumbuh di bebatuan. Lapisan luar *Padina australis* tampak putih karena pengapuran dan mengandung kalsium dalam jumlah tinggi.
7. *Ectocarpus sp.*: Organisme ini mengalami pergantian generasi isomorfik, di mana sporofit dan gametofit memiliki bentuk dan ukuran morfologi yang sama tetapi berbeda secara sitologis.

5.4.7 Filum Rhodophyta

Rhodophyta yang biasa disebut alga merah merupakan salah satu jenis alga yang memiliki ciri thallus berwarna

kemerahan karena pigmen dominan fikoeritrin, meskipun juga mengandung pigmen lain seperti klorofil a, klorofil d, karoten, dan fikobilin (terdiri dari fikoeritrin dan fikosianin).

Berikut beberapa ciri *Rhodophyta* :

1. Mereka multiseluler, dengan thallus menyerupai rumput atau pohon.
2. Dinding selnya mengandung selulosa dan gelatin, dan dalam beberapa kasus, kapur.
Mereka tidak memiliki flagela.
3. Mereka menyimpan cadangan makanan sebagai bahan terkoagulasi yang disebut pati floridea, yang disimpan di pirenoid.
4. *Rhodophyta* bersifat fotoautotrofik, melakukan fotosintesis. Di lingkungan laut dalam, warnanya tampak merah tua, sedangkan di perairan dangkal warnanya merah cerah. Namun, beberapa *Rhodophyta* perairan dangkal mungkin tampak merah kehijauan karena lebih sedikit fikoeritrin yang menutupi klorofil.
5. Mereka biasanya ditemukan di daerah laut yang hangat dan dangkal, pada kedalaman hingga 260 meter di air laut tropis. Beberapa spesies juga dapat menghuni air tawar atau lahan basah.

Berikut beberapa organisme yang termasuk dalam kelompok *Rhodophyta* (alga merah):

1. *Gelidium kokohum*, *Gracillaria sp.*, *Eucheuma spinosum*, *Gigartina acicularis*: Spesies ini menghuni pantai dangkal dan umumnya dibudidayakan untuk produksi agar-agar, bahan yang digunakan dalam berbagai industri, termasuk makanan.
2. *Corallina officinalis*: Spesies ini memiliki thallus yang keras dan terkalsifikasi sehingga mudah patah. Ini dimanfaatkan oleh industri kosmetik.
3. *Palmaria palmata (dulse)*: *Dulse* kaya akan vitamin B6 dan B12, zat besi, fluor, dan potasium. Ini biasanya digunakan dalam makanan, termasuk sup, salad, dan pizza. *Palmaria palmata* ditemukan di perairan samudera Atlantik dan

Pasifik.

4. *Porphyra sp*: Jenis ganggang merah ini digunakan untuk membuat nori, pembungkus sushi yang populer.
5. *Laurencia obtusa*: Spesies ini menghasilkan senyawa antibakteri, antibiotik, dan bahan makanan. Hal ini banyak ditemukan di perairan Indonesia.
6. *Mastocarpus stellatus*: Mirip dengan *Chondrus crispus*, spesies ini banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman. Ini berlimpah di Irlandia dan Skotlandia.

5.5 Rangkuman

1. Protista yang merupakan mikroorganisme eukariotik tidak termasuk dalam kategori hewan, tumbuhan, atau jamur.
2. Protistamembentuk kelompok yang beragam dengan ciri-ciri yang dapat berupa uniseluler atau multiseluler, memiliki inti sel eukariotik atau setidaknya memiliki membran inti, mungkin memiliki atau tidak memiliki dinding sel, menunjukkan gaya hidup fotoautotrofik atau heterotrofik, dapat bersifat aerobik atau anaerobik, hidup secara mandiri atau bersimbiosis, dan bereproduksi melalui metode seksual atau aseksual seperti pembelahan biner..
3. Protista dikelompokkan menjadi tiga kategori utama berdasarkan ciri-cirinya: yang menyerupai hewan (Protozoa), yang menyerupai jamur, dan yang menyerupai tumbuhan (Alga).
4. Protozoa, atau protista mirip binatang, dikategorikan menjadi empat kelompok besar berdasarkan cara geraknya: Rhizopoda bergerak menggunakan pseudopoda, Flagellata bergerak dengan flagela seperti cambuk, Ciliates bergerak menggunakan silia mirip rambut, dan Sporozoa tidak memiliki penggerak mandiri.
5. Protista mempunyai peran yang beragam dalam berbagai aspek kehidupan. Mereka berfungsi sebagai sumber makanan baru dan berperan dalam kosmetik. Namun, juga dapat menimbulkan dampak negatif yang berpotensi menimbulkan penyakit pada manusia.

6. Protista yang menyerupai jamur bersifat eukariotik, tidak memiliki klorofil, dapat menghasilkan spora, dan bersifat heterotrofik. Protista mirip jamur ini berbeda dari kingdom Fungi karena perbedaan struktur seluler dan strategi reproduksinya. Misalnya, jamur lendir, yang diklasifikasikan sebagai protista, memiliki struktur molekul membran sel yang sama dengan alga tetapi reproduksinya mirip dengan jamur. Selain itu, tahap vegetatifnya mirip dengan yang terlihat pada amuba.
7. Protista mirip jamur dikategorikan menjadi tiga filum: Myxomycota (jamur lendir plasmodial), Oomycota (jamur air), dan Acrasiomycota (jamur lendir aseluler).
8. Protista mirip tumbuhan, atau alga, dicirikan oleh sifat fotoautotrofiknya. Protista ini memiliki kloroplas yang mengandung klorofil atau plastida dengan berbagai pigmen fotosintesis. Mereka bisa uniseluler atau multiseluler, dengan ukuran tubuh mulai dari mikroskopis (sekitar 8 μm) hingga makroskopis (hingga 60 m). Kekakuan bentuk tubuh mereka disebabkan oleh adanya dinding sel yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, silika, kalsium karbonat, gelatin, polisakarida, alginat, agar, dan karagenan. Alga menunjukkan bentuk tubuh yang beragam, termasuk bulat, oval, atau seperti buah pir.
9. Alga diklasifikasikan menjadi tujuh filum berdasarkan pigmen yang paling umum: Euglenophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Pyrrophyta, Phaeophyta, dan Rhodophyta. Organisme ini terutama berfungsi sebagai sumber makanan bagi manusia.

UJI KOMPETENSI!

A. Pilihan Ganda

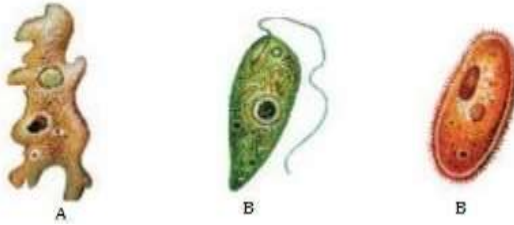
Pilihlah jawaban yang benar!

1. Anggota Protista bersifat uniseluler tidak serupa antara Eubacteria dan Archaeobacteria karena Protista memiliki sifat....
 - A. Eukariotik
 - B. Prokariotik
 - C. Autotrof
 - D. Aerob
 - E. Heterotrof

2. Dibawah ini termasuk dalam karakteristik makhluk hidup:
 - 1) Eukariotik
 - 2) Prokariot
 - 3) Uniseluler
 - 4) Memiliki beberapa jaringan
 - 5) MultiselulerKarakteristik Protista diantaranya adalah ...
 - A. 1, 2, 3
 - B. 1, 2, 5
 - C. 1, 3, 4
 - D. 3, 4, 5
 - E. 2, 3, 4

3. Myxomycota adalah Protista yang mirip dengan jamur dan mempunyai sifat seperti *Amoeba* karena ...
 - A. Dapat bergerak dengan silia
 - B. Dapat bergerak dengan kaki semu
 - C. Bersifat saprofit
 - D. Tidak memiliki klorofil
 - E. Menghasilkan lender

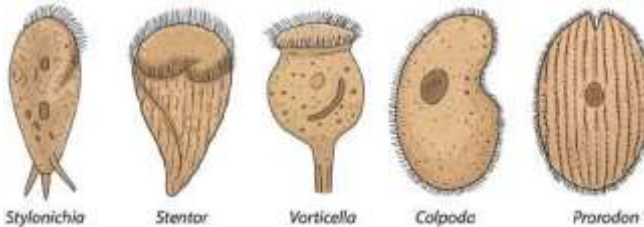
4. Amati gambar dibawah ini !



Berikut adalah pernyataan paling tepat adalah....

- A. B = *Euglena sp* kelompok *Rhizopoda*
 - B. A = *Amoeba sp* kelompok *Ciliata*
 - C. C = *Paramecium sp* kelompok *Ciliata*
 - D. C = *Paramecium sp* kelompok *Rhizopoda*
 - E. B = *Euglena sp* kelompok *Ciliata*
5. Dibawah ini yang merupakan pembeda ganggang hijau dengan ganggang yang lain adalah ...
- A. Berkembang biak dengan konjugasi
 - B. Mampu berfotosintesis
 - C. Memiliki pigmen dominan berupa klorofil
 - D. Habitatnya yang kosmopolit
 - E. Memiliki pirenoid untuk menyimpan amilum

6. Amati gambar berikut !



Gambar tersebut termasuk dalam kelompok....

- A. *Ciliata*
- B. *Rhizopoda*
- C. *Flagellata*
- D. *Pseudopodia*
- E. *Sporozoa*

7. Perhatikan uraian berikut!

- 1) Hampir keseluruhannya hidup di perairan laut.
- 2) Secara umum bersifat uniseluler.
- 3) Memiliki klorofil a dan c, karoten, santofil.
- 4) Reproduksi seksualnya dengan cara penyatuan gamet yang berlainan jenis.
- 5) Pigmen dominannya fukosantin.

Paparan tersebut termasuk karakteristik kelompok alga...

- A. *Chrysophyta*
- B. *Rhodophyta*
- C. *Clorophyta*
- D. *Phaeophyta*
- E. *Euglenophyta*

8. Amati gambar berikut ini !



Alga yang diperlihatkan dalam gambar termasuk dalam kelompok....

- A. *Clorophyta*
- B. *Chrysophyta*
- C. *Rhodophyta*
- D. *Phaeophyta*
- E. *Euglenophyta*

9. Sebagian hidupnya jamur lendir dikatakan mirip hewan karena....

- A. Tumbuh pada daun atau kayu yang busuk
- B. Bergerak dan menelan mangsanya.
- C. Bereproduksi dengan membentuk spora
- D. Merupakan organisme heterotroph

E. Memiliki penampakan mirip hewan

10. Perhatikan ciri-ciri alga berikut ini !
- Memiliki sepasang flagela yang terletak di ujung sel atau di bagian samping sel, sehingga sering disebut juga Dinoflagellata.
 - Sebagian besar anggotanya bersifat uniseluler
 - Memiliki klorofil a, klorofil c, karotenoid, dan xantofil
 - Memiliki dinding sel berupa lempengan selulosa berbentuk poligonal, dengan alur membujur dan melintang
 - Sel-selnya mengandung fosfor sehingga berpendar pada malam hari

Ciri diatas merupakan Alga jenis...

- A. *Noctiluca sp*
- B. *Euglena viridis*
- C. *Euchema spinosum*
- D. *Fucus sp*
- E. *Sargassum sp*

B. Uraian!

Jawablah dengan jawaban singkat dan jelas!

1. Mengapa kingdom protista pembagian filumnya dibagi menjadi 3? Jelaskan perbedaanya!
2. Protista mirip hewan memiliki perannya bagi kehidupan, baik menguntungkan maupun merugikan. Berikan contoh spesies protistanya dan jelaskan peranannya!
3. Protista mirip hewan, berdasarkan alat geraknya dibagi menjadi 4. Jelaskan!
4. Protista mirip jamur salah satunya ada jenis *Acrasiomycota* yaitu jamur lendir. Jelaskan keunikan dari protista mirip jamur ini!
5. Penggolongan Alga berdasarkan warna pigmen dominan yang dimiliki dibagi menjadi 7 filum. Jelaskan perbedaan dari setiap filum!

DAFTAR PUSTAKA

- Akmalia, Asni, H., & Pranatami, A. D. 2021. *Biologi Umum*. Semarang : CV Alinea Media Dipantara.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S., & A., Minorsky, P.V., Jackson, R. B. 2012. *Biologi Jilid 2. Edisi 8. Terjemahan D.T Wulandari*. Erlangga.
- Kimball, J. W. 1983. *Penerj. Siti Soetarmi. Biologi Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta : Erlangga.
- Liana, A. 2019. *Biologi Umum Sebuah Pengantar Ilmu Hayat*. Jakarta : Mediaguru Digital Indonesia.
- Susilawati, & Bakhtiar, N. 2018. *Biologi Dasar Terintegrasi*. Pekanbaru : Kreasi Edukasi.

BAB 6

FUNGI (JAMUR) DAN PERANANNYA BAGI KEHIDUPAN

Oleh Herviani Sari

6.1 Pendahuluan

Fungi/Jamur merupakan organisme eukariotik dan multiseluler. Dalam dunia taksonomi sistem klasifikasi makhluk hidup, fungi tidak termasuk ke dalam kingdom Animalia maupun Plantae, melainkan memiliki kingdom/kerajaan tersendiri yaitu kingdom Fungi. Fungi tidak tergolong ke alam tumbuhan karena tidak memiliki *klorofil*.

Ilmu yang mempelajari fungi/jamur adalah *mikologi* (bahasa Yunani : mykes = jamur; logos = ilmu), sementara kata fungi berasal dari bahasa latin *fungus*. Ilmuan yang mendalami jamur dan menjadi perintis dalam penelitian mengenai jamur adalah Pier Antonio Micheli, merupakan seorang ahli botani berkebangsaan Italia, beliau meneliti tentang jamur dan menerbitkan bukunya yang berjudul Nova Plantarum Genera 10 di tahun 1729 (Suryani et al., 2020).

Fungi memiliki struktur tubuh yang kompleks bila dibandingkan dengan mikroorganisme lain. Beberapa jenis fungi juga lazim dikonsumsi/*edible* seperti jamur kuping, jamur kancing, jamur enoki, jamur merang, jamur tiram dll. Namun ada juga beberapa fungi yang berbahaya dan menimbulkan efek beracun apabila dikonsumsi. Selain itu, beberapa etnis fungi juga dipercaya memberikan manfaat/menguntungkan bagi manusia, hewan dan tumbuhan namun adapula yang bersifat merugikan seperti dapat menimbulkan penyakit.

Fungi merupakan komponen biosfer yang sangat besar dan penting, sekitar 100.000 spesies telah dideskripsikan, diperkirakan ada $\pm 1,5$ juta spesies fungi diseluruh dunia. Walaupun sebagian besar fungi merupakan organisme

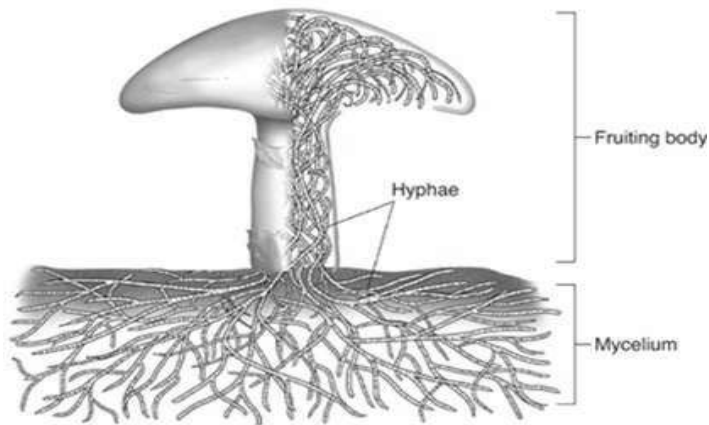
multiseluler, namun ada juga kelompok fungi ber sel tunggal./uniseluler. Organisme ini dapat ditemukan disemua habitat, darat maupun air. Fungi berperan penting dalam ekosistem, kelompok fungi dapat memecah bahan organik dan mendaur ulang nutrisi, memungkinkan organisme lain untuk mengasimilasi unsur-unsur kimia penting. Dalam bab ini kita akan mempelajari segala seluk beluk dari kingdom Fungi, mulai dari ciri umum, klasifikasi, cara hidup, reproduksi dan peranannya bagi kehidupan baik yang merugikan maupun yang menguntungkan.

6.2 Anatomi dan Morfologi Fungi

Jamur merupakan organisme eukariotik, dan umumnya berbeda dari organisme eukariotik lain. Perbedaan yang paling mencolok adalah dari struktur tubuhnya dan daur hidupnya.

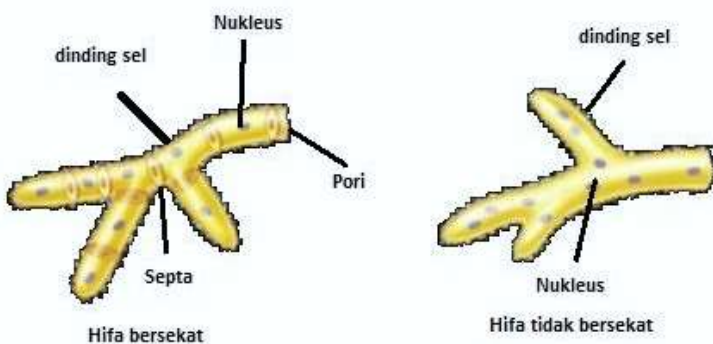
6.2.1 Struktur Tubuh Fungi

Fungi memiliki struktur tubuh yang khas dengan jaringan filamen yang disebut hifa. Hifa terdiri dari dinding sel berbentuk tabung yang mengelilingi plasma membran dan sitoplasma sel (Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003). Hifa membentuk suatu anyaman yang disebut miselium (jamak, miselia), yang merupakan jaringan “makanan” dari suatu fungi. Pada umumnya jamur merupakan organisme multiseluler (memiliki banyak sel), kecuali khamir/*yeast* (ragi) merupakan fungi dengan sel tunggal (uniseluler). Dinding sel hifa diperkuat oleh kitin, polisakarida yang kuat namun fleksibel. Dinding sel yang kaya kitin dapat meningkatkan pemberian makan melalui penyerapan. Ciri penting lainnya pada sebagian besar jamur adalah hifanya terbagi menjadi sel-sel melalui dinding melintang, atau disebut septum (jamak disebut septa). Septum umumnya memiliki pori yang cukup untuk mengalirkan isi sel dari satu sel ke sel yang lain.



Gambar 6.1. Struktur tubuh Fungi
(Sumber : Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003)

Ada beberapa kelompok jamur yang memiliki hifa tidak bersekat (Gambar 6.2.), atau disebut hifa senositik. Hifa senositik merupakan hifa yang terdapat pada jamur yang memiliki hifa dengan ratusan atau ribuan inti. Kondisi ini dikarenakan terjadi pembelahan berulang tanpa adanya sitokinesis.



Gambar 6.2. Jenis-jenis Hifa
(Sumber : Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003)

Pada kelompok fungi yang bersifat sebagai parasit, biasanya terjadi modifikasi hifa menjadi haustoria. Haustoria merupakan organ penyerap makanan dari substrat, haustoria dapat menembus dinding sel substrat/inang untuk mengasorbsi makanan dari inangnya. Pada ujung-ujung hifa terdapat spora yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan jamur. Spora terbagi menjadi dua golongan yaitu spora seksual dan spora aseksual. Fungi tidak memiliki akar, batang dan daun sehingga disebut dengan talus. Habitat fungi ditempat yang lembab, kaya zat organik, kurang cahaya dan lingkungan yang agak asam.

6.2.2 Cara Fungi Memperoleh Makanan

Fungi/jamur merupakan organisme heterotrof. Fungi bertahan hidup dengan cara menyerap nutrisi dari zat-zat organik dari organisme yang telah mati di sekitarnya. Jamur yang menyerap nutrisi dari organisme yang masih hidup merupakan parasit penyebab penyakit. Cara jamur mencerna makanannya dengan cara menyerap organisme kecil disekitarnya selanjutnya dengan bantuan enzim-enzim akan dicerna diluar tubuhnya. Pada proses pencernaan sumber nutrisi bagi jamur molekul-molekul kompleks akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selain itu, ada juga kelompok jamur yang hidup dengan bersimbiosis mutualisme dengan organisme lain, misalnya lichenes dan mikoriza.

Berdasarkan cara jamur memperoleh makanan, jamur dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok. Yaitu jamur saprofit dan jamur parasit.

1. Jamur Saprofit

Jamur yang termasuk ke dalam golongan jamur saprofit merupakan kelompok jamur yang memperoleh makanan/nutrisi dengan cara menguraikan zat-zat organik yang terdapat pada organisme yang sudah mati. Biasanya jamur ini dapat ditemukan ditumpukan sampah organik yang lembab, bahan makanan basi, dan batang tumbuhan. Jamur saprofit merupakan organisme pengurai

(dekomposerr), karena mereka menguraikan zat-zat hara organisme.

2. Jamur Parasit

Jamur ini merupakan kelompok jamur yang mendapatkan makanan dengan menyerap nutrisi dari organisme lain atau *hostnya*. Jamur parasit hidup dengan menumpang pada organisme lain.

6.3 Klasifikasi Fungi

Jamur dibagi ke dalam empat divisi. Berdasarkan sistematika taksonomi yang digunakan saat ini ke empat divisi tersebut adalah *zygomycota*, *ascomycota*, *basidiomycota* dan *deuteromycota*.

6.3.1 Zygomycota

Disebut *zygomycota* karena dapat membentuk zigospora (spora istirahat dengan karakteristik dinding tebal). Habitatnya di darat, tanah, atau pada organisme mati. Kelompok jamur *Zygomycota* merupakan kelompok jamur utama dan penting karena dapat membentuk mikoriza (jamur yang bersimbiosis dengan akar tanaman). Hifa pada beberapa *zygomycota* termasuk dalam genus *mucor*, jamur ini tumbuh dengan cepat pada makanan seperti buha-buahan dan roti. Dengan demikian jamur ini dapat dikategorikan sebagai pengurai (apabila makanannya tidak hidup) atau parasit, dan spesies lain hidup sebagai komensal.

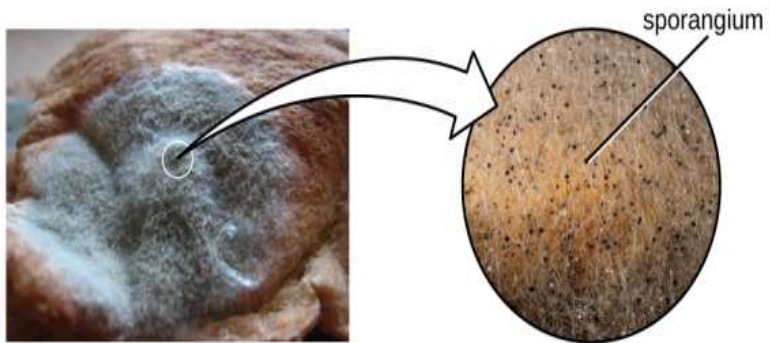
Ciri-ciri *Zygomocota* :

1. Habitat di darat, tanah, dan hidup secara saprofit.
2. Dapat membentuk mikoriza.
3. Miselium banyak bercabang dan tidak bersekat.
4. Terdapat hifa senositik.
5. Dinding sel tersusun atas zat kitin dan tidak memiliki zoospora.
6. Reproduksi seksual dan aseksual.
7. Fungsi hifa sebagai alat penyerapan makanan yang disebut dengan rizoid.

Saat ini sudah ada sekitar 1000 jenis spesies jamur dari divisi zygomycota yang diketahui. Salah satu contoh jamur dalam divisi ini adalah *Pilobolus* (Gambar 6.3). Zygomycota ini menguraikan kotoran hewan. Hifa yang mengandung spora membengkok ke arah cahaya, di mana kemungkinan besar terdapat bukaan pada vegetasi tempat spora dapat mencapai rumput segar. Jamur kemudian meluncurkan sporangianya ke dalam semburan air yang mampu menempuh jarak hingga 2,5 m. Hewan penggembala memakan jamur bersama rumput dan kemudian menyebarkan sporanya melalui kotoran, sehingga memungkinkan generasi jamur berikutnya tumbuh (Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003). Selain itu juga ada jamur *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus* sebagai jamur pembuat tempe, *Rhizopus stolonifer* yaitu jamur yang hidup pada roti basi (Gambar 6.4), dll.



Gambar 6.3. *Pilobolus* mengarahkan sporanya ke arah cahaya
(sumber : Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003)



Gambar 6.4. Jamur roti *Rhizopus stolonifer*. Sporangia tumbuh diujung batang, terlihat seperti bulu halus berwarna putih. Ujung roti yang berbentuk sporangia berwarna gelap dan mengandung spora.
(sumber : Parker *et al.*, 2021)

6.3.2 Ascomycota

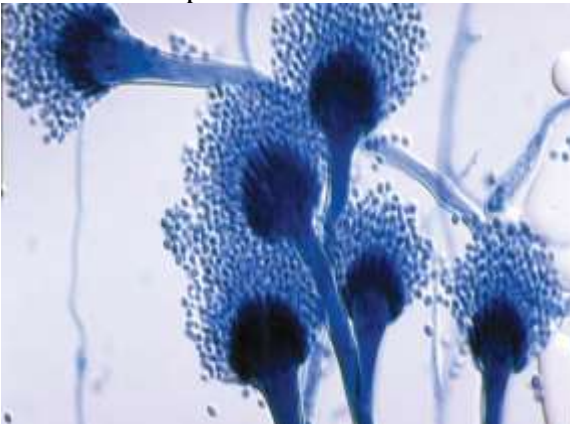
Ahli mikologi telah mendeskripsikan sekitar 65.000 spesies *Ascomycota* dari berbagai habitat laut, air tawar dan darat. *Ascomycota* adalah jamur yang berkembang biak dengan membentuk spora dalam selnya disebut dengan *asci* (tunggal : *ascus*). Bentuk askus seperti kantung kecil, karena itu *Ascomycota* disebut juga jamur kantung. Selama tahap seksualnya, sebagian besar *Ascomycota* mengembangkan tubuh buah yang disebut *ascocarp*, ukurannya antara mikrokopis hingga makroskopis. Didalam *ascocarp* terdapat *asci* sebagai pembentuk spora. Alat reproduksi aseksualnya adalah hifa.

Ciri-ciri ascomycota :

1. Dinding sel tersusun dari zat kitin.
2. Ada yang bersifat uniseluler maupun multiseluler.
3. Hifa bersekat, membentuk badan buah (*Ascocarp*).
4. Inti haploid.
5. Memiliki keturunan diploid lebih singkat.
6. Reproduksi vegetatif dengan konidiospora.
7. Reproduksi generatif dengan konjugasi yang menghasilkan askospora.

Contoh jamur yang tergolong ke dalam *Ascomycota* yaitu :

1. Jamur uniseluler : *Saccharomyces cerevisiae* (untuk membuat tape, roti), *Saccharomyces sake* (untuk membuat sake), *Candida albicans* (menyerang selaput lendir di mulut dan parasit saluran reproduksi).
2. Jamur multiseluler : *Penicillium notatum* (penghasil antibiotik), *Penicillium camemberti*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium roqueforti*, dan *Penicillium vermiculatum*. Kelompok ini memiliki ascocarp dengan bentuk bola yang biasa disebut dengan kleistotesium. Kemudian ada kelompok *Aspergillus sp.*, seperti *Aspergillus wentii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus oryzae*, dan *Aspergillus fumigatus*. Kemudian ada kelompok *Neurospora sp.*, yaitu *Neurospora crassa* dan *Neurospora sitophila*. Spora pada neurospora berwarna oranye, dan ascocarpanya berbentuk botol berleher yang dilengkapi dengan lubang (ostiolum) fungsi ostiolum sebagai tempat keluar ascus dan ascospora.



Gambar 6.5. *Aspergillus wentii*
(Sumber : <https://www.greeners.co>)

6.3.3 Basidiomycota

Basidiomycota merupakan jamur berukuran besar (makroskopis), reproduksi aseksual dengan cara membentuk spora diatas sel yang disebut dengan basidium. Reproduksi seksual dengan membentuk spora konidia. Diperkirakan ada

30.000 spesies dari jamur *Basidiomycota*. Nama *Basidiomycota* berasal dari basidium (jamak : basidia; bahasa latin artinya “alas kecil”). Jamur basidiomycota merupakan pengurai penting kayu dan tanaman lain. Basidiomycota merupakan kelompok jamur yang paling baik dalam menguraikan lignin polimer kompleks pada komponen kayu. Banyak jamur rak/braket yang memecah kayu pohon yang lemah atau rusak dan terus membusukkan kayu setelah pohon tersebut mati. Siklus hidup basidiomycete biasanya mencakup miselium dikariotik yang berumur panjang. Seperti pada ascomycetes, tahap dikariotik yang diperpanjang ini memberikan banyak peluang terjadinya rekombinasi genetik, yang pada dasarnya melipatgandakan hasil perkawinan tunggal. Secara berkala, sebagai respons terhadap rangsangan lingkungan, miselium bereproduksi secara seksual dengan menghasilkan tubuh buah rumit yang disebut basidiokarpa. Jamur putih yang umum di supermarket adalah contoh basidiokarp yang sudah dikenal.



(a)



(b)

Gambar 6.6. (a). Jamur rak/braket merupakan organisme pengurai kayu. (b). Jamur tudung pengantin, merupakan jamur yang mengeluarkan bau seperti daging busuk.

(Sumber : sumber : Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003)

Ciri-ciri Basidiomycota :

1. Organisme multiseluler
2. Hifa bersekat, dibedakan menjadi hifa primer (inti satu) dan hifa sekunder (inti dua)
3. Dinding sel terdiri dari zat kitin

4. Reproduksi vegetatif dengan membentuk konidiaspora
5. Reproduksi generatif menghasilkan basidiospora
6. Inti haploid
7. Memiliki keturunan diploid yang lebih singkat
8. Terdapat basidiocarp
9. Badan buah seperti payung atau kuping
10. Beberapa jenis merupakan jamur *edible* (aman dikonsumsi)

Meskipun beberapa golongan jamur dapat dikonsumsi, namun ada juga jamur yang mematikan karena beracun. Seperti jamur dari genus *Amanita* mengandung racun yang mematikan. Adapula kelompok jamur basidiomycota yang merupakan jamur berbahaya bagi tanaman/tumbuhan di perkebunan seperti jamur kuping (*Auricularia polythrica*), dan jamur merang (*Volvariella volvaceae*).

6.3.4 Deuteromycota/Fungi Imperfecti

Kelompok ini merupakan divisi untuk mengelompokkan jamur-jamur yang belum diketahui cara reproduksi seksualnya. Karena itu disebut dengan fungi imperfecti/jamur tidak sempurna.

Ciri-ciri Deuteromycota :

1. Hifa bersekat
2. Dinding sel tersusun dari zat kitin
3. Ada yang uniseluler maupun multiseluler
4. Kebanyakan merupakan jamur mikroskopis
5. Jarang membentuk tubuh buah
6. Cara hidup sebagai saprofit maupun parasit
7. Reproduksi vegetatif dengan membentuk konidiaspora

6.4 Perkembangbiakan Fungi

Fungi berkembangbiak secara seksual dan aseksual. Perkembang biakan aseksual dilakukan dengan fragmentasi miselium dan pembentukan spora aseksual. Ada 4 cara perkembangbiakan dengan fragmentasi, yaitu :

1. Pembentukan tunas, contohnya pada khamir

2. Pembentukan blastospora (tunas yang tumbuh menjadi spora) contohnya *Candida sp.*
3. Menggunakan arthrospora atau oidium, yaitu terjadi segmentasi di ujung-ujung hifa, selanjutnya sel-sel membulat dan lepas menjadi spora, contohnya pada *Geotrichum sp.*
4. Menggunakan klamidiospora (pembulatan dan penebalan dinding sel hifa vegetatif), contohnya pada *Geotrichum sp.*

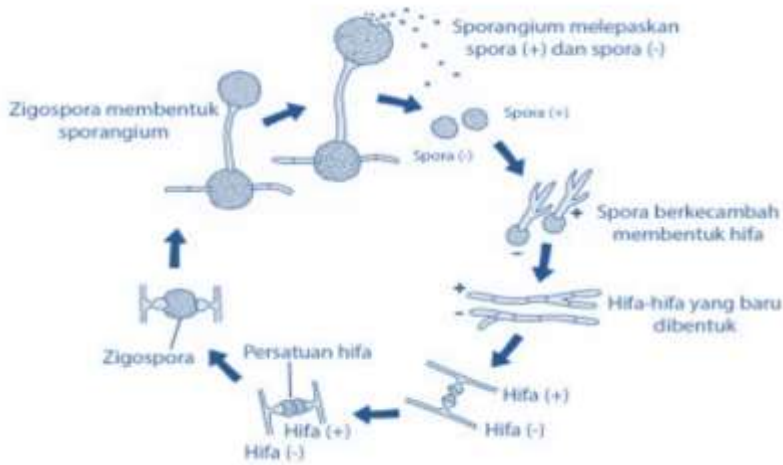
Pada jamur tingkat rendah, spora aseksual terbentuk karena adanya pembelahan inti sel berulang-ulang, misalnya sporangiospora. Pada jamur tingkat tinggi, sporanya disebut konidia. Konidia merupakan spora yang terbentuk pada ujung konidiofor.

Perkembangbiakan seksual, dilakukan dengan pembentukan spora seksual dan juga peleburan gamet. Terdapat 2 tipe spora seksual yaitu jantan (+) dan betina (-). Proses reproduksi secara seksual terbagi dalam 3 tahap :

1. Plasmogami, 2 plasma sel melebur
2. Karyogami, 2 inti haploid melebur dan menghasilkan 1 inti diploid
3. Meiosis, pembelahan reduksi dan menghasilkan inti haploid.

Spora seksual ada beberapa tipe, yaitu :

1. Askospora, spora bersel satu dan terbentuk dalam struktur semacam kantung (ascus)
2. Basidiospora, spora seksual yang terbentuk diatas struktur seperti gada (basidium)
3. Zigospora, spora besar dan berdinding. Terbentuk saat ujung-ujung dua hifa yang secara seksual serasi (gametangia)
4. Oospora, spora yang terbentuk dalam struktur betina (oogonium)



Gambar 6.7. Reproduksi seksual pada *Zygomycota*
(Sumber : Widiyanto, 2020)

6.5 Mikoriza dan Lichen

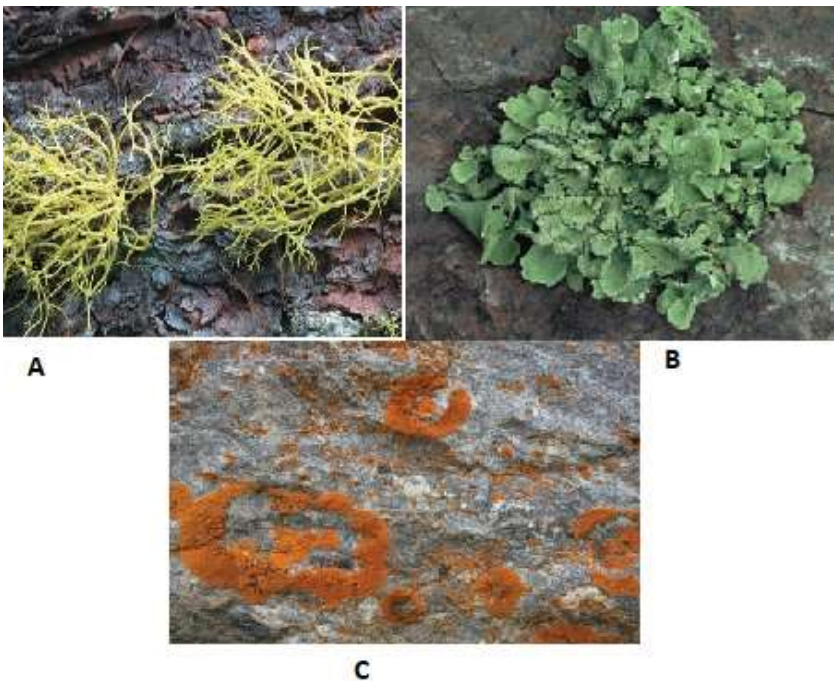
6.5.1 Mikoriza

Mikoriza adalah bentuk simbiosis saling menguntungkan (mutualisme) antara jamur yang umumnya kelompok Ascomycota, Basidiomycota dan Zygomycota dengan akar tanaman/tumbuhan tingkat tinggi. Keuntungan untuk tanaman yaitu dapat meningkatkan penyerapan air dan mineral, bagi jamur mendapatkan nutrisi dari tanaman. Mikoriza dibedakan menjadi 2, yaitu : ektomikoriza yaitu hifa jamur hanya hidup di daerah permukaan akar tanaman (jaringan epidermis) contoh akar pinus dan endomikoriza, yaitu hifa jamur menembus akar hingga masuk ke jaringan korteks contoh jamur di akar anggrek.

6.5.2 Lichen

Lichen merupakan simbiosis mutualisme antara mikroorganisme fotosintetik (alga) dan jamur. Jamur yang membentuk lichen adalah dari divisi ascomycota dan basidiomycota, sementara alganya dari Cyanobacteria dan Chlorophyta. Lichen biasa tumbuh di permukaan batu, batang

kayu yang membusuk, pohon dan atap. Simbiosis antara jamur dan alga merupakan simbiosis yang saling menguntungkan, dimana kebutuhan makanan dipenuhi oleh alga dari hasil fotosintesis, sementara itu kebutuhan air dan mineral dipenuhi oleh jamur. Lichen merupakan organisme perintis. Lichen biasanya membentuk talus, talus pada lichen sendiri terbagi menjadi 3 yaitu : talus crustose (seperti kerak), talus fructitose (seperti semak), talus foliose (seperti daun) (Gambar 6.8). Karena lichen sensitif terhadap beberapa polutan berbahaya, biasanya keberadaan lichen dijadikan sebagai indikator biologis. Contoh organismenya *Usnea dasypoga*, *Parmelia acetabulum*.



Gambar 6.8. Berbagai tipe talus pada lichen. A. Talus Fructitose, B. Talus Foliose, C. Talus Crustose
(Sumber : Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003)

6.6 Peranan Fungi Bagi Kehidupan

6.6.1 Peran Menguntungkan

Fungi memiliki beberapa peran yang menguntungkan bagi kehidupan, tidak hanya pada manusia namun juga pada makhluk hidup lain dan alam sekitar, beberapa peranan menguntungkan fungi yaitu :

1. Sebagai Pengurai/Dekomposer

Jamur merupakan organisme pengurai bahan organik termasuk selulosa dan lignin pada dinding sel tumbuhan. Hal yang sama juga berlaku pada bakteri. Akibatnya, jamur dan bakteri terutama bertanggung jawab menjaga ekosistem tetap memiliki nutrisi anorganik yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Tanpa pengurai ini, karbon, nitrogen, dan unsur-unsur lainnya akan tetap terikat dalam bahan organik. Jika hal ini terjadi, tumbuhan dan hewan yang memakannya tidak akan ada karena unsur-unsur yang diambil dari tanah tidak dapat dikembalikan. Tanpa pengurai, kehidupan seperti yang kita tahu akan berhenti.

2. Sebagai Sumber Pangan/Dapat Dikonsumsi

Beberapa jenis jamur merupakan sumber pangan yang kaya protein. Kelompok vegetarian biasa mengonsumsi jamur sebagai pengganti sumber protein dari daging. Beberapa jenis fungi sudah lama dibudidayakan sebagai sumber makanan yang lezat dan bergizi. Diantaranya adalah *Agaricus campestris* (Jamur insang), *Volvariella volvaceae* (Jamur merang), *Lentinus edodes* (jamur shitake), *Tuber melanosporum* (Truffle hitam) dan lain-lain.

3. Bahan Penghasil Obat-Obatan/Antibiotik

Fungi/jamur berperan dalam industri antibiotik. Penemuan ini pertama sekali ditemukan oleh Alexander Fleming pada tahun 1929 yaitu penisilin. Antibiotik dihasilkan dari *Penicillium notatum*. Selain itu ada juga dihasilkan dari spesies lain dan hasilnya lebih efektif dalam menghasilkan penisilin, yaitu *Penicillium chrysogenum*.

4. Membantu Fermentasi

Fungi juga berperan dalam menghasilkan bahan-bahan organik melalui proses fermentasi. Misalnya dalam

pembuatan bir, fermentasi dibantu oleh *Saccharomyces cerevisiae* atau *Saccharormyces carlsbergenesis*. Selain itu, dalam pembuatan roti juga jamur berperan besar. Karena menggunakan organisme *Saccharomyces cereviceae* sebagai organisme fermentator (menghasilkan karbondioksida untuk membuat adonan roti mengembang). Selain itu makanan khas dari Indonesia juga merupakan hasil fermentasi dari jamur *Rhizopus oryzae*.

5. Meningkatkan Kesuburan Tanah

Jamur sebagai organisme saprofit dapat meningkatkan kesuburan tanah. Hal ini dapat terjadi karena jamur menguraikan sisa-sisa zat hara dari tumbuhan dan hewan yang sudah mati, sehingga dapat dikembalikan unsur mineral dari tubuh organisme yang telah mati tersebut ke tanah dan membuat tanah menjadi subur.

6.6.2 Peran Merugikan

Peran merugikan fungi pada manusia maupun organisme lain yaitu, fungi dapat menjadi parasit yang menyebabkan penyakit. Baik pada manusia maupun pada tumbuhan. Jamur parasit menyerap nutrisi dari sel inang yang hidup, namun tidak memberikan manfaat apa pun. Sekitar 30% dari 100.000 spesies jamur yang diketahui hidup sebagai parasit atau patogen, sebagian besar pada tumbuhan. Contoh patogen tanaman adalah *Cryphonectria parasitica*, jamur ascomycota yang menyebabkan penyakit hawar kastanye. Beberapa jamur yang menyerang tanaman pangan menghasilkan senyawa yang bersifat racun bagi manusia. Salah satu contohnya adalah ascomycota *Claviceps purpurea*, yang tumbuh pada tanaman gandum hitam, membentuk struktur ungu yang disebut ergot (Gambar 6.9). Pada manusia/hewan infeksi parasit jamur disebut dengan mikosis. Pada manusia mikosis kulit seperti penyakit kurap, ditandai dengan munculnya lingkaran kemerahan pada permukaan kulit. Umumnya disebabkan oleh jamur dari divisi *Ascomycota*. Penanganannya biasanya diberikan salep/lotion fungisida. Beberapa mikosis bersifat oportunistik, hanya terjadi ketika terjadi perubahan mikroorganisme tubuh, lingkungan

kimia, atau sistem kekebalan tubuh memungkinkan jamur tumbuh tanpa terkendali. Seperti *Candida albicans*, merupakan penghuni normal jaringan epitel lembab seperti lapisan vagina. Dalam keadaan tertentu *Candida* dapat tumbuh terlalu cepat dan menjadi patogen sehingga menyebabkan infeksi jamur.



Gambar 6.9. Ergot pada tanaman gandum hitam
(Sumber : Campbell, N. A. dan Reece, J., 2003)

Soal-Soal Latihan

A. Pilihlah satu jawaban yang paling tepat dari pertanyaan dibawah ini!

1. Dinding sel pada hifa umumnya tersusun dari zat ...
 - a. Protein
 - b. Karbohidrat
 - c. Lemak
 - d. Kitin
 - e. selulosa

2. Jamur yang memperoleh makanan/nutrisi dengan cara menguraikan zat-zat organik yang terdapat pada organisme yang sudah mati. Pernyataan berikut merupakan pengertian dari ...
 - a. Jamur saprofit
 - b. Jamur parasit
 - c. Jamur fermentasi
 - d. Mikroba
 - e. Jamur endemik
3. Ciri khas dari jamur yang memiliki alat reproduksi seksual berupa asocarp. Merupakan jamur yang masuk ke dalam divisi ...
 - a. Basidiomycota
 - b. Ascomycota
 - c. Zygomycota
 - d. Deutromycota
 - e. Semua benar
4. *Rhizopus oryzae* merupakan jamur yang berperan dalam pembuatan ...
 - a. Sake
 - b. Bir
 - c. Anggur
 - d. Tempe
 - e. Keju
5. Lichen merupakan simbiosis/hubungan antara jenis organisme berikut ini, kecuali ...
 - a. Ascomycota
 - b. Basidiomycota
 - c. Cyanobacteria
 - d. Chlorophyta
 - e. Polypodiophyta
6. Roti yang dibiarkan terlalu lama di udara terbuka lama kelamaan akan muncul bercak-bercak kehitaman pada roti tersebut, organisme tersebut merupakan ...
 - a. *Rhizopus stolonifer*
 - b. *Aspergillus wentii*
 - c. *Rhizopus oryzae*

- d. *Cryphonectria parasitica*
- e. *Saccharomyces cereviceae*
- 7. Dalam ekosistem jamur berperan sebagai ...
 - a. Produsen
 - b. Predator
 - c. Dekomposer
 - d. Konsumen
 - e. Distributor
- 8. Jamur membentuk anyaman benang-benang halus yang disebut ...
 - a. Spora
 - b. Konidia
 - c. Miselium
 - d. Ascus
 - e. Basidiospora
- 9. Diantara spesies jamur berikut ini ada jamur yang dapat menjadi patogen pada manusia, yaitu ...
 - a. *Candida albicans*
 - b. *Rhizopus oryzae*
 - c. *Rhizopus stolonifer*
 - d. *Aspergillus wentii*
 - e. *Volvariella volvaceae*
- 10. Daftar jamur berikut ynag berperan dalam pembuatan antibiotik adalah ...
 - a. *Candida albicans*
 - b. *Rhizopus oryzae*
 - c. *Penicillium notatum*
 - d. *Volvariella volvaceae*
 - e. *Rhizopus stolonifer*

B. Essay!

- 1. Jelaskan peran jamur sebagai organisme pengurai!
- 2. Bagaimana hubungan jamur dengan akar tanaman?
- 3. Bagaimana jamur dapat berperan dalam kesuburan tanah?
- 4. Jelaskan hubungan jamur dengan alga sebagai lichen!
- 5. Bagaimana peran jamur bagi kehidupan?

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N. A., & Reece, J. 2003. *Campbell Biology 11th Edition*. New York: Pearson Higher Education.
- Hassan. 2011. *Mikrobiologi Umum*. Makassar : Alauddin University Press.
- Parker, N., Schneegurt, M., Thi Tu, A., Foster, B.M., and Lister, P. 2021. *Microbiology*. Texas : Openstax.
- Purwanto, P.B., *et al.* 2017. Inventarisasi Jamur Makroskopis di Cagar Alam Nusakambangan Timur Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. *Proceeding Biology Education Conference* Vol. 14 (1): 79-82.
- Suryani, Y., dan Taupiqurrahman, O. 2021. *Mikrobiologi Dasar*. Bandung : LP2M UIN Sunan Gunung Djati.
- Webster, J and Weber, R. 2007. *Introduction to Fungi 3rd Edition*. New York : Cambridge University Press.
- Widiyanto, P. 2020. Modul Pembelajaran SMA : Biologi. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS dan DIKMEN.

BAB 7

PLANTAE

Oleh Muhammad Rifqi Hariri

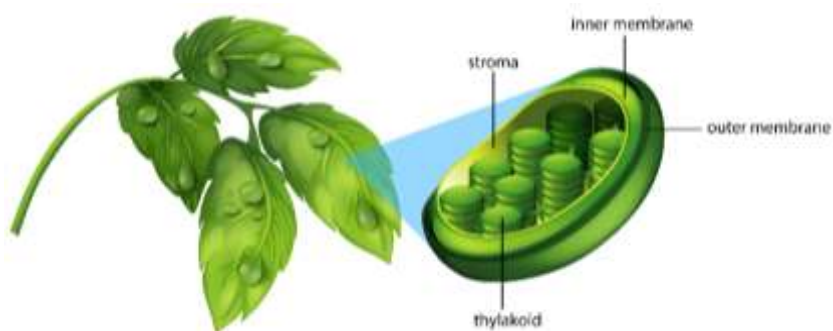
7.1 Pendahuluan

Kingdom Plantae atau kerajaan tumbuhan adalah salah satu dari lima kerajaan dalam taksonomi biologi. Tumbuhan adalah organisme eukariotik yang memiliki klorofil dan dapat melakukan fotosintesis (Bhattacharya et al., 2004). Kingdom Plantae terdiri dari berbagai jenis tumbuhan, mulai dari tumbuhan paku, lumut, ganggang, hingga tumbuhan berbunga (Uhra, 2020). Terdapat tumbuhan yang sangat kecil dan mikroskopis, seperti alga, dan ada juga tumbuhan yang sangat besar dan tinggi, seperti pohon *redwood* yang mencapai ketinggian ratusan kaki. Tumbuhan juga dapat ditemukan di berbagai habitat, termasuk daratan, air tawar, dan laut (Irawanto et al., 2017). Tumbuhan memiliki peran yang sangat penting dalam ekosistem.

Dalam ekosistem, tumbuhan juga memiliki peran penting. Mereka adalah produsen utama, yang berarti mereka adalah sumber makanan bagi organisme lain dalam rantai makanan. Berkat proses fotosintesis, tumbuhan mengubah energi matahari menjadi makanan yang dapat dimanfaatkan oleh hewan herbivora dan omnivora. Selain itu, tumbuhan juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan menyediakan tempat tinggal dan tempat perlindungan bagi berbagai organisme (Conway et al., 2019). Selain itu, tumbuhan juga berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak perubahan iklim. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk melestarikan tumbuhan dan habitatnya.

7.2 Ciri Kingdom Plantae

Tumbuhan adalah organisme autotrofik, artinya mereka dapat membuat makanan mereka sendiri melalui proses fotosintesis (Schmidt *et al.*, 2013; Lin *et al.*, 2014). Mereka memiliki beberapa ciri khas yang membedakan mereka dari kerajaan lain. Salah satu ciri utama Kingdom Plantae adalah kehadiran klorofil. Klorofil adalah pigmen hijau yang terdapat dalam kloroplas tumbuhan, dan merupakan bagian integral dari proses fotosintesis (Barry, 2009; Gambar 7.1). Klorofil juga memberikan warna hijau yang khas pada daun dan batang tumbuhan.



Gambar 7.1. Kloroplas pada tumbuhan dan bagian-bagiannya
(Sumber: Anonim, 2023)

Selain itu, tumbuhan juga memiliki dinding sel yang kaku yang terbuat dari selulosa (Thomas *et al.*, 2013). Dinding sel ini memberikan dukungan struktural pada tumbuhan, memungkinkan mereka untuk berdiri tegak dan tahan terhadap tekanan dari lingkungan eksternal. Selain memberikan dukungan, dinding sel juga berperan dalam menahan tekanan osmosis, yang memungkinkan tumbuhan untuk menyerap air secara efisien (Bacete & Hamann, 2020).

Pada tumbuhan tingkat tinggi terdapat jaringan unik yang disebut xilem dan floem (Pittermann *et al.*, 2015). Xilem adalah jaringan yang membawa air dan nutrisi dari akar ke daun dan bagian atas tumbuhan lainnya. Floem, di sisi lain, membawa makanan yang dihasilkan selama fotosintesis ke seluruh tubuh

tumbuhan. Kehadiran xilem dan floem memungkinkan tumbuhan untuk tumbuh secara vertikal dan menjadi besar.

Tumbuhan tingkat tinggi menghasilkan bunga, buah, dan biji sebagai bagian dari siklus hidup mereka (Leins & Erbar, 2010). Bunga adalah struktur reproduksi tumbuhan yang bertujuan untuk menarik serangga penyerbuk (Moyroud & Glover, 2017). Serangga ini membantu dalam penyerbukan, yaitu transfer serbuk sari dari organ jantan ke organ betina, yang kemudian menghasilkan buah dan biji. Biji adalah struktur yang berisi embrio dan cadangan makanan, yang memungkinkan reproduksi tumbuhan di tempat yang jauh (Bewley et al., 1978; Li & Berger, 2012).

Tumbuhan juga memiliki kemampuan untuk mereproduksi secara seksual dan aseksual. Reproduksi seksual melibatkan gabungan sel sperma dan sel telur untuk membentuk zigot, yang akan berkembang menjadi embrio (Schmidt et al., 2015). Kemudian, embrio tumbuh menjadi individu baru. Reproduksi aseksual, di sisi lain, melibatkan produksi individu baru dari bagian tumbuhan yang ada, seperti pemisahan akar atau stek (Bengtsson & Ceplitis, 2000). Ini memungkinkan tumbuhan untuk berkembangbiak dan menyebar dengan cepat.

7.3 Klasifikasi Kingdom Plantae

Kingdom Plantae mencakup semua organisme tumbuhan mulai dari lumut kecil hingga pohon raksasa. Tumbuhan memiliki peran penting dalam ekosistem bumi karena mereka adalah produsen primer yang mampu menghasilkan makanan melalui fotosintesis. Para ilmuwan mendefinisikan kingdom Plantae berdasarkan sejumlah karakteristik yang mereka miliki. Salah satu karakteristik utama tumbuhan adalah memiliki struktur sel yang dikelilingi oleh dinding sel yang kaku, yang disebut selulosa (Thomas et al., 2013). Selain itu, tumbuhan juga memiliki klorofil yang dapat mereka gunakan untuk menangkap energi matahari dan membantu dalam fotosintesis (Schmidt et al., 2013; Lin et al., 2014). Tumbuhan juga memiliki organ khusus yang disebut kloroplas, tempat fotosintesis terjadi.

Dalam kingdom Plantae, tumbuhan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa divisi berdasarkan karakteristik morfologi dan siklus hidup mereka (Harris et al., 2022). Salah satu divisi yang terkenal adalah divisi Bryophyta. Divisi ini mencakup tanaman yang tidak memiliki akar, batang, atau daun sejati (Mishler & Churchill, 1985). Lumut adalah contoh dari divisi ini. Meskipun mereka tidak memiliki jaringan vaskular yang sebenarnya, lumut mampu mendistribusikan air dan nutrisi melalui jaringan sel (Ligrone et al., 2000).

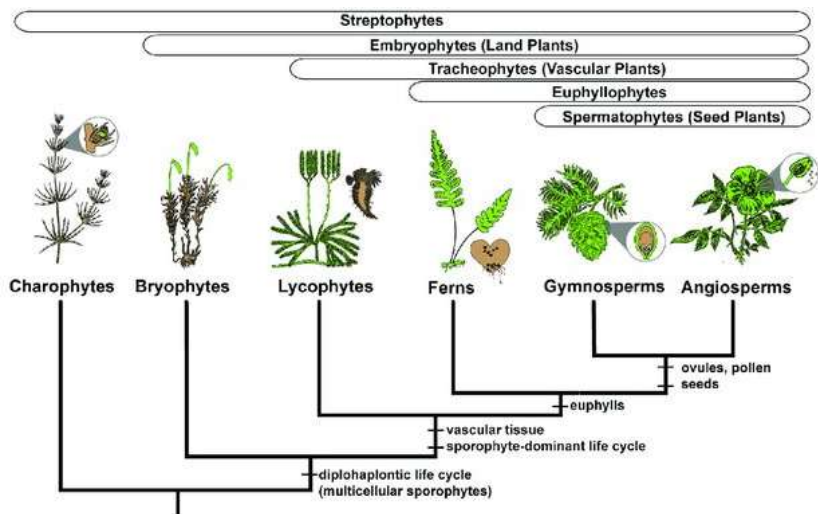
Divisi berikutnya dalam kingdom Plantae adalah divisi Pteridophyta. Divisi ini mencakup tumbuhan lumut hati serta tumbuhan yang memiliki akar, batang, dan daun sejati. Tumbuhan dalam divisi ini terutama reproduksi dengan spora yang dapat ditemukan di permukaan daun atau batang mereka (Guo et al., 2003). Tumbuhan pakis adalah contoh yang populer dari divisi Pteridophyta.

Selanjutnya, divisi Spermatophyta juga penting dalam kingdom Plantae. Divisi ini mencakup semua tumbuhan berbiji, termasuk tumbuhan berbunga dan tumbuhan berbiji terbuka seperti pinus. Tumbuhan dalam divisi ini memiliki akar, batang, dan daun sejati, serta sistem pembuluh transportasi atau vaskular yang baik (Woudenberg et al. 2022). Tumbuhan berbunga dalam divisi ini memiliki bunga sebagai organ reproduksi mereka (Niklas & Kutschera, 2009).

Selain itu, ada juga tumbuhan yang dapat hidup di air, seperti alga, yang termasuk dalam divisi Algae. Alga adalah organisme fotosintesis yang juga memiliki kloroplas, namun lebih sederhana daripada tumbuhan terrestrial (De Vries & Archibald, 2018). Mereka dapat ditemukan di lingkungan air seperti danau, sungai, dan laut.

Dalam ilmu taksonomi, ilmuwan menggunakan berbagai karakteristik morfologi dan genetik untuk membedakan tumbuhan satu sama lain dan menempatkannya dalam kelompok yang tepat (Rouhan & Gaudeul, 2014; Gambar 7.2). Penanda genetik seperti DNA juga digunakan untuk menentukan hubungan antara berbagai tumbuhan dan

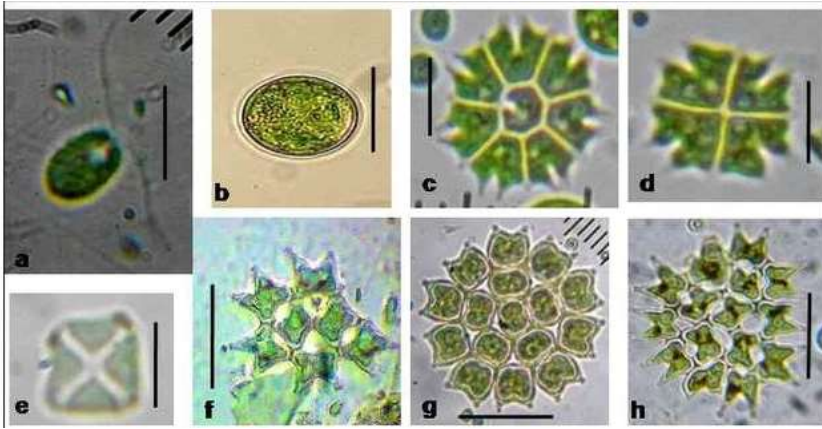
mengungkapkan evolusi dari tumbuhan tersebut (Mishler, 2000).



Gambar 7.2. Gambaran filogeni kingdom Plantae
(Sumber: Siget et al., 2018)

7.4 Chlorophyta

Secara morfologi, Chlorophyta memiliki bentuk beragam, mulai dari alga bersel tunggal hingga koloni dan alga bersel banyak (De Vries & Archibald, 2018; Gambar 7.3). Mereka memiliki pigmen hijau yang disebut klorofil, yang memberikan warna hijau pada tumbuhan ini. Klorofil ini berperan dalam penyerapan cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi yang dapat digunakan untuk proses fotosintesis. Sel-sel Chlorophyta juga memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa, yang memberikan struktur dan perlindungan kepada organisme ini (Baudelet et al., 2017).



Gambar 7.3. Fotomikrograf beberapa jenis alga.

a=*Chlamydomonas mucicola*, b=*Chlorococcum humicola*, c=*Stauridium tetras*, d=*S. tetras* var. *apiculatum*, e=*Pediastrum privum*, f=*P. duplex* var. *clathratum*, g=*P. boryanum* var. *brevicorne*, dan h=*P. duplex* var. *duplex*
(Sumber: Roy & Pal, 2015)

Chlorophyta memiliki peranan penting dalam ekosistem air, terutama sebagai produsen utama dalam rantai makanan (Michaels & Silver, 1988). Mereka adalah basis makanan bagi organisme lain, seperti zooplankton, yang kemudian menjadi makanan bagi ikan-ikan kecil dan hewan lainnya di perairan. Selain itu, Chlorophyta juga berperan dalam siklus biogeokimia, memperbaiki kadar karbon dioksida dari udara melalui fotosintesis, serta melepaskan oksigen sebagai produk samping (Lobus, 2022).

Selain manfaatnya dalam ekosistem, Chlorophyta juga memiliki manfaat ekonomi bagi manusia. Beberapa spesies alga hijau dapat digunakan dalam industri makanan dan farmasi. Misalnya, alga hijau tertentu dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang memiliki efek antimikroba atau antikanker (Michalak & Chojnacka, 2015). Beberapa spesies alga hijau juga digunakan dalam industri kosmetik sebagai bahan aktif dalam produk perawatan kulit dan rambut (Joshi et al., 2018; Aslam et al., 2021).

Namun, Chlorophyta juga memiliki dampak negatif terhadap kehidupan manusia. Beberapa spesies alga hijau dapat tumbuh secara berlebihan di perairan yang kaya nutrisi, seperti danau dan rawa yang terkontaminasi limbah pertanian atau limbah industri (Sharma et al., 2007). Pertumbuhan berlebih alga hijau dapat menyebabkan eutrofikasi, di mana oksigen terlarut dalam air menurun dan menyebabkan matinya organisme air lainnya (Hillebrand & Sommer, 2000; Dunck et al., 2015). Eutrofikasi juga dapat menyebabkan Kepadatan alga yang tinggi dapat menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air, menghambat pertumbuhan ganggang lain dan organisme bawahnya.

7.5 Bryophyta

Bryophyta, yang juga dikenal sebagai lumut, adalah kelompok tumbuhan berpembuluh rendah yang memiliki peranan penting dalam ekosistem. Meskipun ukurannya kecil dan tidak memiliki akar yang berkembang dengan baik, tumbuhan ini memiliki banyak adaptasi unik yang memungkinkannya untuk bertahan hidup di lingkungan yang keras dan memenuhi kebutuhan nutrisi yang spesifik (Ren et al., 2021).

Bryophyta termasuk dalam kelompok tumbuhan non-vaskular, yang berarti mereka tidak memiliki sistem pembuluh atau xilem dan floem seperti pada tumbuhan berpembuluh tinggi. Mereka memiliki tubuh yang sederhana, terdiri dari talus atau batang yang tidak terdiferensiasi dan tidak berserabut seperti pada tumbuhan berpembuluh tinggi (Budke et al., 2018; Gambar 7.4). Tumbuhan ini efektif menyerap air dan nutrisi melalui daunnya yang berpori. Meskipun demikian, bryophyta tidak dapat tumbuh tinggi seperti tumbuhan berpembuluh tinggi, sehingga mereka biasanya berukuran kecil dan tumbuh dalam bentuk karpet lumut di lantai hutan, di batuan basah, atau di tepi sungai.

Tidak hanya memiliki adaptasi yang kuat, Bryophyta juga berperan penting dalam ekosistem. Mereka berkontribusi dalam siklus nutrisi dengan menjadi tempat hidup bagi organisme

mikroskopis seperti ganggang dan bakteri yang bertanggung jawab untuk menguraikan bahan organik (Brown & Bates, 1990; Seppelt et al., 2016). Akar lumut juga mampu menjalin hubungan mutualisme dengan fungi mikoriza, yang membantu memperluas jangkauan penyerapan nutrisi oleh lumut (Pressel et al., 2021). Selain itu, lumut juga berperan sebagai tempat tinggal dan sumber makanan bagi hewan kecil seperti serangga, amfibi, dan kecoak (Gangwere, 1961; Gerson, 1982).



Gambar 7.4. Beberapa jenis lumut. a=*Barbulla indica*, b=*Fissidens purpusillus*, c=*F. biformis*, d=*Octoblepharum albidum*, e=*Rhizonium punctatum*, f=*Mnium stellare*, g=*Mnium hornum*, h=*Philonotis marchica*, i=*Fontinalis antipyretica*, j=*Hypnum cupressiforme*, dan k=*Polytrichastrum formosum* (Sumber: Kartikasari et al., 2023)

7.6 Pteridophyta

Pteridophyta atau tanaman paku adalah salah satu kelompok tumbuhan yang tidak memiliki biji (Gambar 7.5). Kelompok ini merupakan kelompok tumbuhan berpembuluh yang memiliki akar, batang, dan daun yang berbeda dengan tumbuhan berpembuluh lainnya (Wahyuningsih et al., 2019). Pteridophyta merupakan kelompok tumbuhan yang telah ada sejak jutaan tahun yang lalu dan telah mengalami evolusi yang signifikan hingga saat ini (Akinsoji et al., 2016).

Pertama kali muncul pada masa Paleozoikum, tumbuhan paku telah ada sejak sekitar 410 juta tahun yang lalu (Cleal & Cascales-Miñana, 2014). Pada zaman itu, tumbuhan paku merupakan tumbuhan yang dominan dan memiliki peran penting dalam membentuk ekosistem alam. Namun, seiring dengan perkembangan waktu, tumbuhan paku mengalami perubahan dan mulai digantikan oleh tumbuhan berbiji yang muncul kemudian (Schrack & Nesterova, 2017).

Pteridophyta memiliki ciri-ciri khas yang membedakannya dengan kelompok tumbuhan lainnya. Salah satu ciri dari tumbuhan paku adalah adanya spora, yaitu struktur yang digunakan untuk reproduksi secara seksual (Thomas & Cleal, 2022). Spora yang dihasilkan oleh tumbuhan paku akan jatuh ke tanah dan tumbuh menjadi tumbuhan baru. Selain itu, tumbuhan paku juga memiliki daun yang berbentuk seperti sisir atau bulu tumbuh di batang bagian atas (Goswami et al., 2016).

Keberadaan tumbuhan paku memiliki peran penting dalam ekosistem. Tumbuhan paku dapat berfungsi sebagai pembersih udara, yaitu menghilangkan polutan dan melepaskan oksigen ke udara (Junhui et al., 2013; Ranil et al., 2015). Selain itu, tumbuhan paku juga dapat membantu mengendalikan erosi tanah (Idul & Cristy-ann, 2023). Sistem akar yang kuat dan batang yang tegak memberikan stabilitas pada tanah, sehingga mengurangi risiko terjadinya erosi (Sajeev et al., 2022).



Gambar 7.5. Beberapa jenis paku. a=*Helminthostachys zeylanica*, b=*Lygodium circinatum*, c=*Lindsaea scandens* var. *terrestris*, d=*Taenitis blechnoides*, e=*Athyrium bantamense*, f=*Pityrogramma calomelanos*, g=*Lycopodiella cernua*, h=*Schizaea dichotoma*, dan i=*Dicranopteris linearis*
(Sumber: Hartini, 2020)

Dalam bidang pertanian, tumbuhan paku juga memiliki potensi sebagai bahan pangan dan obat-obatan (Ojha & Devkota, 2021). Beberapa jenis tumbuhan paku telah dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan makanan yang kaya akan nutrisi. Selain itu, beberapa senyawa aktif yang terkandung dalam tumbuhan paku juga telah digunakan untuk pengobatan tradisional (Sureshkumar et al., 2018).

7.7 Gymnospermae

Gymnospermae adalah salah satu kelompok tumbuhan berbiji yang sangat unik dan menarik. Nama "gymnospermae" sendiri berasal dari bahasa Yunani yang berarti "bijinya terbuka" (McLoughlin & Prevec, 2021). Hal ini mengacu pada fakta bahwa biji gymnospermae tidak dilindungi oleh daging buah, seperti yang terjadi pada tumbuhan berbunga.

Kelompok ini termasuk beberapa kelompok tumbuhan seperti pinus, cemara, dan cemara pohon (Gambar 7.6). Mereka dikenal dengan bentuk tubuhnya yang tinggi dan tegak, dengan cabang-cabang yang merentang ke segala arah. Pohon-pohon gymnospermae ini biasanya memiliki daun-daun bersisik yang tumbuh secara spiral atau berhadap-hadapan di bagian batangnya (Gola & Banasiak, 2016S).

Salah satu ciri unik dari tumbuhan gymnospermae adalah bahwa mereka tidak memiliki bunga (De La Torre et al., 2017). Namun, mereka memiliki struktur berbentuk kerucut yang disebut sebagai struktur pembuahan atau strobilus (Kustatscher et al., 2016). Struktur ini terdiri dari skala yang berisi biji-biji yang terbuka. Biji tersebut terbuka untuk memudahkan penyebaran oleh angin atau hewan.

Gymnospermae juga dikenal memiliki peranan penting dalam ekosistem. Mereka dapat tumbuh di berbagai kondisi iklim dan cuaca yang ekstrem, seperti daerah dengan salju dan es (Martin-Benito et al., 2018). Banyak pohon gymnospermae yang tumbuh di daerah pegunungan yang sangat tinggi atau daerah subarktik. Kemampuan mereka untuk bertahan hidup di kondisi yang sulit membuat mereka sangat berharga bagi lingkungan (Bibi et al., 2019).

Selain itu, Gymnospermae juga dikenal dengan kemampuannya sebagai tumbuhan tahunan yang luar biasa (Wan et al., 2022). Mereka dapat hidup dan tumbuh selama bertahun-tahun, bahkan puluhan atau ratusan tahun. Beberapa jenis pinus, misalnya, dapat hidup hingga ratusan tahun, dengan beberapa individu yang bahkan mencapai usia ribuan tahun (Kashian et al., 2013).

A Conifers, ~500 sp.



B Cycads, ~145–300 sp.



C Ginkgo, 1 sp.



D Gnetophytes, ~120 sp.



Current Biology

Gambar 7.6. Beberapa jenis Gymnospermae. a=*Pinus*, b=*Cycas*, c=*Ginkgo*, d=*Welwitschia*
(Sumber : Davis & Schaefer, 2011)

Pentingnya gymnospermae tidak hanya terbatas pada keberadaan mereka di alam, tetapi juga dalam kehidupan manusia. Tumbuhan ini memiliki banyak manfaat yang beragam. Misalnya, kayu gymnospermae digunakan untuk membuat berbagai produk kayu, seperti mebel, kertas, dan kayu bakar (Naikoo et al., 2017). Selain itu, biji-biji gymnospermae juga digunakan sebagai pakan hewan, seperti burung dan tupai.

Dalam kehidupan manusia, gymnospermae juga memiliki peranan penting dalam bidang obat-obatan. Beberapa spesies gymnospermae menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang digunakan dalam pengobatan, seperti obat penenang atau obat antikanker (Anand et al., 2020).

7.8 Angiospermae

Angiospermae adalah kelompok tumbuhan yang mempunyai biji tertutup. Mereka merupakan kelompok tumbuhan yang paling dominan di dunia, dengan sekitar 250.000 spesies yang ditemukan hingga saat ini (Johnson & Jansa, 2017). Angiospermae juga dikenal dengan sebutan tumbuhan berbunga, karena mereka memiliki bunga sebagai organ reproduksi yang khas.

Angiospermae memiliki berbagai macam bentuk dan ukuran. Beberapa spesies tumbuh hanya beberapa sentimeter, sementara yang lain dapat mencapai ketinggian yang mencapai puluhan meter (Hulshof et al., 2015). Mereka tersebar di seluruh dunia dan dapat hidup di berbagai habitat, mulai dari padang rumput hingga hutan hujan tropis (Zhang et al., 2021). Keberagaman dan adaptasi yang luas ini membuat angiospermae sangat sukses dalam berevolusi dan menjadi tumbuhan yang mendominasi planet ini (Gambar 6.7).

Salah satu ciri khas angiospermae adalah memiliki bunga (Soltis & Soltis, 2014). Bunga terdiri dari berbagai bagian seperti kelopak, mahkota, benang sari, dan putik. Masing-masing bagian ini memiliki peran yang penting dalam proses reproduksi tumbuhan. Kelopak dan mahkota berfungsi sebagai pelindung dan penarik serangga penyerbuk, sedangkan benang sari mengandung serbuk sari yang akan disalurkan ke putik untuk pembuahan (Shivanna & Tandon, 2014).

Setelah bunga terbuahi, angiospermae menghasilkan buah yang berisi biji-bijian. Buah melindungi biji dari berbagai gangguan eksternal, seperti dehidrasi, serangan hewan, dan kelebihan kelembaban (Bareke, 2018). Beberapa buah bahkan memiliki rasa dan aroma yang menarik bagi hewan yang menjadikannya sebagai makanan, sehingga biji dapat dijauhkan dari induknya.

Angiospermae juga mempunyai berbagai macam cara penyerbukan. Beberapa tumbuhan mengandalkan angin atau air untuk memindahkan serbuk sari dari bunga jantan ke bunga betina, sementara yang lain bergantung pada serangga penyerbuk seperti lebah, kupu-kupu, dan burung (Carvalho et

al., 2014). Ketergantungan pada serangga penyerbuk ini memungkinkan tumbuhan untuk melakukan penyerbukan silang, yang meningkatkan keanekaragaman genetik dan membantu dalam evolusi dan adaptasi (Fattorini & Glover, 2020).



Gambar 7.7. Beberapa jenis Angiospermae. a=*Encholirium gracile*, b=*Encyclia spiritusantensis*, c=*Barbacenia tomentosa*, d=*Begonia aguibrancensis*, e=*Vellozia pulchra*, f=*Coleocephalocereus fluminensis*, g=*Pleroma marin anum*, h=*Cnidoscolus lombardii*, dan i=*Mandevilla grazielae* (Sumber: de Paula et al., 2020)

Selain itu, Angiospermae juga merupakan sumber makanan utama bagi manusia dan hewan lainnya (Brozynska et al. 2016; Nieves-Cordones et al., 2016). Banyak tanaman pangan seperti padi, jagung, gandum, dan kacang-kacangan merupakan Angiospermae. Buah-buahan seperti apel, mangga, pisang, dan jeruk juga berasal dari Angiospermae. Selain itu, sebagian besar rempah-rempah yang digunakan dalam masakan berasal dari tumbuhan Angiospermae, seperti lada, kayu manis, dan cengkeh.

Evaluasi

1. Apa yang membedakan alga hijau dengan jenis alga lainnya?
2. Bagaimana ciri-ciri fisik alga hijau yang memungkinkannya untuk melakukan fotosintesis?
3. Ciri-ciri khas yang hanya dimiliki oleh kelompok tumbuhan lumut (Bryophyta) adalah ...
4. Pakis haji termasuk kelompok Gymnospermae yang memiliki ciri-ciri seperti ...
5. Tumbuhan Monokotil dapat dibedakan dari Dikotil berdasarkan ciri-ciri yang dimiliki pada daunnya, yakni ...
6. Daun dewasa pada tumbuhan paku yang hanya berfungsi untuk fotosintesis adalah ...
7. Tumbuhan paku yang memiliki daun yang berbeda ukuran dan bentuknya disebut ...
8. Ciri-ciri tumbuhan berbiji tertutup adalah terdapatnya ... pada organ generatifnya.
9. Sporangium membentuk suatu kerucut bersama sporofil disebut ...
10. Sporangium yang terletak di dalam kotak terbuka atau tertutup oleh indusium disebut ...

DAFTAR PUSTAKA

- Akinsoji, A., Agboola, O. O., Adeonipekun, P. A., Oyebanji, O. O., Adeniyi, T. A., & Ajibode, M. O. 2016. Occurrence and distribution of Pteridophytes in parts of Lagos and Osun states. *Ife Journal of Science*, 18(2), 447-453.
- Anand, A. V., Arinchedathu Surendran, V., & Sukumaran, S. T. 2020. Bioactive Metabolites in Gymnosperms. *Plant Metabolites: Methods, Applications and Prospects*, 317-346.
- Anonim. 2023. Chloroplast in Plant Leaf. <https://www.vecteezy.com/vector-art/372957-diagram-showing-chloroplast-in-plant-leaf>
- Aslam, A., Bahadar, A., Liaquat, R., Saleem, M., Waqas, A., & Zwawi, M. 2021. Algae as an attractive source for cosmetics to counter environmental stress. *Science of The Total Environment*, 772, 144905.
- Bacete, L., & Hamann, T. 2020. The role of mechanoperception in plant cell wall integrity maintenance. *Plants*, 9(5), 574.
- Bareke, T. 2018. Biology of seed development and germination physiology. *Adv. Plants Agric. Res*, 8(4), 336-46.
- Barry, C. S. 2009. The stay-green revolution: Recent progress in deciphering the mechanisms of chlorophyll degradation in higher plants. *Plant Science*, 176(3), 325-333.
- Baudelet, P. H., Ricochon, G., Linder, M., & Muniglia, L. 2017. A new insight into cell walls of Chlorophyta. *Algal Research*, 25, 333-371.
- Bengtsson, & Ceplitis. 2000. The balance between sexual and asexual reproduction in plants living in variable environments. *Journal of Evolutionary Biology*, 13(3), 415-422.
- Bewley, J. D., Black, M., Bewley, J. D., & Black, M. 1978. The structure of seeds and their food reserves. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: 1 Development, Germination, and Growth*, 7-39.

- Bhattacharya, D., Yoon, H. S., & Hackett, J. D. (2004). Photosynthetic eukaryotes unite: endosymbiosis connects the dots. *Bioessays*, 26(1), 50-60.
- Bibi, A., Iqbal, Z., Shah, G. M., Hussain, M., & Rahman, I. U. (2019). Floristic diversity, biological spectrum of Lower Tanawal, KP, Pakistan. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 505-514.
- Brown, D. H., & Bates, J. W. (1990). Bryophytes and nutrient cycling. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 104(1-3), 129-147.
- Brozynska, M., Furtado, A., & Henry, R. J. (2016). Genomics of crop wild relatives: expanding the gene pool for crop improvement. *Plant biotechnology journal*, 14(4), 1070-1085.
- Budke, J. M., Bernard, E. C., Gray, D. J., Huttunen, S., Piechulla, B., & Trigiano, R. N. (2018). Introduction to the special issue on bryophytes. *Critical reviews in plant sciences*, 37(2-3), 102-112.
- Carvalho, L. G., Biesmeijer, J. C., Benadi, G., Fründ, J., Stang, M., Bartomeus, I., ... & Kunin, W. E. (2014). The potential for indirect effects between co-flowering plants via shared pollinators depends on resource abundance, accessibility and relatedness. *Ecology letters*, 17(11), 1389-1399.
- Cleal, C. J., & Cascales-Miñana, B. (2014). Composition and dynamics of the great Phanerozoic Evolutionary Floras. *Lethaia*, 47(4), 469-484.
- Conway, T. M., Almas, A. D., & Coore, D. (2019). Ecosystem services, ecological integrity, and native species planting: How to balance these ideas in urban forest management?. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 1-5.
- Davis, C. C., & Schaefer, H. (2011). Plant evolution: pulses of extinction and speciation in gymnosperm diversity. *Current Biology*, 21(24), R995-R998.
- De La Torre, A. R., Li, Z., Van de Peer, Y., & Ingvarsson, P. K. (2017). Contrasting rates of molecular evolution and patterns of selection among gymnosperms and flowering plants. *Molecular biology and evolution*, 34(6), 1363-1377.

- de Paula, L. F., Azevedo, L. O., Mauad, L. P., Cardoso, L. J. T., Braga, J. M. A., Kollmann, L. J., ... & Forzza, R. C. (2020). Sugarloaf Land in south-eastern Brazil: a tropical hotspot of lowland inselberg plant diversity. *Biodiversity Data Journal*, 8.
- De Vries, J., & Archibald, J. M. (2018). Plant evolution: landmarks on the path to terrestrial life. *New Phytologist*, 217(4), 1428-1434.
- Dunck, B., Lima-Fernandes, E., Cássio, F., Cunha, A., Rodrigues, L., & Pascoal, C. (2015). Responses of primary production, leaf litter decomposition and associated communities to stream eutrophication. *Environmental Pollution*, 202, 32-40.
- Fattorini, R., & Glover, B. J. (2020). Molecular mechanisms of pollination biology. *Annual review of plant biology*, 71, 487-515.
- Gangwere, S. K. (1961). A monograph on food selection in Orthoptera. *Transactions of the American Entomological Society (1890-)*, 87(2/3), 67-230.
- Gerson, U. (1982). Bryophytes and invertebrates. In *Bryophyte ecology* (pp. 291-332). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gola, E. M., & Banasiak, A. (2016). Diversity of phyllotaxis in land plants in reference to the shoot apical meristem structure. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 85(4).
- Goswami, H. K., Sen, K., & Mukhopadhyay, R. (2016). Pteridophytes: evolutionary boon as medicinal plants. *Plant Genetic Resources*, 14(4), 328-355.
- Guo, Q., Kato, M., & Ricklefs, R. E. (2003). Life history, diversity and distribution: a study of Japanese pteridophytes. *Ecography*, 26(2), 129-138.
- Harris, B. J., Clark, J. W., Schrempf, D., Szöllősi, G. J., Donoghue, P. C., Hetherington, A. M., & Williams, T. A. (2022). Divergent evolutionary trajectories of bryophytes and tracheophytes from a complex common ancestor of land plants. *Nature Ecology & Evolution*, 6(11), 1634-1643.
- Hartini, S. (2020). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku (Pteridophyta) Di Kawasan Hutan Tumbang Manggu,

- Kecamatan Sanaman Mantikei, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah. *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 20(1), 1-13.
- Hillebrand, H., & Sommer, U. (2000). Diversity of benthic microalgae in response to colonization time and eutrophication. *Aquatic Botany*, 67(3), 221-236.
- Hulshof, C. M., Swenson, N. G., & Weiser, M. D. (2015). Tree height-diameter allometry across the United States. *Ecology and evolution*, 5(6), 1193-1204.
- Idul, J. J. A., & Cristy-ann, A. C. (2023). Species richness and diversity of pteridophytes along the vicinity of Mt. Kibuwa, Impalutao, Impasug-ong, Bukidnon. *International Journal of Science and Research Archive*, 9(2), 583-590.
- Irawanto, R. O. N. Y., Abywijaya, I. K., & Mudiana, D. E. D. E. N. (2017). Kajian Pustaka Keanekaragaman Tumbuhan di Cagar Alam Pulau Sempu, Jawa Timur. In *Prosiding Seminar Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (Vol. 3, No. 1, pp. 138-146).
- Johnson, N. C., & Jansa, J. (2017). Mycorrhizas: at the interface of biological, soil, and earth sciences. In *Mycorrhizal Mediation of Soil* (pp. 1-6). Elsevier.
- Joshi, S., Kumari, R., & Upasani, V. N. (2018). Applications of algae in cosmetics: An overview. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol*, 7(2), 1269.
- Junhui, Z., Baochao, Y., Shuijian, C., & Hui-lian, X. (2013). Response of Marantaceae and Pteridophytes potted plants for purification of formaldehyde polluted air. *African Journal of agricultural Research*, 8(47), 6027-6033.
- Kartikasari, D., Widodo, G. A., Habibah, N., & Asna, R. Z. (2023). Diversity of Moss Species (Bryophyta) In Senggani Ravine Tourism Area, Tulungagung Regency. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 5(1), 43-51.
- Kashian, D. M., Romme, W. H., Tinker, D. B., Turner, M. G., & Ryan, M. G. (2013). Postfire changes in forest carbon storage over a 300-year chronosequence of Pinus

- contorta-dominated forests. *Ecological Monographs*, 83(1), 49-66.
- Kustatscher, E., Van Konijnenburg-van Cittert, J. H., Bauer, K., & Krings, M. (2016). Strobilus organization in the enigmatic gymnosperm *Bernettia inopinata* from the Jurassic of Germany. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 232, 151-161.
- Leins, P., & Erbar, C. (2010). Flower and fruit. *Hoppea*, 71, 354-355.
- Li, J., & Berger, F. (2012). Endosperm: food for humankind and fodder for scientific discoveries. *New Phytologist*, 195(2), 290-305.
- Ligrone, R., Duckett, J. G., & Renzaglia, K. S. (2000). Conducting tissues and phyletic relationships of bryophytes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 355(1398), 795-813.
- Lin, M. T., Occhialini, A., Andralojc, P. J., Parry, M. A., & Hanson, M. R. (2014). A faster Rubisco with potential to increase photosynthesis in crops. *Nature*, 513(7519), 547-550.
- Lobus, N. V. (2022). Biogeochemical Role of Algae in Aquatic Ecosystems: Basic Research and Applied Biotechnology. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1846.
- Martin-Benito, D., Pederson, N., Köse, N., Doğan, M., Bugmann, H., Mosulishvili, M., & Bigler, C. (2018). Pervasive effects of drought on tree growth across a wide climatic gradient in the temperate forests of the Caucasus. *Global Ecology and Biogeography*, 27(11), 1314-1325.
- McLoughlin, S., & Prevec, R. (2021). The reproductive biology of glossopterid gymnosperms—a review. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 295, 104527.
- Michaels, A. F., & Silver, M. W. (1988). Primary production, sinking fluxes and the microbial food web. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 35(4), 473-490.

- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2), 160-176.
- Mishler, B. D., & Churchill, S. P. (1985). Transition to a land flora: phylogenetic relationships of the green algae and bryophytes. *Cladistics*, 1(4), 305-328.
- Mishler, B. D. (2000). Deep phylogenetic relationships among “plants” and their implications for classification. *Taxon*, 49(4), 661-683.
- Moyroud, E., & Glover, B. J. (2017). The physics of pollinator attraction. *New Phytologist*, 216(2), 350-354.
- Naikoo, M. I., Dar, M. I., Khan, F. A., Ansari, A. A., Farha Rehman, F. R., & Fouzia Nousheen, F. N. (2017). Gymnosperm diversity of the Kashmir Himalayas. In *Plant biodiversity: monitoring, assessment and conservation* (pp. 228-238). Wallingford UK: CABI.
- Nieves-Cordones, M., Ródenas, R., Chavanieu, A., Rivero, R. M., Martinez, V., Gaillard, I., & Rubio, F. (2016). Uneven HAK/KUP/KT protein diversity among angiosperms: species distribution and perspectives. *Frontiers in plant science*, 7, 127.
- Niklas, K. J., & Kutschera, U. (2009). The evolutionary development of plant body plans. *Functional Plant Biology*, 36(8), 682-695.
- Ojha, R., & Devkota, H. P. (2021). Edible and medicinal pteridophytes of Nepal: a review. *Ethnobot Res Appl*, 22(16), 1-16.
- Pittermann, J., Watkins, J. E., Cary, K. L., Schuettpelz, E., Brodersen, C., Smith, A. R., & Baer, A. (2015). The structure and function of xylem in seed-free vascular plants: an evolutionary perspective. *Functional and ecological xylem anatomy*, 1-37.
- Pressel, S., Bidartondo, M. I., Field, K. J., & Duckett, J. G. (2021). Advances in understanding of mycorrhizal-like associations in bryophytes. *Bryophyte Diversity and Evolution*, 43(1), 284-306.

- Ranil, R. H. G., Beneragama, C. K., Pushpakumara, D. K. N. G., & Wijesundara, D. S. A. (2015). Ornamental pteridophytes: an underexploited opportunity for the Sri Lankan floriculture industry.
- Ren, H., Wang, F., Ye, W., Zhang, Q., Han, T., Huang, Y., ... & Guo, Q. (2021). Bryophyte diversity is related to vascular plant diversity and microhabitat under disturbance in karst caves. *Ecological Indicators*, 120, 106947.
- Rouhan, G., & Gaudeul, M. (2014). Plant taxonomy: A historical perspective, current challenges, and perspectives. *Molecular plant taxonomy: Methods and protocols*, 1-37.
- Roy, A. S., & Pal, R. (2015). An investigation on morphotaxonomy and diversity of planktonic chlorophytes from fresh water eutrophic wetland of Indian Ramsar site. *Phykos*, 45(2), 29-42.
- Sajeev, S., Roshni, P. T., Mathias, R. C., Morajkar, S., Prabhu, S., & Hegde, S. (2022). Pteridophytes: effective agents of phytoremediation. In *Ferns: Biotechnology, Propagation, Medicinal Uses and Environmental Regulation* (pp. 627-649). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Schmidt, S., Raven, J. A., & Paungfoo-Lonhienne, C. (2013). The mixotrophic nature of photosynthetic plants. *Functional Plant Biology*, 40(5), 425-438.
- Schmidt, A., Schmid, M. W., & Grossniklaus, U. (2015). Plant germline formation: common concepts and developmental flexibility in sexual and asexual reproduction. *Development*, 142(2), 229-241.
- Schrank, E., & Nesterova, E. V. (2017). Palynofloristic changes and Cretaceous climates in northern Gondwana (NE Africa) and southern Laurasia (Kazakhstan). In *Geoscientific Research in Northeast Africa* (pp. 381-390). CRC Press.
- Seppelt, R. D., Downing, A. J., Deane-Coe, K. K., Zhang, Y., & Zhang, J. (2016). Bryophytes within biological soil crusts. *Biological soil crusts: an organizing principle in drylands*, 101-120.

- Sharma, N. K., Rai, A. K., Singh, S., & Brown Jr, R. M. (2007). Airborne algae: Their present status and relevance 1. *Journal of Phycology*, 43(4), 615-627.
- Shivanna, K. R., & Tandon, R. (2014). *Reproductive ecology of flowering plants: a manual* (No. 14769). New Delhi: Springer India.
- Sigel, E. M., Schuettpelz, E., Pryer, K. M., & Der, J. P. (2018). Overlapping patterns of gene expression between gametophyte and sporophyte phases in the fern *Polypodium amorphum* (Polypodiales). *Frontiers in plant science*, 9, 1450.
- Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2014). Flower diversity and angiosperm diversification. *Flower development: Methods and protocols*, 85-102.
- Sureshkumar, J., Silambarasan, R., Bharati, K. A., Krupa, J., Amalraj, S., & Ayyanar, M. (2018). A review on ethnomedicinally important pteridophytes of India. *Journal of ethnopharmacology*, 219, 269-287.
- Thomas, B. A., & Cleal, C. J. (2022). Pteridophytes as primary colonisers after catastrophic events through geological time and in recent history. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 102(1), 59-71.
- Thomas, L. H., Forsyth, V. T., Šturcová, A., Kennedy, C. J., May, R. P., Altaner, C. M., ... & Jarvis, M. C. (2013). Structure of cellulose microfibrils in primary cell walls from collenchyma. *Plant physiology*, 161(1), 465-476.
- Uhra, V. (2020). *Keanekaragaman Tumbuhan Epifit Di Kawasan Suaka Margasatwa Rawa Singkil Kecamatan Rundeng Kota Subulussalam Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).
- Wahyuningsih, W., Triyanti, M., & Sepriyaningsih, S. (2019). Inventarisasi tumbuhan paku (Pteridophyta) di perkebunan PT Bina Sains Cemerlang Kabupaten Musi Rawas. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*, 2(1), 29-35.
- Wan, T., Gong, Y., Liu, Z., Zhou, Y., Dai, C., & Wang, Q. (2022). Evolution of complex genome architecture in gymnosperms. *GigaScience*, 11, giac078.

- Woudenberg, S., Renema, J., Tomescu, A. M., De Rybel, B., & Weijers, D. (2022). Deep origin and gradual evolution of transporting tissues: Perspectives from across the land plants. *Plant Physiology*, 190(1), 85-99.
- Zhang, C., Willis, C. G., Donohue, K., Ma, Z., & Du, G. (2021). Effects of environment, life-history and phylogeny on germination strategy of 789 angiosperms species on the eastern Tibetan Plateau. *Ecological Indicators*, 129, 107974.

BAB 8

KINGDOM ANIMALIA

Oleh Safrida

8.1 Pendahuluan

Kingdom Animalia merupakan salah satu dari lima kingdom utama dalam sistem klasifikasi makhluk hidup. Berikut adalah beberapa aspek penting tentang Kingdom Animalia: Diversitas Luar Biasa: Kingdom Animalia mencakup sejumlah besar spesies yang sangat beragam, dari hewan mikroskopis hingga hewan-hewan yang sangat besar (Silviana, 2014). Sel Heterotrofik: Semua anggota Kingdom Animalia merupakan organisme heterotrofik, artinya mereka tidak dapat membuat makanan sendiri dan harus mengonsumsi organisme lain untuk mendapatkan energi. Multiselular: Hewan dalam Kingdom Animalia tersusun atas lebih dari satu sel, berbeda dengan organisme uniselular seperti bakteri dan protista. Eukariotik: Semua hewan dalam kingdom ini memiliki sel eukariotik, yaitu sel yang memiliki inti yang terbungkus membran. Memiliki Jaringan dan Organ: Hewan dalam Kingdom Animalia memiliki tingkat organisasi yang lebih kompleks daripada organisme uniselular (Oman, 2007). Mereka memiliki berbagai jenis jaringan dan organ yang mengatur fungsi tubuh. Reproduksi Seksual: Banyak hewan dalam kingdom ini bereproduksi secara seksual, meskipun ada beberapa yang juga dapat bereproduksi secara aseksual. Beragam Habitat: Hewan-hewan dalam Kingdom Animalia tersebar di berbagai habitat, termasuk darat, air tawar, laut, dan udara. Klasifikasi: Kingdom Animalia dibagi menjadi beberapa filum, yang kemudian dibagi lagi menjadi kelas, ordo, famili, genus, dan spesies. Proses klasifikasi ini membantu para ilmuwan untuk memahami keragaman dan hubungan antar spesies (Rifai, 2020).

1. Pengenalan Kingdom Animalia: Definisi Kingdom Animalia, karakteristik utama, dan perbedaan dengan kingdom lainnya (Marhaeni, 2022).
2. Tingkat Organisasi Hewan: Struktur dan fungsi sel, jaringan, organ, dan sistem organ pada hewan.
3. Klasifikasi Hewan: Pengenalan tentang sistem klasifikasi biologi (kelas, ordo, famili, genus, dan spesies) dan contoh-contoh kelompok hewan dalam setiap kategori (Rohwati, 2012).
4. Filum-filum Utama: Pengenalan dan ciri-ciri filum-filum besar dalam Kingdom Animalia, seperti Chordata, Arthropoda, Mollusca, dan lain-lain.
5. Karakteristik Filum Utama: Pengenalan ciri-ciri khas dari masing-masing filum, termasuk ciri-ciri morfologi, reproduksi, makanan, dan habitat.
6. Struktur Tubuh: Studi lebih mendalam tentang struktur tubuh hewan seperti vertebrata dan invertebrata, eksoskeleton pada serangga, sistem pernapasan, sistem pencernaan, dan lain-lain (Oman, 2007).
7. Adaptasi Hewan: Bagaimana hewan beradaptasi dengan lingkungan tempat mereka hidup, termasuk perilaku, morfologi, dan keterampilan khusus.
8. Ekologi Hewan: Interaksi hewan dengan lingkungan mereka, rantai makanan, hubungan predator-mangsa, dan peran hewan dalam ekosistem.
9. Perlindungan dan Pelestarian Hewan: Pentingnya pelestarian spesies, ancaman terhadap keberlangsungan hidup hewan, dan upaya pelestarian dan konservasi.

Materi di atas hanya gambaran umum dan cakupan topik dalam modul ajar dapat bervariasi tergantung pada kurikulum sekolah dan standar pembelajaran yang berlaku di daerah masing-masing. Jika Anda mencari modul ajar Kingdom Animalia untuk SMA, sebaiknya menghubungi sekolah atau mencari sumber pembelajaran resmi dari lembaga penerbit atau institusi pendidikan terpercaya.

8.2 Pengenalan Kingdom Animalia

Kingdom Animalia merupakan salah satu dari lima kingdom utama dalam sistem klasifikasi makhluk hidup berdasarkan taksonomi. Kingdom ini mencakup semua organisme yang kita kenal sebagai hewan (Oman, 2007). Berikut adalah beberapa definisi, karakteristik utama, dan perbedaan Kingdom Animalia dengan kingdom lainnya:

8.2.1 Definisi Kingdom Animalia:

Kingdom Animalia adalah kelompok organisme eukariotik dan heterotrofik yang memiliki struktur tubuh yang lebih kompleks dari pada organisme uniselular, terdiri dari sel-sel yang membentuk jaringan, organ, dan sistem organ yang berfungsi secara bersama-sama dalam tubuh.

8.2.2 Karakteristik Utama Kingdom Animalia:

Kingdom Animalia memiliki karakteristik utama yaitu a. Sel Eukariotik: Hewan dalam Kingdom Animalia memiliki sel yang memiliki inti yang terbungkus membran dan organel-organel sel lainnya. b. Heterotrofik: Semua hewan dalam kingdom ini adalah heterotrofik, artinya mereka tidak dapat membuat makanan sendiri dan harus mengonsumsi bahan organik lainnya, baik itu tumbuhan, hewan, atau organisme lain, untuk mendapatkan energi. c. Multiselular: Hewan dalam Kingdom Animalia tersusun atas lebih dari satu sel, berbeda dengan organisme uniselular seperti bakteri dan protista. d. Kemampuan Bergerak: Mayoritas hewan memiliki kemampuan untuk bergerak, meskipun ada beberapa hewan yang bersifat immobile (tidak dapat bergerak). e. Reproduksi Seksual: Banyak hewan dalam kingdom ini bereproduksi secara seksual, yaitu melalui perkawinan antara dua individu yang berbeda jenis kelamin (Oman, 2007).

8.2.3 Klasifikasi Kingdom Animalia

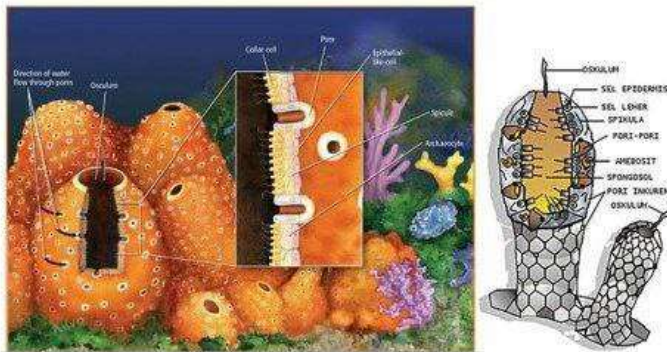
1. Invertebrata

Invertebrata merupakan klasifikasi kingdom animalia yang tidak memiliki tulang belakang. Berikut ini

merupakan filum-filum atau divisi-divisi dari animalia yang termasuk dalam invertebrata (Luthfi, 2017):

a. Porifera (Hewan Berpori/Spons),

Porifera juga sering disebut sebagai hewan berpori atau spons. Phylum ini habitatnya di perairan, sebagian besar perairan laut. Phylum porifera diklasifikasikan menjadi Calcarea, Hexactinellida, dan Demospongiae (Gambar 8.1) (Haris, 2014).



Gambar 8.1. Phylum Porifera

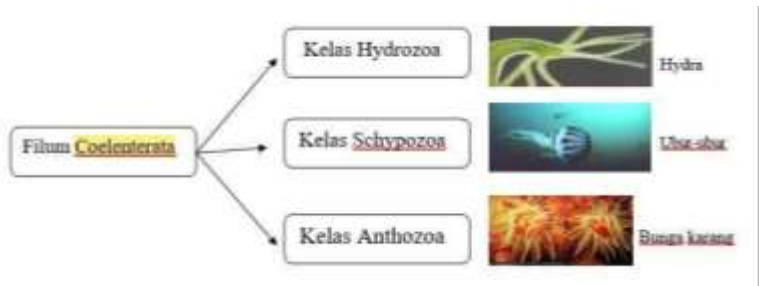
Ciri-ciri Filum Porifera:

- 1) Hewan multiseluler dengan tubuh berpori, jaringan yang belum terbentuk, memiliki rangka serta saluran air.
- 2) Bersifat heterotrof dengan memperoleh makanan di air yang masuk ke dalam tubuh melalui pori.
- 3) Hidup di laut, melekat pada batu atau benda lainnya.
- 4) Reproduksi secara asexual dengan pembentukan tunas, gemmule (tunas internal) dan regenerasi. Reproduksi secara seksual dengan pembentukan gamet.
- 5) Porifera digolongkan menjadi tiga kelas berdasarkan penyusun rangka, yaitu Hexactinellida, Demospongiae dan Calcaera (Haris, 2014)..

b. Coelenterata (Hewan Berongga)

Hewan multiseluler diploblastik yang tubuhnya telah terbentuk jaringan, berbentuk polip atau medusa dengan tentakel berpenyengat, memiliki rongga pencernaan, system saraf sederhana dan tidak memiliki system ekskresi. Bersifat heterotrof dan menggunakan tentakel untuk menangkap mangsa. Habitat terdapat di laut, reproduksi secara aseksual dengan pembentukan tunas oleh polip dan reproduksi secara seksual dengan pembentukan gamet oleh medusa atau polip (Irawan, 2013).

Berdasarkan bentuk dominan dalam siklus hidup dibedakan menjadi tiga kelas, yaitu Hydrozoa, Scyphozoa dan Anthozoa. Berikut gambar dari filum Coelenterata.



Gambar 8.2. Filum Coelenterata

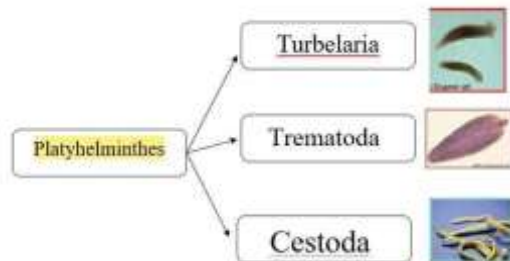
c. Platyhelminthes (Cacing Pipih)

Platyhelminthes merupakan hewan triploblastik aselomata dengan tubuh simetri bilateral berbentuk pipih, memiliki sistem saraf, sistem pencernaan dengan satu lubang, tidak memiliki system sirkulasi, respirasi dan ekskresi.

Hidup bebas di laut, air tawar, tempat lembab atau parasit pada hewan serta manusia.

Bersifat hemafrodit, reproduksi seksual secara sendiri atau silang, reproduksi aseksual dengan fragmentasi yang diikuti regenerasi (Munasari, 2018).

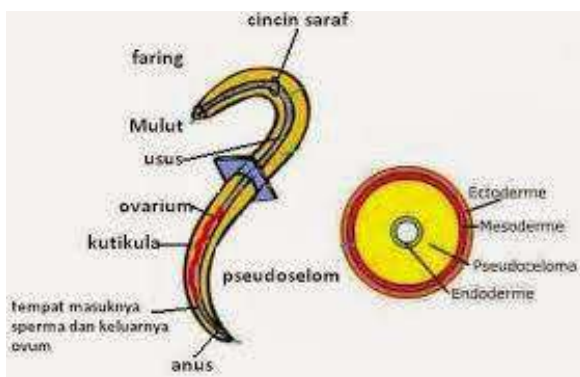
Klasifikasi dibedakan menjadi tiga kelas, yaitu Turbellaria, Trematoda dan Cestoda.



Gambar 8.3. Filum Platyhelminthes

d. Nemathelminthes (Cacing Benang)

Nemathelminthes merupakan hewan triploblastik pseudoselomata, tubuh simetri bilateral berbentuk bulat panjang dilapisi kutikula dengan system pencernaan lengkap, system sirkulasi oleh cairan pseudoselom, tidak memiliki system respirasi dan ekskresi. Hidup bebas atau parasit. Hidup di tanah basah, dasar perairan tawar atau laut bebas, bersifat parasitik pada manusia, hewan dan tumbuhan. bereproduksi secara seksual. Contoh Nemathelminthes yang parasitik yaitu cacing gelang, cacing tambang, cacing kremi, cacing filarial dan cacing *Trichinella* (Wahyuningthyas, 2022).

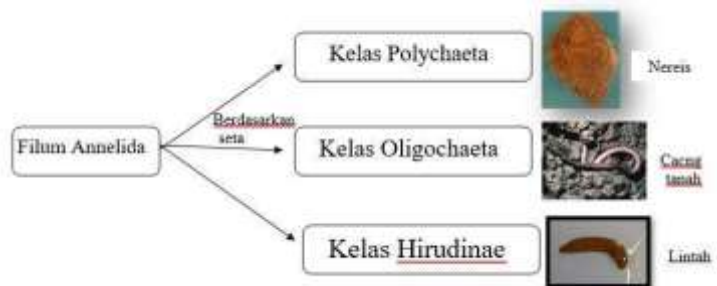


Gambar 8.4. Filum Nemathelminthes

e. Annelida (Cacing Gelang)

Annelida merupakan hewan triploblastik selomata, tubuh simetri bilateral bersegmen, memiliki otot, system pencernaan lengkap, system sirkulasi, system saraf tangga tali yaitu sistem saraf yang terdiri dari ganglia otak di depan tubuh dekat dengan faring dan tali saraf yang menembus segmen tubuh serta memiliki system ekskresi. Tidak memiliki system respirasi, bersifat hemafrodit atau gonokoris (alat kelamin jantan dan betina terpisah pada individu yang berbeda) (Azhari, 2018).

Hidup bebas di dasar laut, perairan tawar, tanah dan tempat yang lembab atau parasit pada vertebrata. Reproduksi secara seksual atau aseksual. Dibedakan atas 3 kelas yaitu, Polychaeta, Oligochaeta dan Hirudinea.



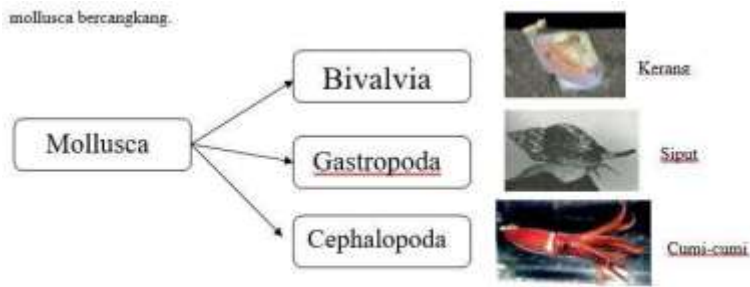
Gambar 8.5. Filum Annelida

f. Mollusca (Hewan Lunak)

Filum mollusca merupakan hewan triploblastik selomata dengan simetri bilateral, bertubuh lunak, hidup bebas di laut, air tawar maupun darat. Tubuh terdiri dari kaki, massa visceral dan mantel (Candri, 2018). Bercangkang, system pencernaan yang lengkap, system sirkulasi terbuka dan tertutup. System saraf terdiri atas ganglion dan serabut saraf. Respirasi dengan insang atau rongga mantel. Ekskresi dengan nefridia, bereproduksi seksual secara internal atau eksternal dan bersifat dioseus (alat kelamin jantan dan betina terdapat pada individu yang

berbeda) atau monoseus (alat kelamin jantan dan betina pada satu individu) (Viza, 2018).

Dibedakan menjadi 3 kelas yaitu, Gastropoda, Pelecypoda dan Cephalopoda.



Gambar 8.6. Filum Mollusca

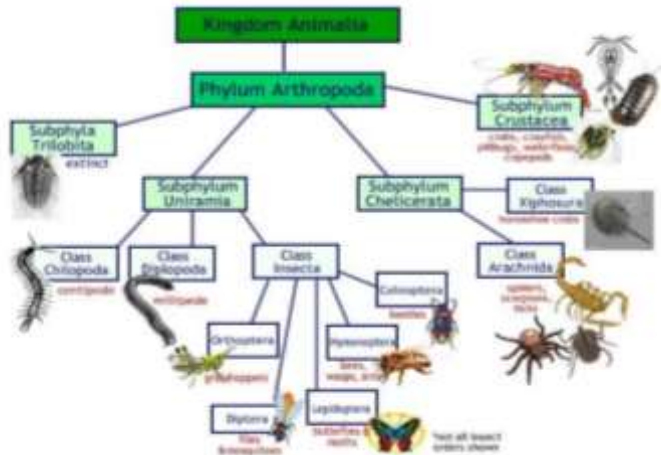
g. Arthropoda (Hewan Kaki Beruas)

Hewan triploblastik selomata dengan simetri bilateral, memiliki kaki dan tubuh beruas, hidup di berbagai habitat secara bebas, parasit, komensal atau simbiotik.

Tubuh terdiri dari kaput (kepala), toraks (dada) dan abdomen (perut). Eksoskeleton (rangka luar), jumlah anggota tubuh beragam, system indra berkembang baik, system saraf tangga tali (sistem saraf yang terdiri dari ganglia otak di depan tubuh dekat dengan faring, dan tali saraf yang menembus segmen tubuh), system pencernaan lengkap, ekskresi melalui tubula malphigi (suatu saluran sebagai system ekskresi pada arthropoda) atau dibantu dengan kelenjar ekskresi tertentu (Leksono, 2017)..

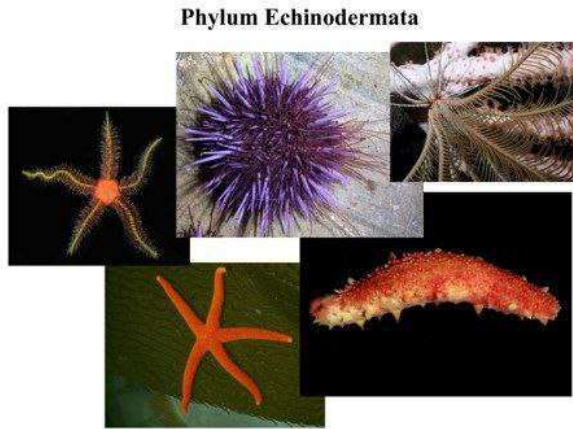
Respirasi menggunakan insang, trakea atau paru-paru yang berbuku. System sirkulasi terbuka. Bersifat dioseus (alat kelamin jantan dan betina terdapat pada individu yang berbeda) dan reproduksi seksual secara internal dan mengalami ekdisis (peristiwa terlepasnya kutikula) sebagian bermetamorfosis. Dibedakan berdasarkan

struktur tubuh dan kaki yaitu Arachnoidea, Myriapoda, Crustacea dan Insecta (Al-Idrus, 2015).



Gambar 8.7. Filum Athropoda

- h. Echinodermata (Hewan Berkulit Duri)
Hewan triploblastik selomata dengan simetri bilateral, permukaan tubuh berduri, hidup bebas di dasar laut. Duri tumpul atau runcing, memiliki system ambulakral, system saraf berupa cincin pusat saraf yang bercabang, system pencernaan yang lengkap dan tidak memiliki system ekskresi (Budiman, 2014).
Respirasi menggunakan insang, system sirkulasi dengan cairan rongga Gambar 8.7. Filum Arthropoda tubuh. Bersifat dioseus dan reproduksi seksual secara eksternal dan dapat beregenerasi.
Dibedakan menjadi 5 kelas yaitu, Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea, Holothuroidea dan Crinoidea (Patech, 2020).



Gambar 8.8. Filum Echinodermata

2. Vertebrata

Vertebrata merupakan kelompok hewan yang memiliki vertebrae (tulang belakang) memanjang pada bagian dorsal (punggung) kepala hingga ekor (Singa, 2021). Dalam kingdom animalia memiliki urutan taksonomi yang ditujukan untuk mengetahui jenis, dan famili dari spesies tersebut (Rousdy, 2018). Vertebrata terbagi atas beberapa kelas, diantaranya yaitu:

a. Pisces

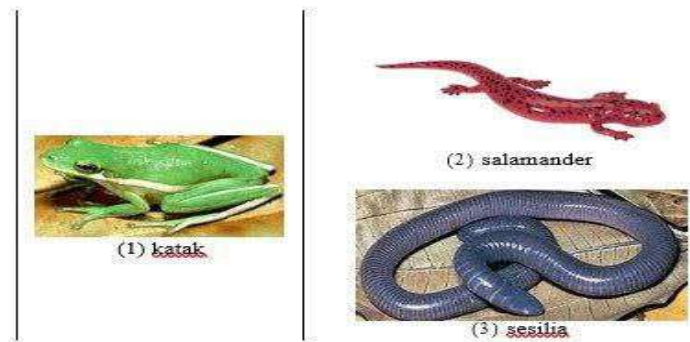
Kelas pisces merupakan kelompok hewan yang hidup di air. Bagian luar tubuh ikan dilindungi oleh eksoskeleton berupa sisik. Pisces dapat bernapas di dalam air berkat insang yang ada pada tubuhnya (Hidayah, 2019). Pisces adalah hewan poikilotherm (hewan berdarah dingin) yang dapat menyesuaikan suhu tubuhnya dengan suhu air tempat hidupnya. Ordo dari pisces yaitu, Agnatha, Chondrichthyes dan Osteichthyes (Pratomo, 2010).



Gambar 8.9. Filum Pisces

b. Amphibi

Amfibi merupakan kelompok hewan yang dapat hidup di air maupun di darat. Contoh hewan amfibi yaitu, katak, kodok, salamander. Amfibi bernapas dengan paru-paru dan kulitnya (Siahaan, 2019). Jenis amfibi yang hidup di darat harus menemukan air untuk dapat bertelur. Larva amfibi disebut kecebong. Kecebong mirip dengan ikan kecil dan hidup di air. Pada masa ini kecebong bernapas dengan insang. Amfibi merupakan hewan poikiloterm (berdarah dingin). Ordo dari Amfibi yaitu: Anura, Caudata, Gymnophiona (Anisa, 2019).



Gambar 8.10. Amfibi

c. Reptilia

Reptil merupakan vertebrata pertama yang dapat beradaptasi di daerah kering. Reptil bersifat autotomi yaitu dapat memutuskan bagian tubuh tertentu jika dalam keadaan bahaya. Contoh, ular, buaya, alligator, kadal, kura-kura. Ordo dari reptile yaitu: Squamata, Crocodilia, Chelonia dan Rynchochepalia (Pratama, 2022).



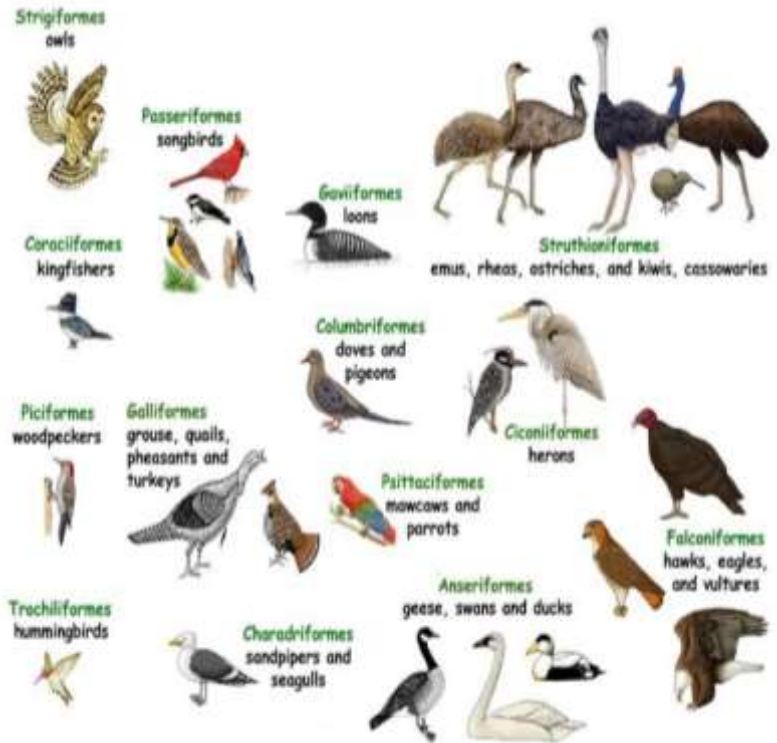
Gambar 8.11. Reptil

d. Aves

Nama lain dari Aves yaitu Burung. Memiliki bulu yang menutupi seluruh permukaan tubuh. Bulu burung terbagi atas filoplumae (sebagai sensoris), plumulae (sebagai isolator) dan plumae (untuk terbang). Burung merupakan hewan Homoiterm (berdarah panas). Burung memiliki Saccus pneumaticus (kantung hawa) yang berfungsi sebagai respirasi saat terbang, mengatur berat badan saat terbang, memperkeras suara dan membungkus organ dalam agar tidak dingin ketika terbang (Kurniawan, 2019).

Kelas Aves memiliki 27 ordo diantaranya yaitu: Apterygiformes, Struthioniformes, Rheiformes, Casuarriiformes, Tinamiformes, Podicipediformes, Gaviiformes, Spheniscitormes, Procellariiformes, Pelecaniformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Falconiformes, Galliformes, Gruiformes, Caradriiformes,

Columbiformes, Psittaciformes, Cuculiformes, Strigiformes, Caprimulgiformes, Apodiformes, Trogoniformes, Coliiformes, Coraciiformes, Piciformes dan Passeriformes (Maulidah, 2022).



Gambar 8.12. Aves

e. **Mamalia**

Kelas Mammalia merupakan kelas yang memiliki mammae gland (kelenjar susu) dan rambut yang menutupi permukaan tubuh. Mammalia terbagi atas Mammalia bertelur (ex: platypus), Mammalia berkantung (ex:Kanguru, Koala) dan Mammalia berplasenta yang bersifat vivipar (melahirkan) (Contoh :kucing, anjing, harimau, hyena dll) (Kartono, 2015).

Klasifikasi Mamalia

Klasifikasi Mamalia terdiri dari beberapa ordo :

- 1) Monotremata (mamalia berparuh bebek), hewan ovivar. Contoh, Platypus
- 2) Marsupilia (hewan berkantong), Contoh; kanguru
- 3) Insectivora (hewan pemakan serangga). Contoh, landak
- 4) Chiroptera (mamalia bersayap). Contoh, kelelawar
- 5) Rodentia (hewan pengerat). Contoh, marmut
- 6) Lagomorpha (golongan kelinci)
- 7) Cetacea (golongan paus)
- 8) Sirenia (sebangsa duyung)
- 9) Carnivora (pemakan daging)
- 10) Proboscidea (mamalia berbelalai)
- 11) Perissodactyla (berkuku gasal): zebra, badak
- 12) Artiodactyla (berkuku genap): babi, unta, jerapah, domba
- 13) Primata (derajat yang paling tinggi).



Gambar 8.13. Mamalia

8.2.4 Tingkat Organisasi Hewan

Tingkat Organisasi Hewan mencakup struktur dan fungsi dari sel-sel hewan yang membentuk jaringan, organ, dan sistem organ. Proses ini membantu hewan berfungsi dengan baik dalam lingkungannya dan memenuhi kebutuhan hidup. Mari kita jelaskan lebih detail tentang tingkat organisasi hewan (Oman, 2007).

1. Sel:

Sel adalah unit dasar kehidupan pada hewan dan semua makhluk hidup lainnya. Sel-sel hewan adalah sel eukariotik, artinya mereka memiliki inti yang terbungkus oleh membran nukleus. Sel memiliki berbagai struktur yang berfungsi untuk menjalankan aktivitas metabolik dan kehidupan dalam hewan. Beberapa organel sel penting dalam sel hewan meliputi Nukleus: Mengandung materi genetik (DNA) dan mengatur aktivitas sel. Sitoplasma: Cairan yang mengisi sel dan tempat berlangsungnya banyak proses seluler. Mitokondria: Tempat terjadinya respirasi seluler, yaitu produksi energi dalam bentuk ATP. Retikulum endoplasma: Jaringan membran yang berfungsi dalam sintesis protein dan lipid. Lysosom: Organel sel yang berperan dalam degradasi dan daur ulang bahan seluler (Isnaeni, 2019).

2. Jaringan:

Jaringan adalah kumpulan sel yang memiliki fungsi dan struktur yang serupa yang bekerja bersama-sama untuk melakukan tugas tertentu. Terdapat empat jenis jaringan utama pada hewan: Jaringan Epitel: Melapisi permukaan dalam dan luar tubuh hewan. Mereka berperan dalam perlindungan, sekresi, penyerapan, dan pengangkutan. Jaringan Otot: Membentuk otot hewan yang berfungsi untuk gerakan tubuh. Jaringan Saraf: Merupakan sistem penghantar sinyal dan berperan dalam koordinasi dan kontrol fungsi tubuh. Jaringan Penghubung: Menyambung dan memberikan dukungan struktur tubuh, meliputi tulang, tulang rawan, dan jaringan ikat (Aryulina, 2006).

3. Organ:

Organ adalah struktur tubuh yang terdiri dari beberapa jenis jaringan yang bekerja bersama-sama untuk melaksanakan fungsi tertentu. Beberapa contoh organ pada hewan adalah jantung, paru-paru, hati, ginjal, otak, dan usus (Aryulina, 2006).

4. Sistem Organ:

Sistem organ adalah kelompok organ yang berinteraksi dan bekerja bersama-sama untuk melakukan fungsi tubuh yang lebih kompleks. Beberapa sistem organ utama pada hewan adalah: Sistem Pencernaan: Terlibat dalam pemecahan dan penyerapan makanan. Sistem Pernafasan: Bertanggung jawab untuk pertukaran gas, mengambil oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Sistem Peredaran Darah: Mengangkut oksigen, nutrisi, dan zat-zat penting ke seluruh tubuh melalui darah. Sistem Saraf: Bertanggung jawab atas koordinasi dan transmisi sinyal dalam tubuh. Sistem Ekskresi: Mengeluarkan produk sisa dan racun dari tubuh. Sistem Reproduksi: Terlibat dalam reproduksi dan perkembangan keturunan.

Tingkat organisasi hewan yang kompleks ini memungkinkan untuk beradaptasi dengan beragam lingkungan dan bertahan hidup dalam berbagai kondisi. Setiap tingkatan dalam hierarki ini penting untuk menjaga kesehatan dan keberlangsungan hidup hewan. Tingkat Organisasi Hewan mencakup struktur dan fungsi dari sel-sel hewan yang membentuk jaringan, organ, dan sistem organ. Proses ini membantu hewan berfungsi dengan baik dalam lingkungannya dan memenuhi kebutuhan hidup (Isnaeni, 2019).

8.2.5 Ekologi Hewan

Ekologi hewan adalah studi tentang interaksi antara hewan dengan lingkungan dan peran dalam ekosistem. Hal ini mencakup berbagai aspek, termasuk rantai makanan, hubungan

predator-mangsa, dan peran penting hewan dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Ziraluo, 2022).

Interaksi Hewan dengan Lingkungan:

Hewan berinteraksi dengan lingkungan mereka dalam berbagai cara. Mereka beradaptasi dengan iklim, habitat, dan sumber daya yang ada di sekitar mereka. Interaksi ini termasuk perilaku hewan dalam mencari makanan, mencari pasangan untuk reproduksi, membangun sarang, dan melindungi diri dari predator (Ryandani, 2018).

Rantai Makanan:

Rantai makanan menggambarkan aliran energi dan transfer nutrisi melalui berbagai tingkatan konsumen dalam ekosistem. Rantai makanan biasanya dimulai dari produsen, seperti tumbuhan yang membuat makanan melalui fotosintesis. Kemudian, herbivora makan tumbuhan, dan karnivora memakan herbivora. Proses ini terus berlanjut hingga pada tingkatan konsumen puncak, yang merupakan pemangsa yang jarang memiliki pemangsa alami (Ryandani, 2018).

Hubungan Predator-Mangsa:

Hubungan predator-mangsa adalah interaksi antara predator (hewan pemangsa) dan mangsa (hewan yang dimangsa). Predator mengandalkan mangsa sebagai sumber makanan mereka, sementara mangsa harus mengembangkan strategi bertahan hidup untuk menghindari atau melawan predator. Hubungan ini penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, karena mempengaruhi kelimpahan dan distribusi populasi hewan di suatu daerah (Ryandani, 2018).

Peran Hewan dalam Ekosistem:

Hewan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Sebagai herbivora, mereka membantu mengendalikan pertumbuhan tumbuhan, yang dapat mempengaruhi lingkungan secara keseluruhan. Sebagai pemangsa, mereka mengendalikan populasi hewan lain, mencegah populasi berlebihan yang dapat menyebabkan

ketidakseimbangan ekosistem. Hewan juga berperan dalam proses penyerbukan tumbuhan, pembentukan tanah melalui aktivitas menggali, dan sebagai bagian dari rantai makanan yang menciptakan jaring-jaring makanan kompleks di ekosistem (Ziraluo, 2022).

8.2.6 Perlindungan dan Pelestarian Hewan:

Perlindungan dan pelestarian hewan menjadi sangat penting karena banyaknya ancaman terhadap keberlangsungan hidup mereka. Beberapa ancaman utama termasuk hilangnya habitat akibat deforestasi dan perubahan iklim, perburuan ilegal dan perdagangan hewan, polusi, dan perusakan ekosistem alami (Ziraluo, 2022).

Upaya pelestarian dan konservasi hewan mencakup: Pembuatan taman nasional dan kawasan lindung untuk melindungi habitat alami dan spesies hewan langka. Program pembiakan dalam penangkaran untuk melestarikan spesies yang terancam punah. Kampanye edukasi dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pelestarian hewan dan keberlanjutan ekosistem. Penegakan hukum dan regulasi untuk melawan perdagangan hewan liar dan perburuan ilegal. Upaya pelestarian hewan membantu untuk mempertahankan keanekaragaman hayati, menjaga fungsi ekosistem, dan memberikan lingkungan yang berkelanjutan bagi hewan dan manusia (Ziraluo, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Idrus, A., Mertha, G. H. I. G., & Ilhamdi, M. L. 2015. Potensi vegetasi dan arthropoda di kawasan mangrove Gili Sulat Lombok Timur. *Jurnal Biologi Tropis*.
- Anisa, S., Purnama, A. A., & Karno, R. 2019. Jenis-Jenis Katak (Amphibi: Anura) Di Desa Suka Maju Kecamatan Tambusai Kabupaten Rokan Hulu Provinsi Riau. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 10(2), 37-42.
- Aryulina, D., Muslim, C., Manaf, S., Winarni, W., E. 2006. *Biologi SMA dan MA untuk kelas X*. Jakarta: Erlangga.
- Azhari, N., & Nofisulastri, N. 2018. Identifikasi Jenis Annelida Pada habitat Sungai Jangkok Kota Mataram. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 6(2), 130-137.
- Budiman, C. C., Maabuat, P. V., Langoy, M. L., & Katili, D. Y. 2014. Keanekaragaman Echinodermata di Pantai Basaan Satu Kecamatan Ratatotok Sulawesi Utara. *Jurnal Mipa*, 3(2), 97-101.
- Candri, D. A., Junaedah, B., Ahyadi, H., & Zamroni, Y. 2018. Keanekaragaman moluska pada ekosistem mangrove di Pulau Lombok. *BioWallacea Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi*, 4(2), 88-93.
- Haris, A., Werorilangi, S., Gosalam, S., & Masâ, A. 2014. Komposisi Jenis dan Kepadatan Sponge (Porifera: Demospongiae) di Kepulauan Spermonde Kota Makassar. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 36-42.
- Hidayah, D. U., & Subarkah, P. 2019. Media Pembelajaran Tentang Klasifikasi Binatang Berbasis Video Animasi 3 Dimensi di SMP Negeri 2 Wangon. *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 19(1), 45-52.
- Irawan, H. 2013. Biologi Anemon Di Perairan Litoral Daerah Batu Hitam Ranai Kabupaten Natuna. *Dinamika Maritim*, 3(1), 1-10.
- Isnaeni, Wiwi. 2019. *Fisiologi Hewan*. Jakarta : PT. Kanisius.
- Karmana, Oman. 2007. *Cerdas Belajar Biologi. Bandung* : PT Grafindo Media Pratama.

- Kartono, A. P. 2015. Keragaman dan kelimpahan mamalia di perkebunan sawit PT Sukses Tani Nusasubur Kalimantan Timur. *Media Konservasi*, 20(2).
- Kurniawan, I. S., Tapilouw, F. S., Hidayat, T., & Setiawan, W. 2019. Keanekaragaman Aves di Kawasan Cagar Alam Pananjung Pangandaran. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 11(1), 37-44.
- Leksono, A. S. 2017. *Ekologi arthropoda*. Universitas Brawijaya Press.
- Luthfi, O. M., Saputra, A., NF, R. M., Sinaga, J. K., RS, M. B., MP, H. M., & Naufal, A. 2017. Pemantaun Kondisi Invertebrata Menggunakan Metode Reef Check, Di Perairan Selat Sempu, Kabupaten Malang. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 10(2), 129-135.
- Marhaeni, M., Nurmiati, N., & Ekaningtiyas, M. 2022. Pengembangan Media Pembelajaran Permainan Ular Tangga Biologi pada Materi Klasifikasi Makhluk Hidup Kelas VII. Konstruktivisme: *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 14(1), 23-30.
- Maulidah, A. R. (2022). The Inventarisasi Jenis Aves di Kawasan Taman Nasional Ujung Kulon. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Sains*, 3(1), 14-17.
- Munasari, A. M., & AK, A. M. (2018). Identifikasi Kontaminasi Telur Nematoda STH (Soil Transmitted Helminth) Pada Sayuran Kangkung (*Ipomoea aquatica*) Dan Kemangi (*Ocimum basilicum* L.) Di Pasar Krian Kabupaten Sidoarjo. Transmitted Helminth) Pada Sayuran Kangkung (*Ipomoea Aquatica*) Dan Kemangi (*Ocimum Basilicum* L.) Di Pasar Krian Kabupaten Sidoarjo.
- Patech, L. R., Syukur, A., & Santoso, D. (2020). Kelimpahan dan Keanekragaman Spesies Echinodermata sebagai Indikator Fungsi Ekologi Lamun di Perairan Pesisir Lombok Timur. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, 6(1), 40-49.
- Pratama, T. (2022). Aplikasi pembelajaran hewan reptil berbasis augmented reality. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, 3(1), 73-76.

- Pratomo, H., Rosadi, B., & Pt, S. (2010). *Identifikasi Pisces*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Rifai, M. R., Kurniawan, R. A., & Hasanah, R. (2020). Persepsi Mahasiswa dalam Menggunakan Aplikasi Plantnet pada Mata Kuliah Klasifikasi Makhluk Hidup. *VEKTOR: Jurnal Pendidikan IPA*, 1(1), 29-38.
- Rohwati, M. (2012). Penggunaan education game untuk meningkatkan hasil belajar IPA biologi konsep klasifikasi makhluk hidup. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1).
- Rousdy, D. W., & Linda, R. (2018). Hematologi Perbandingan Hewan Vertebrata: Lele (*Clarias batracus*), Katak (*Rana* sp.), Kadal (*Eutropis multifasciata*), Merpati (*Columba livia*) dan Mencit (*Mus musculus*). *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*, 7(1), 1-13.
- Ryandani, S., Arwin, S., & Sikumbang, D. (2018). Perbandingan Pengetahuan tentang Interaksi Makhluk Hidup dengan Lingkungannya dan Sikap Peduli Lingkungan. *Jurnal Makhluk Hidup*, 2(1), 11-23.
- Siahaan, K., Dewi, B. S., & Darmawan, A. (2019). Keanekaragaman Amfibi Ordo Anura di Blok Perlindungan dan Blok Pemanfaatan Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu, Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman (The Diversity of Amphibian from Order Anura in the Protected and Utilization Blocks of Integrated Educational Conservation Forest, Wan Abdul Rachman Great Forest Park). *Jurnal Sylva Lestari*, 7(3), 370-378.
- Silviana, F. (2014). Perancangan dan Implementasi Aplikasi Pembelajaran Kingdom Animalia Sekolah Menengah Atas (SMA) pada Platform Android (Doctoral dissertation, Program Studi Teknik Informatika FTI-UKSW).
- Singa, S., Sugiarto, B. A., & Rindengan, Y. D. (2021). Animasi Interaktif Pembelajaran jenis jaringan pada hewan vertebrata. *Jurnal Teknik Informatika*, 16(4), 527-534.
- Viza, R. Y. (2018). Eksplorasi dan Visualisasi Morfologis Jenis Moluska (Gastropoda dan Bivalvia) di Sungai Batang Merangin. *BioColony*, 1(1), 1-6.

- Wahyuningtyas, S., Azahra, S., & Hartono, A. R. (2022). Identifikasi Telur Cacing Tambang (Hookworm) Pada Kuku Pekerja Tambang Pasir Kecamatan Loa Janan. *Borneo Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 159-174.
- Yohannes, Y., & Al Rivan, M. E. (2020). Penggunaan Global Contrast Saliency dan Histogram of Oriented Gradient Sebagai Fitur untuk Klasifikasi Jenis Hewan Mamalia.
- Yudha, D. S., Eprilurahman, R., Muhtianda, I. A., Ekarini, D. F., & Ningsih, O. C. (2015). Keanekaragaman Spesies Amfibi Dan Reptil Di Kawasan Suaka Margasatwa Sermodaerah Istimewa Yogyakarta. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 38(1), 7-12.
- Ziraluo, Y. P. B. (2022). Pengembangan Penuntun Praktikum Ekologi Hewan Berbasis Penemuan Terbimbing. *Jurnal Biogenerasi*, 7(2), 10-18.

BAB 9

EKOLOGI DAN EKOSISTEM

Oleh Ni Wayan Ratnadi

9.1 Pendahuluan

Bila membahas ekologi akan tidak bisa dilepaskan dengan pembahasan ekosistem yang terdiri atas biotik dan abiotik sebagai penyusunnya. Biotik merupakan aspek makhluk hidup yang terdiri atas: manusia, hewan, tumbuhan termasuk mikroba, sedangkan abiotik (benda tidak hidup), meliputi: air, tanah, suhu, kelembaban, cahaya dan topografi (Suanda, 2023b). Interaksi biotik dengan abiotik telah lama dikenal dan diaplikasikan dalam kehidupan para pendahulu kita dalam kegiatan bercocok tanam (bertani) dan nelayan. Dalam bertani telah terjadi hubungan antara tumbuhan dengan tanah (dalam tanah terkandung unsur hara dan air) sehingga terjadi pengangkutan unsur hara ke seluruh bagian tumbuhan. Unsur hara dalam tanah berupa pupuk kandang (berasal dari kotoran ternak/hewan), pupuk hijau (berasal dari limbah sayur, buah dan daun dari tumbuhan) dan pupuk kompos, merupakan pupuk organik yang dihasilkan dari proses pengolahan bahan organik yang diformulasi ditambahkan mikroba (*Trichoderma sp.*, *Rhizobium sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas fluorescens*) agar menjadi media yang subur. Penggunaan pupuk organik dalam bercocok tanam organik yang melibatkan mikroba dapat membantu ekosistem yang harmonis dan berkelanjutan (Suanda, 2023c). Ekologi memiliki kedekatan sesuai tahapan-tahapan sistem makhluk hidup, yaitu: populasi, komunitas dan ekosistem sebagai satu kesatuan yang dapat saling mempengaruhi. Siahaan (2017), menyatakan ekologi mempelajari hubungan organisme atau makhluk hidup dengan lingkungan berupa interaksi secara dinamis.

Ekologi pada awalnya dipelajari mulai dari ekologi geografi tumbuhan yang berkembang ke aspek lain yaitu

komunitas tumbuhan yang kemudian berkembang menjadi ekologi komunitas (Suanda, 2023a). Sejalan dengan perkembangan ekologi pada waktu yang hampir bersamaan juga berkembang berbagai studi mengenai dinamika populasi atau ekologi populasi. Studi ini kemudian berkembang menjadi ekologi perilaku. Perkembangan ekologi ini tentunya akan terus berlanjut sejalan dengan berjalannya waktu. Hingga beberapa tahun, dinamika populasi dan ekologi komunitas menjadi perhatian besar untuk dianalisis bagi para pakar dibidang ekologi. Oleh karenanya ekologi itu sendiri tidak dapat dipisahkan dari ilmu-ilmu yang lain, seperti: ilmu fisika, kimia, biologi serta ilmu bumi dan antariksa. Ilmu fisika memiliki keeratannya dengan ekologi terutama sinar matahari, pergantian temperatur, daya serap tanah dan hujan. Ilmu kimia terkait dengan terjadi prosedur kimia dengan unsur serta senyawa yang ada di lingkungan. Dalam ilmu bumi dan antariksa, bahwa ekologi tidak bisa terlepas dari peristiwa siang dan malam, gravitasi, musim hujan dan musim kering, vulkanik, endapan aluvia, erosi dan sedimentasi. Ekologi merupakan suatu konsep dan mempunyai banyak cabang dan ekosistem merupakan salah satunya (Clark, 2010).

9.2 Ekologi

Ekologi dikenal sebagai ilmu yang mempelajari interaksi berupa hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan. Ekologi sebagai istilah yang diberikan oleh H. Reiter pada tahun 1865, dimana ekologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu: "*Oikos*" yang memiliki arti "habitat", "rumah" atau tempat tinggal" dan "*Logos*" berarti "telaah" atau "ilmu pengetahuan". Namun beberapa ahli menyebutkan istilah ekologi dari bahasa Jerman "*Oekologie*" pada tahun 1869 yang diperkenalkan oleh Ernest Haeckel (1834-1914). Haeckel menyebutkan ekologi sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi makhluk hidup di "habitat" atau "rumah" yaitu: di alam sekitarnya. Habitat (bahasa latin untuk "*it inhabits*") atau tempat beradanya atau tempat tinggal makhluk hidup sebagai unit geografi yang secara efektif mendukung keberlangsungan hidup dan

218

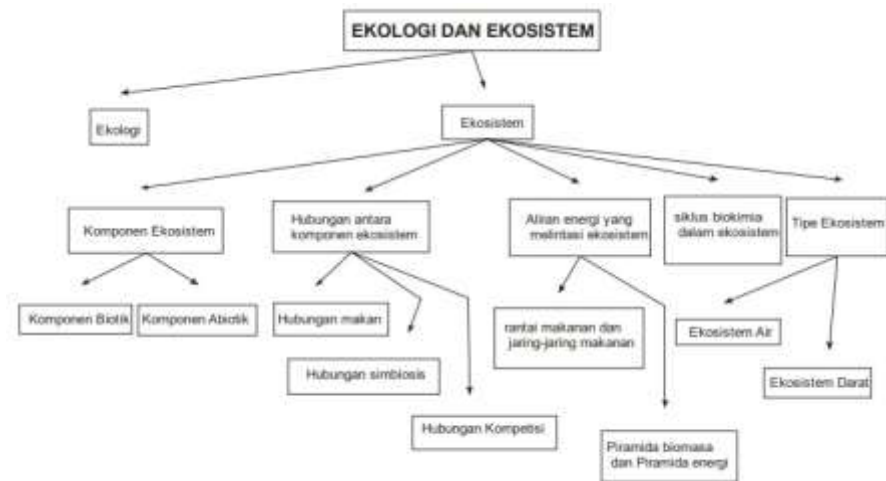
reproduksi suatu spesies atau individu suatu spesies. Makhluk hidup dalam ekologi dipelajari melalui 6 jenjang atau kedudukan, diantaranya:

1. Individu: merupakan makhluk hidup yang hanya terdiri atas dirinya sendiri, bersifat tunggal dan tidak dapat dibedakan lagi. Individu terdiri dari gabungan sistem organ yang bekerja sama membentuk kehidupan. Misal: satu pohon pisang, satu pohon mangga, seekor ayam, seekor karbau, si Budi, si Nana, dan seterusnya.
2. Populasi: makhluk hidup yang sejenis atau spesies sama dalam jumlah lebih dari satu. Sekelompok makhluk hidup yang jenisnya sama dalam suatu tempat tertentu. Misal: pohon kelapa dalam kebun, tanaman stroberi di kebun agroponik stroberi, ayam dalam kandang ternak ayam, badak di Taman Nasional Ujung kulon, Burung Jalak Bali di Taman Nasional Bali Barat (TNBB), peserta didik dalam satu kelas.
3. Komunitas, yaitu kumpulan dari beberapa kelompok populasi makhluk hidup yang menempati suatu tempat tertentu. Komunitas dipelajari dalam ekologi komunitas atau sinekologi, yaitu studi tentang interaksi di antara spesies dalam komunitas pada banyak skala spasial (ruang) dan temporal (waktu). Contoh: tumbuh-tumbuhan yang ada di kebun sekolah, Tumbuhan yang ada di Kebun Raya Eka Karya Bali, hewan-hewan yang menghuni kebun binatang Taman Safari.
4. Ekosistem: kelompok biotik berupa komunitas yang menjalin suatu interaksi yang dinamis dengan lingkungan abiotik dalam suatu tempat atau areal tertentu. Jadi dalam ekosistem telah terjadi interaksi antar komponen biotik, abiotik dan pengurai. Contoh: ekosistem dalam suatu hutan, ekosistem dalam kolam, ekosistem aquarium ikan.
5. Bioma: berbagai ekosistem yang terdapat di wilayah geografis yang sama dengan iklim dan kondisi lingkungan yang sama. Dalam bioma terdapat organisasi kehidupan berupa makhluk hidup yang beraneka jenis, berkedudukan

sebagai produsen, konsumen dan pengurai yang selalu terjadi interaksi untuk menghasilkan energi.

6. Biosfer, yaitu: suatu sistem ekologis yang terjadi antara makhluk hidup dengan hubungan timbal balik (interaksi). Jadi biosfer merupakan bioma yang ada di bumi membentuk tingkatan tertinggi dan sangat kompleks dalam jenjang kehidupan.

Era global saat ini ekologi tidak bisa lepas dengan ekosistem akan menuju kepada pendekatan yang menerapkan model-model sistem, seperti: sistem komputer, matematika, kimia dan fisika. Perkembangan terus berlangsung bahkan sudah mulai menggunakan satelit citra untuk mengetahui populasi pohon tertentu, kerusakan lahan dan pengamatan hama penyakit tanaman yang terjadi di suatu kebun atau hutan. Hubungan ekologi dan ekosistem dalam bentuk peta konsep disajikan pada Gambar 9.1.



Gambar 9.1. Hubungan Ekologi dan Ekosistem

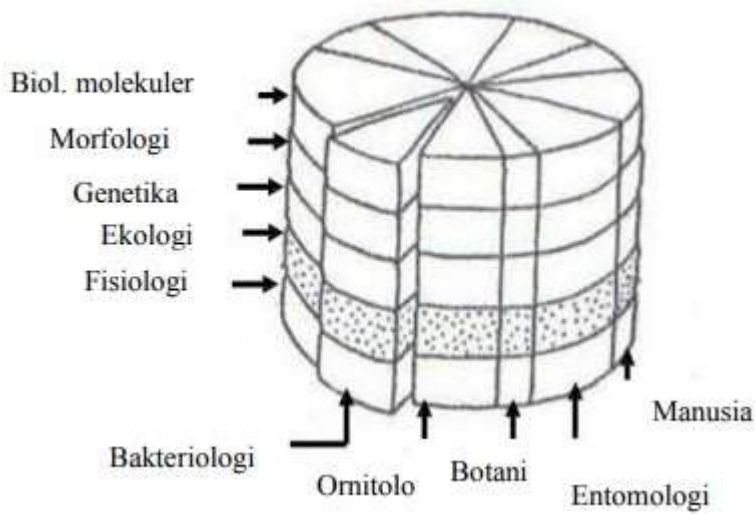
9.2.1 Ekologi dengan Ilmu lain

Ahli ilmu hayat berkebangsaan Jerman bernama Haeckel (1869) mengemukakan ekologi tergolong dalam disiplin "biologi", karena ilmu ekologi mempelajari kehidupan dan

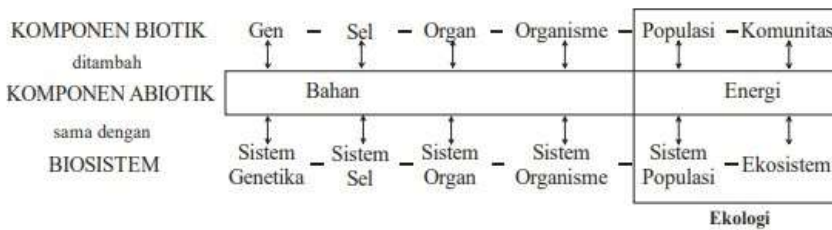
220

interaksi dari makhluk hidup dalam lingkungannya. Oleh karenanya ekologi merupakan ilmu pengetahuan yang berada di dalam biologi dan biologi itu sendiri juga merupakan cabang atau bagian dari ilmu pengetahuan secara umum. Kedudukan ekologi sebagai bagian dari biologi, maka kedudukannya satu lapisan atau irisan dengan bagian biologi lainnya, seperti: biologi molekuler, genetika, mikrobiologi, fisiologi, bioteknologi, morfologi dan berkembang terus, sehingga ilmu pengetahuan satu dengan yang lainnya akan saling melengkapi (Gambar 9.2) dan batas ekologi dalam biologi disajikan pada Gambar 9.3.

Ekologi berhubungan pada porsedur yang terpengaruhi oleh kejadian siang serta malam, musim kemarau, musim hujan, gravitasi, endapan aluvia, vulkanik, erosi abrasi, sedimentasi dll.



Gambar 9.2. Lapisan Ekologi dan Ilmu Pengetahuan sebagai Cabang dari Biologi
(Sumber: Maknum, 2017)



Gambar 9.3. Batas Ekologi dalam Biologi
(Sumber: Odum, 1996)

Menurut Odum (1996), ekologi terdiri atas 3 kelompok yaitu:

1. Berdasarkan Bidang Kajian, ekologi dibedakan menjadi:
 - a. Autekologi, yaitu: ekologi yang mempelajari individu suatu jenis (spesies) organisme yang menyesuaikan diri atau berintegrasi dengan lingkungannya. Misal: aspek daur hidup, adaptasi, distribusi suatu jenis organisme. Autekologi ini mengkaji adaptasi tanaman begonia yang hidup di lokasi daerah sejuk, maka dapat dilihat morfologi tanaman seperti luas daun, pigmen daun dan sebagainya. Tanaman bakau menurut karakteristik abiotik dan pertumbuhan bakau di suatu pantai.
 - b. Sinekologi, adalah: ekologi yang mengkaji berbagai kelompok organisme sebagai suatu kesatuan yang saling berinteraksi dalam suatu daerah tertentu. Misal: ekologi populasi, ekologi jenis, ekologi komunitas, ekologi hutan. Dalam Sinekologi ini dijelaskan: ekologi tempat hidup bakau, berupa efektivitas bakau dalam memecah gelombang air laut. Pada ekologi hutan hujan tropis dapat dikaji: variasi tumbuhan; populasi tumbuhan; kerapatan hidup tumbuhan pada satuan luas; manfaat jenis tumbuhan; tingkat keberadaan atau kerusakan hutan; hubungan hutan dengan tanah, curah hujan (air), pH atau komponen fisik lainnya.
2. Pembagian ekologi berdasarkan Habitat, terdiri atas:
 - a. Ekologi bahari atau kelautan (*marine ecology*)
 - b. Ekologi perairan tawar (*fresh water ecology*)
 - c. Ekologi darat (*terrestrial ecology*)

- d. Ekologi estuari (*estuarian ecology*)
- e. Ekologi padang rumput (*grassland ecology*)
- 3. Pembagian ekologi berdasarkan Taksonomi, diantaranya:
 - a. Ekologi Tumbuhan (*plant ecology*): merupakan salah satu cabang ekologi yang mengkaji secara spesifik interaksi tumbuhan dengan lingkungan tempat hidupnya.
 - b. Ekologi Hewan (*zoo ecology*) adalah salah satu cabang ekologi yang mempelajari interaksi hewan dengan tempat hidupnya. Ekologi hewan memiliki bagian-bagian yang secara spesifik membahas tentang hewan tertentu.
 - c. Ekologi Mikroba: cabang ekologi yang mempelajari kehidupan suatu mikroorganisme (mikroba) dalam lingkungan hidupnya. Disini akan dibahas kehidupan populasi bakteri, jamur dan mikroba lainnya pada lingkungan. Keberadaan mikroba ditemukan pada perakaran tanaman (rizosfer) sebagai akibat interaksi yang terjadi dengan akar tanaman. Mikroba penghuni rizosfer umumnya bermanfaat bagi kehidupan tanaman, seperti: *Bacillus* sp., *Pseudomonas fluorescens* dan *Trichoderma* sp.

9.3 Ekosistem

Ekosistem merupakan suatu sistem ekologi yang terbentuk dari interaksi antara makhluk hidup (biotik) dengan lingkungan, baik dalam bentuk menguntungkan maupun merugikan. Ekosistem dapat berupa suatu tatanan yang utuh dari interaksi yang dinamis dan harmonis antara makhluk hidup dengan lingkungan. Ekosistem itu juga menjadi suatu satuan fungsional dasar yang menyangkut proses interaksi organisme hidup dengan lingkungannya. Lingkungan berarti sesuatu yang berada di luar individu atau organisme tersebut. Jadi lingkungan yang dimaksud dapat berupa lingkungan biotik (makhluk hidup) maupun abiotik (non makhluk hidup) di luar organisme yang bersangkutan. Ekosistem juga dapat didefinisikan sebagai suatu satuan lingkungan yang melibatkan unsur-unsur biotik

(makhluk hidup) dan abiotik berupa faktor-faktor fisik (iklim, air, cuaca dan tanah) serta kimia (keasaman dan salinitas) yang saling berinteraksi satu sama lainnya. Suatu kawasan alam yang di dalamnya tercakup unsur-unsur hayati (organisme) dan unsur-unsur non hayati (zat-zat tak hidup) serta antara unsur-unsur tersebut terjadi hubungan timbal balik akan terbentuk suatu sistem ekologi atau sering dinamakan ekosistem.

Dari penjelasan tersebut di atas, maka ekosistem memiliki beberapa ciri-ciri, diantaranya:

1. Memiliki Sumber Energi, energi ini bisa bersumber dari cahaya matahari dan panas bumi atau bentuk lainnya.
2. Populasi Makhluk Hidup, di dalam diri makhluk hidup tersimpan energi dalam bentuk materi organik, baik berupa energi potensial maupun energi kimia yang mampu dikonversi menjadi energi bentuk lain.
3. Memiliki Daur Materi, daur materi antara populasi (organisme) dengan lingkungan mengalami proses secara dinamis dan berkesinambungan.
4. Proses Aliran Energi, energi berupa material organik yang terbentuk akan dialirkan ke lingkungan dari trofik (tingkat) tertentu ke trofik (tingkat) yang lain, sehingga menumbuhkan ekosistem yang harmonis dan berkelanjutan.

Bila kita memasuki suatu ekosistem, baik ekosistem daratan maupun perairan, akan dijumpai adanya dua macam organisme hidup yang merupakan komponen biotik ekosistem. Kedua macam komponen biotik tersebut adalah (a) autotrofik dan (b) heterotrofik.

1. Autotrofik:

Organisme yang mampu menghasilkan (energi) berupa bahan makanan dari bahan-bahan anorganik dalam proses fotosintesis ataupun kemosintesis, sering dinamakan produsen. Proses pembentukan senyawa organik yang bersumber dari bahan anorganik sederhana melalui proses metabolisme disebut Anabolisme. Organisme ini tergolong mampu memenuhi kebutuhan dirinya sendiri, contoh:

- tumbuh-tumbuhan yang memiliki kloroplas untuk menghasilkan klorofil.
2. Heterotrofik: merupakan organisme yang memanfaatkan dengan cara mengubah atau memecah bahan organik kompleks telah ada yang dihasilkan oleh komponen autotrofik. Proses pengubahan bahan organik yang bersifat kompleks ini melalui proses metabolisme yang dinamakan Katabolisme. Organisme ini termasuk golongan konsumen, berupa makrokonsumen maupun mikrokonsumen (hewan, manusia dan mikroorganisme) (Suanda, 2023b).

9.3.1 Struktur Ekosistem

Berdasarkan struktur penyusun ekosistem dapat dibedakan 4 komponen, yakni: produsen, konsumen, pengurai, dan unsur abiotik. Produsen, konsumen dan pengurai disebut sebagai *“three functional kingdoms of nature”*, karena ketiga komponen tersebut dipisahkan berdasarkan tipe nutrisi dan sumber energi yang digunakan.

1. Produsen: organisme yang mampu membentuk bahan anorganik sederhana melalui proses fotosintesis yang melibatkan bahan organik, klorofil dan cahaya matahari. Produsen dikelompokkan kedalam organisme autotrofik, atas kemampuannya untuk memproduksi makanan berupa bahan anorganik sederhana. Contoh: tumbuh-tumbuhan memiliki kloroplas yang membentuk klorofil atau zat hijau daun
2. Konsumen: organisme yang memanfaatkan bahan anorganik yang dihasilkan oleh autotrofik yang disebut organisme heterotrofik. Organisme heterotrofik tidak mampu mengubah bahan organik menjadi bahan anorganik sebagai sumber makanan bagi makhluk hidup lainnya. Contoh: hewan vertebrata, herbivora dan carnivora.
3. Pengurai, sering disebut dekomposer memiliki peran mendekomposisi atau menguraikan bahan organik dari suatu material agar bisa dimanfaatkan autotrof. Misal: jamur dan bakteri.

4. Abiotik: berupa komponen fisik dan kimia yang digunakan sebagai medium atau substrat untuk kehidupan organisme, seperti: tanah, air, udara, cahaya matahari, temperatur.

Pada dasarnya di Indonesia terdapat empat kelompok ekosistem utama, yaitu: (1) ekosistem akuatik atau bahari, (2) ekosistem darat alami, (3) ekosistem suksesi, dan (4) ekosistem buatan.

1. Ekosistem Aquatik

Ekosistem bahari dapat dikelompokkan lagi ke dalam ekosistem yang lebih kecil lagi, yaitu: ekosistem laut dalam, pantai pasir dangkal, terumbu karang, pantai batu, dan pantai lumpur. Dalam setiap ekosistem pada ekosistem bahari ada perbedaan dalam komponen penyusunnya, baik biotik maupun abiotik. SMP Negeri 11 Denpasar, Bali loaksinya dipinggir pantai Pulau Serangan, Bali, menjadikan pantai tersebut sebagai media dalam pembelajaran. Dari kegiatan pembelajaran kontekstual melihat langsung pantai sebagai objek, menimbulkan daya tarik, inovasi dan kreativitas dalam proses pembelajaran materi ekosistem.

2. Ekosistem Darat Alami (Terrestrial)

Pada ekosistem terrestrial lingkungan fisiknya berupa daratan sebagai habitat dari kehidupan yang dinamakan bioma. Berdasarkan tipe atau jenisnya, terdapat 6 bioma, yaitu: a) bioma padang rumput; b) bioma hutan musim; c) bioma hutan hujan tropik; d) bioma gurun; e) bioma tundra dan f) bioma taiga.

- a. Bioma Padang Rumput: wilayah semi gurun dengan curah hujan minim (25-30 cm/tahun). Flora yang hidup didominasi oleh rumput dan ternak (*herbs*), diselingi pohon akasia. Fauna didominasi herbivora, seperti jerapah, zebra, srigala.
- b. Bioma Hutan Musim: sering dinamakan bioma hutan gugur, karena memiliki 4 musim, yaitu: musim kemarau, musim hujan, musim semi dan musim gugur. Siklus musim ini menjadikan tumbuhan dan hewan

menyesuaikan diri terhadap kondisi yang sedang berlangsung. Flora yang tumbuh diantaranya pohon jati, bunga sakura, pinus, cemara dan eucalyptus dengan memiliki fauna berupa rusa, babi hutan, panda, musang dan singa (Zid dan Hardi, 2018).

- c. Bioma Hutan Hujan Tropik: daerah ini hanya memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan terjadi sepanjang tahun. Perubahan musim di bioma ini tidak terlalu ekstrim, sehingga adaptasi kehidupan akan mengikuti musim. Keadaan iklim dan hujan yang cukup mendukung kehidupan tumbuhan atau pohon yang memiliki vegetasi berjenjang.
- d. Bioma Gurun: meliputi wilayah yang memiliki pasir dan bebatuan dengan curah hujan sedikit, yang terkenal bernama gurun Sahara di Afrika Utara (Hajrah, 2019). Keadaan kering yang mendominasi mempengaruhi kehidupan flora dan fauna, seperti jenis tumbuhan xerofit.
- e. Bioma Tundra: ekosistem bioma ini tidak menerima sinar matahari dalam waktu lama. Wilayahnya tertutup salju mengakibatkan suhu dingin, menyebabkan pohon tidak mampu tumbuh, namun didominasi tumbuhan rendah. Kondisi suhu rendah dan sejuk mengakibatkan tumbuhan berbunga dengan warna mencolok. Bioma tundra memiliki flora, seperti lumut jenis sphagnum dan lumut kerak, ada juga rumput teki. Fauna yang mendiami seperti: rusa, hewan pengerat dan kelinci salju.
- f. Bioma Taiga: keberadaannya pada wilayah iklim subtropik membentuk ekosistem dalam suatu hutan, seperti: hutan pinus. Tumbuhan yang hidup dicirikan oleh daun berlapis lilin dan berbentuk jarum.

3. Ekosistem Suksesi

ekosistem yang terjadi akibat aktivitas alam maupun kegiatan manusia. Ekosistem suksesi ini bisa terjadi karena berpindahnya berladang terbengkalai sangat lama.

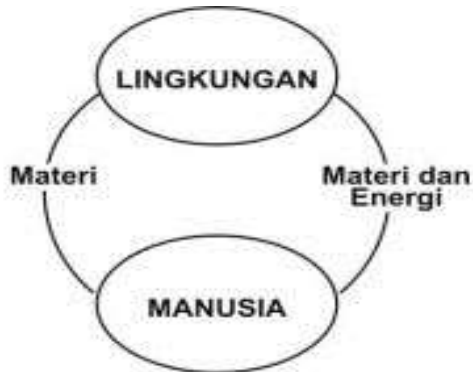
Ekosistem suksesi dapat dibedakan menjadi 2, yakni: a) ekosistem suksesi primer: terbentuknya kondisi lingkungan baru pada permukaan tanah setelah terjadi peristiwa tanah longsor, lokasi pertambangan, proyek pembangunan perumahan, galian C, timbunan lahar gunung erupsi, endapan lumpur di tepi pantai, danau maupun sungai dan sebagainya; dan b) ekosistem suksesi sekunder: ekosistem ini terjadi karena perbuatan kurang bijaksana manusia sehingga terbentuk media atau kondisi lingkungan baru. Aktivitas manusia yang menimbulkan terjadi ekosistem suksesi sekunder, diantaranya: penebangan kayu secara berlebihan tanpa memperhitungkan terjaganya ekosistem hutan, kebakaran hutan yang sering terjadi karena kemarau panjang maupun ulah provokatif manusia.

4. Ekosistem Buatan

Terbentuknya suatu ekosistem melalui proses pengkondisian yang dilaksanakan oleh manusia. Ekosistem ini diciptakan manusia sebagai pertimbangan kemanfaatan yang lebih besar. Ekosistem buatan berupa agroekosistem (terbentuknya sawah tadah hujan, sawah pasang surut, sawah rawa, kolam dan kebun sekolah). Areal Padang Gold “Bali Handara” di Kawasan candikuning Bedugul, Bali dan Pendesainan “Tebe Modern” di Bali pada areal pekarangan rumah yang cukup luas untuk suatu kegiatan merupakan salah satu bentuk penciptaan ekosistem buatan (Suanda, 2023a).

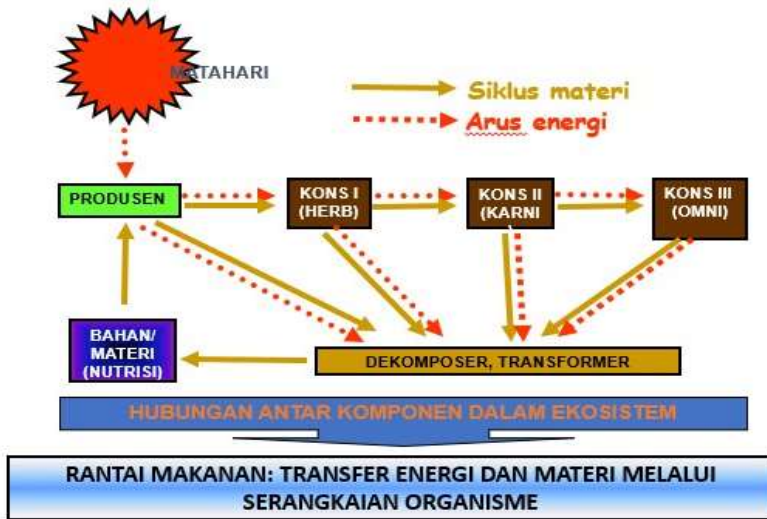
9.3.2 Energi dalam Ekosistem

Ekologi pembahasannya tidak hanya terbatas pada hubungan manusia dengan lingkungan, akan tetapi lebih luas lagi mempelajari hubungan (interaksi) antara makhluk hidup dengan lingkungan, maka akan terjadi lingkaran energi, materi dan makhluk hidup (manusia), seperti disajikan pada Gambar 9.4.



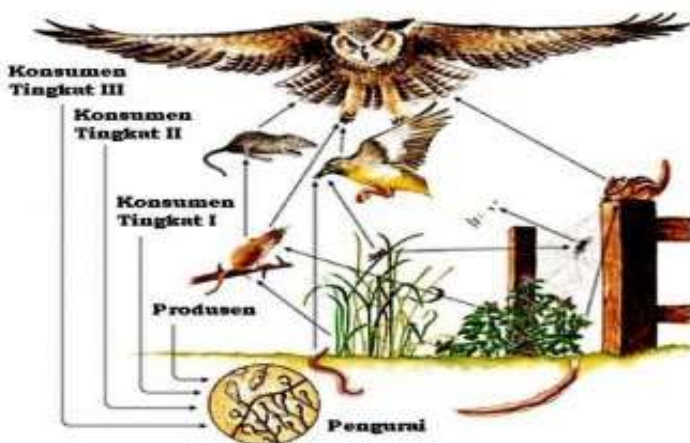
Gambar 9.4. Hubungan antara Manusia dan lingkungan dengan Aliran Materi dan Energi
(Sumber: Clapham, 1973)

1. Rantai Makanan: bentuk aliran energi yang terjadi melalui proses makan dan dimakan antar organisme yang berlangsung satu jalur. Perpindahan energi umumnya mulai dari produsen menuju konsumen (konsumen tingkat 1, konsumen tingkat 2, konsumen tingkat 3 dan seterusnya sampai Konsumen tingkat ke-n) dalam bentuk garis lurus. Jadi dalam rantai makanan terjadi transformasi energi dari produsen ke konsumen yang dipelajari dalam Bioenergetik (metabolisme energi). Tingkatan konsumen dapat digambarkan dalam bentuk piramida terbalik, artinya kedudukan produsen menempati areal/daerah yang paling luas (di atas) dan di bawahnya, diikuti level dari konsumen secara berurutan (Gambar 9.5).

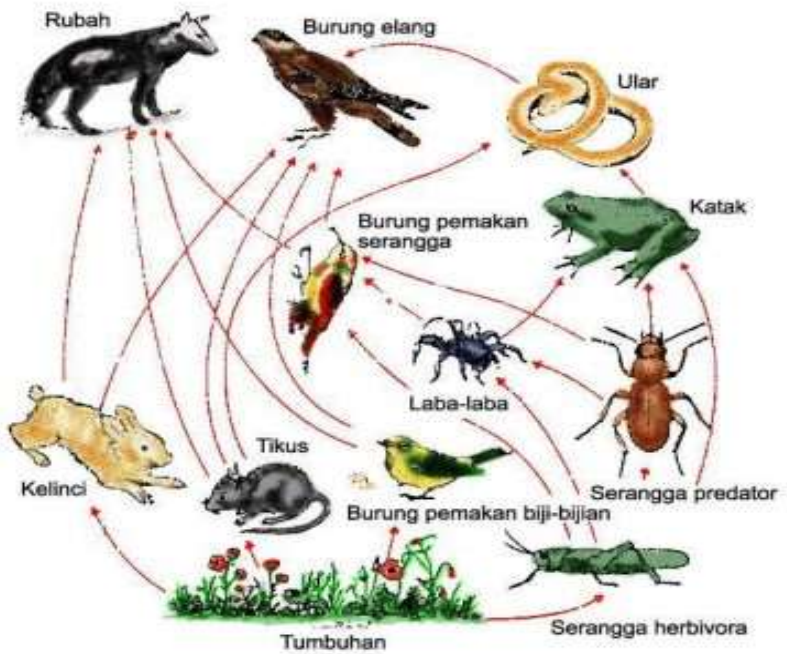


Gambar 9.5. Rantai Makanan dan Siklus Materi

2. Jaring-Jaring Makanan: Proses makan dan dimakan terjadi lebih kompleks dan terintegrasi dari beberapa rantai makanan. Perpindahan energi mengalir secara kopleks dalam bentuk jaring-jaring sebagai gabungan rantai makanan. Aliran energi mulai dari produsen menuju ke beberapa konsumen sesuai tingkat aliran ke-n energi pada jaring-jaring makanan (Gambar 9.6 dan Gambar 9.7).



Gambar 9.6. Tingkat Trofik dalam Jaring-Jaring Makanan



Gambar 9.7. Aliran Energi pada Jaring-Jaring makanan
(Sumber: Utomo, dkk.)

DAFTAR PUSTAKA

- Clapham. 1973. *Natural Ecosystems*. New York: *Mecmillan Publishing Co.Inc*.
- Hajrah. 2019. *Flora dan Fauna di Indonesia dan Dunia*. Direktorat Pembinaan SMA. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Odum, E.P. 1996. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Maknum, D. 2017. *Ekologi Populasi, Komunitas, Ekosistem Mewujudkan Kampus Hijau, Asri, Islami dan Ilmiah*. Cirebon. Nurjati Press.
- Suanda, I.W. 2023a. *Ekologi Tumbuhan*. Prodi Pendidikan biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Penerbit PT Global Eksekutif Teknologi.
- Suanda, I.W. 2023b. *Mikrobiologi Lingkungan*. Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Penerbit PT Global Eksekutif Teknologi.
- Suanda, I.W. 2023c. *Stroberi Sehat “Petik Langsung Trend Agrowisata*. Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI mahadewa Indonesia. Penerbit PT Global Eksekutif Teknologi.
- Suanda, I.W. 2022. *Pertanian organik*. Prodi Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Penerbit PT Global Eksekutif Teknologi.
- Siahaan, N.H.T. 2017. Faktor-Faktor Spektakuler Penyebab Masalah Ekologi antara Dominasi Hasrat dan Kekaburan Peran Sistem Hukum. *Jurnal Hukum & Pembangunan*; 17(6): 596.
- Utomo, S.W; Sutriyono dan Rizal, R. tanpa tahun. *Pengertian, Ruang Lingkup Ekologi dan Ekosistem*. Modul 1 Universitas Terbuka. Jakarta.
- Zid, M dan Hardi, O.S. 2018. *Biogeografi*. Jakarta Timur. PT. Akasia.

BAB 10

ENERGI TERBARUKAN DAN BIOENERGI

Oleh Yusmar Yusuf

10.1 Pendahuluan

Energi terbarukan merujuk pada sumber daya alam yang dapat diperbarui tanpa menghabiskan sumber daya yang tak tergantikan, seperti matahari, angin, air, dan panas bumi. Energi terbarukan menjadi alternatif yang penting untuk mengurangi ketergantungan kita pada bahan bakar fosil yang tidak terbarukan.

Salah satu bentuk energi terbarukan yang menarik adalah bioenergi. Bioenergi berasal dari biomassa organik, seperti limbah pertanian, limbah kayu, limbah rumah tangga, atau tanaman energi seperti tebu, jagung, atau rapeseed. Bioenergi dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, panas, atau bahan bakar. Salah satu contoh penerapan bioenergi yang umum adalah pembangkit listrik tenaga biomassa (Wijayanti, 2023).

Keseluruhan, energi terbarukan dan bioenergi menawarkan peluang besar dalam menyediakan sumber energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dalam upaya kita untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, pengembangan dan penerapan teknologi energi terbarukan, termasuk bioenergi, sangat penting.

10.2 Energi Terbarukan

Energi terbarukan atau renewable energi adalah energi yang berasal dari sumber daya alam dan tidak terbatas atau dapat diperbarui. sumber energy yang diperoleh dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, seperti sinar matahari, angin, air, biomassa, dan geothermal. Energy terbarukan dapat

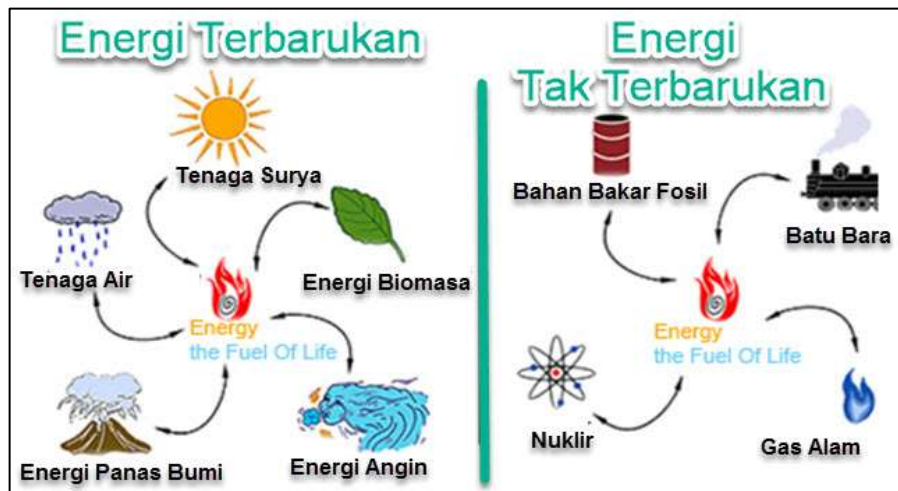
didaur ulang secara alami tanpa memerlukan proses *non-renewable* seperti bahan bakar fosil. Contohnya adalah energi surya dan energi angin yang dapat terus digunakan dan ada di sekeliling kita (Paul, 2023).

10.2.1 Contoh, Peran, dan Manfaat Energi Terbarukan

Contoh energi terbarukan adalah :

1. Tenaga surya
2. Tenaga angin
3. Tenaga air
4. Biomassa
5. Tenaga geothermal

Energi terbarukan memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi global dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Selain berkontribusi pada peningkatan kualitas lingkungan, energi terbarukan juga membantu memperkuat keamanan energi dan meningkatkan ketersediaan energi (Noor and Rahman, 2023).



Gambar 10.1. Contoh Energi Terbarukan dan Tidak Terbarukan
(sumber: <https://4.bp.blogspot.com>)

Adapun manfaat dari energi terbarukan adalah ramah lingkungan, biaya yang lebih murah, lebih stabil, mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan memperkuat keamanan energi.

10.2.2 Sumber dan Ciri-Ciri Energi Terbarukan

Energi terbarukan biasanya berasal dari sumber daya alam seperti sinar matahari, angin, air, biomassa atau limbah organik, dan panas bumi. Umumnya, sumber daya alam tersebut bisa didapatkan secara gratis dan didaur ulang lagi.

Menurut Tim PPPPTK BMTI (2015) Adapun ciri-ciri dari energi terbarukan yaitu:

1. Bersumber dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui.
2. Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
3. Lebih ramah lingkungan dan menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah.
4. Daur ulang dana investasi dan biaya operasional.
5. Bisa meningkatkan keamanan, kemandirian, dan ketersediaan energi.

10.2.3 Dampak dari Energi Terbarukan

1. Dampak positif (Mariana, 2023).
 - a. Mengurangi emisi gas rumah kaca
 - b. Mengurangi ketergantungan pada energi fosil
 - c. Menjaga stok energi dunia yang lebih lama
 - d. Pengurangan biaya energi dan penghematan lingkungan
2. Dampak negatif (Kong, 2013).
 - a. Dibutuhkan lahan yang luas dan khusus
 - b. Sebagian energi terbarukan masih memerlukan bahan non renewable
 - c. Kapasitas produksi energi terbatas
 - d. Dampak berdampak pada ekosistem bila tidak dilakukan dengan tepat dan benar

Kelebihan energi terbarukan dibanding energi tak terbarukan termasuk ramah lingkungan, lebih sedikit emisi gas

rumah kaca, dan bisa dihasilkan dari sumber daya lokal untuk mengurangi ketergantungan pada impor energi.

10.2.4 Potensi Sumber Energi Terbarukan yang Ada di Indonesia

Energi terbarukan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui atau terus diproduksi oleh alam secara terus menerus. Di Indonesia, contoh energi terbarukan yang paling banyak dipergunakan adalah energi matahari, angin, air, dan geothermal. Pemanfaatan teknologi dari energi terbarukan ini semakin maju, seperti pembangkit listrik tenaga surya, turbin angin, dan pembangkit listrik tenaga air.



Gambar 10.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Minahasa, Terbesar di Indonesia
(sumber : <https://asiatoday.id>)



Gambar 10.3. Turbin Kincir Angin di Sidrap, Sulawesi Selatan, Indonesia

(sumber : <https://bisniswisata.co.id>)



Gambar 10.4. PLTA Kayan : Pembangkit Listrik Tenaga Air Terbesar di Indonesia

(sumber : <https://freecaretips.com>)

Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar, karena Indonesia berada di wilayah tropis yang memiliki sinar matahari, angin, dan air yang cukup intens. Namun, perbedaan antara energi terbarukan dan energi tak terbarukan terletak pada sifat dari sumber daya. Energi tak terbarukan seperti minyak bumi dan gas alam memiliki keterbatasan yang akhirnya akan habis, sementara energi terbarukan tidak memiliki batasan dan selalu tersedia (Afif and Martin, 2022).



Gambar 10.5. Potensi Energi Terbarukan dan Telah di Manfaatkan di Indonesia
(sumber : <https://www.goodnewsfromindonesia.id>)

Pemanfaatan sumber energi yang terus menerus tanpa adanya kekhawatiran terhadap kehabisan sumber daya merupakan solusi bagi keberlangsungan hidup manusia. Oleh

karena itu, energi terbarukan dan bioenergi semakin populer sebagai alternatif energi yang bersih dan ramah lingkungan

10.3 Bioenergi

Sementara itu, bioenergi adalah energi yang dihasilkan dari bahan organik seperti dedaunan, kayu, atau limbah organik lainnya. Jenis-jenis penggunaan bioenergi antara lain biofuel, biogas, dan biomassa. Potensi bioenergi di Indonesia sangat besar, terutama dari sisa-sisa tanaman dan limbah organik seperti limbah pertanian dan limbah makanan (Putra, Safrizal and Marullah, 2020).

Kendati demikian, penggunaan bioenergi juga memiliki keuntungan dan kerugian. Keuntungan dari penggunaan bioenergi adalah dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Namun, penggunaan bioenergi juga memiliki kerugian, antara lain masalah lingkungan seperti penggunaan lahan dan penggunaan pestisida yang berlebihan (Angriani, 2017).

Tantangan terbesar dalam menggunakan energi terbarukan dan bioenergi adalah biaya yang masih cukup mahal dan kurang dikenal oleh masyarakat luas. Namun, dengan kebijakan yang tepat serta pengembangan teknologi yang lebih canggih, diharapkan energi terbarukan dan bioenergi bisa menjadi alternatif utama energi di masa depan

10.3.1 Peran dan Keunggulan Bioenergi

Bioenergi memainkan peran penting dalam mengurangi ketergantungan negara pada energi impor, mengurangi emisi gas rumah kaca, serta membuka peluang usaha baru di berbagai sektor. Arah-arahan utama pengembangan bioenergi meliputi pengembangan teknologi, pengaturan kebijakan, serta kerjasama dalam pengembangan produksi, distribusi dan penggunaan bioenergi.

Keunggulan bioenergi adalah sebagai sumber energi terbarukan, bioenergi mampu membantu mengurangi ketergantungan pada energi fosil, mengurangi emisi gas rumah

kaca, membuka peluang usaha baru, serta meningkatkan kemandirian energi.

10.3.2 Biomassa Sebagai Energi Terbarukan

Biomassa adalah bahan organik yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Biomassa dapat berasal dari limbah pertanian, limbah makanan, sawit, kayu, dan sebagainya. Pemanfaatan biomassa sebagai energi terbarukan adalah alternatif yang baik untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

10.3.3 Produksi Bioenergi Berbasis Bioteknologi

Proses produksi bioenergi berbasis bioteknologi meliputi fermentasi dan enzimatis. Dalam fermentasi, biomassa diolah menggunakan mikroorganisme tertentu, sedangkan dalam enzimatis, biomassa diolah menggunakan enzim khusus. Keduanya adalah proses yang efektif dalam menghasilkan bioenergi yang ramah lingkungan (Hidayat *et al.*, 2021).

10.3.4 Pengembangan Bioenergi di Indonesia

Indonesia memiliki potensi yang besar dalam pengembangan bioenergi seperti biomassa dan limbah organik. Namun, pengembangan bioenergi masih terhambat oleh biaya produksi yang tinggi, kesadaran masyarakat yang masih terbatas, serta peran pemangku kepentingan yang masih kurang.

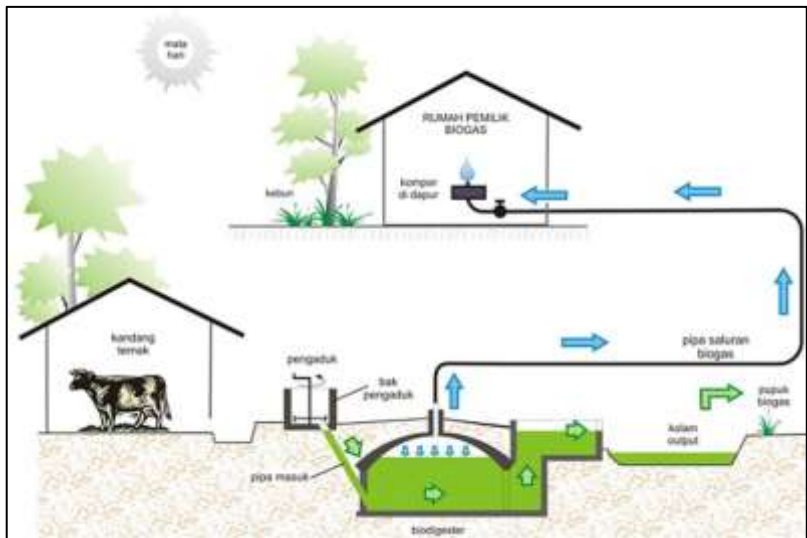
Bioenergi dapat dihasilkan dari sektor pertanian seperti biomassa, limbah pertanian, dan limbah organik. Penggunaan bioenergi dalam pertanian dapat membantu dalam mengatasi persoalan limbah pertanian dan menjamin keberlanjutan produksi pangan (Arista, 2022).

10.4 Jenis-Jenis Bioenergi

A. Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik oleh bakteri. Biogas mengandung utamanya metana (CH_4) dan juga karbon dioksida (CO_2). Biogas

dihasilkan dari limbah organik seperti limbah peternakan, limbah pertanian, dan limbah dari rumah tangga (Luthfianto, 2011). Proses untuk memproduksi biogas melibatkan penguraian bahan organik menggunakan bakteri anaerob. Biogas memiliki peran penting dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk memproduksi listrik atau pemanas (Utami and others, 2022).

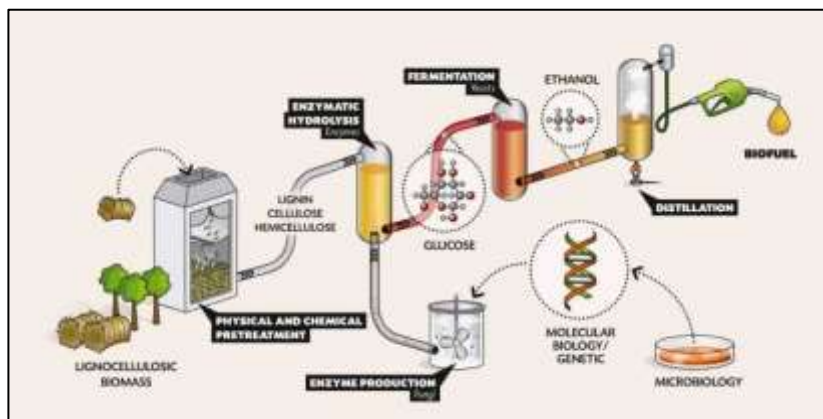


Gambar 10.6. Proses Pembuatan Biogas
(sumber: <https://2.bp.blogspot.com>)

B. Bio metana

Biometana adalah gas yang dihasilkan dari proses pengolahan biogas sehingga menghasilkan kandungan metana yang lebih murni. Biometana digunakan sebagai sumber energi alternatif yang disimpan dan didistribusikan melalui jaringan pipa gas. Proses pengolahan biogas menjadi biometana meliputi pemurnian dan penghilangan gas oleh karbon dioksida karena biometana harus memiliki kadar metana yang tinggi. Biometana dapat digunakan untuk memproduksi listrik atau sebagai sumber bahan

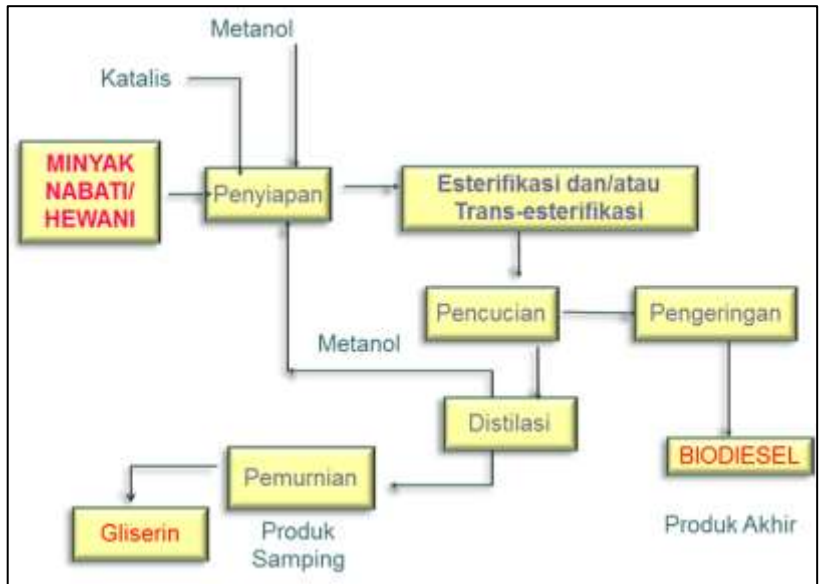
bakar kendaraan yang ramah lingkungan (Bazliah *et al.*, 2020).



Gambar 10.7. Proses Pembuatan Biometana (Biofuel)
(Sumber: <https://assets.kompasiana.com>)

C. Biodiesel

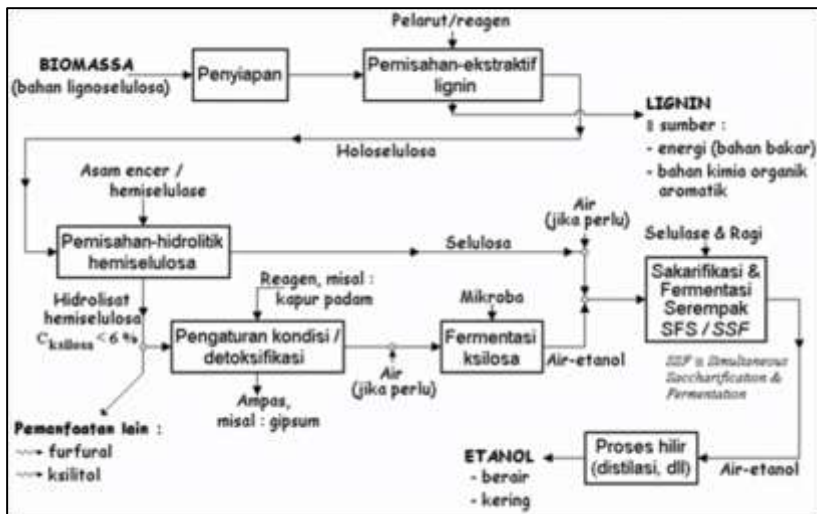
Biodiesel adalah bahan bakar yang dibuat dari minyak nabati atau hewan. Biodiesel mengandung ester yang dihasilkan oleh proses pemisahan gliserol dari minyak dan campuran dengan alkohol. Bahan baku dari biodiesel adalah minyak kelapa sawit, kedelai, jarak, dan sebagainya. Proses pembuatan biodiesel melalui proses transesterifikasi di mana minyak nabati atau lemak dicampur dengan alkohol dan katalis sehingga terbentuk ester dan gliserol. Biodiesel dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil seperti solar atau diesel (Nurul Hikmah and Zuliyana, 2010).



Gambar 10.8. Proses Pembuatan Biodiesel
(sumber: <https://ebtke.esdm.go.id>)

D. Bioethanol

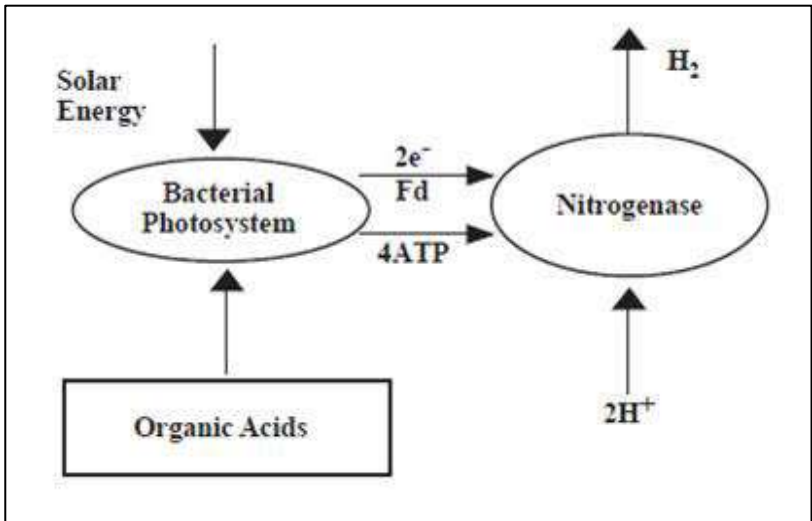
Bioetanol adalah bahan bakar yang terbuat dari mengubah gula dari bahan organik menjadi alkohol. Bioetanol dapat dibuat dari bahan-bahan seperti tebu, jagung, singkong, dan sebagainya. Proses produksi bioetanol dimulai dengan menghancurkan bagian-bagian tanaman yang mengandung gula seperti buah-buahan atau pati. Kemudian, bahan tersebut difermentasi dengan ragi atau bakteri yang dapat mengubah gula menjadi alkohol. Bioetanol dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar mobil, sumber produksi listrik, dan pemanas (Kong, 2013).



Gambar 10.9. Proses Pembuatan Bioethanol
(sumber: <https://th.bing.com>)

E. Biohidrogen

Biohidrogen adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri yang memecah molekul air. Gas hidrogen dihasilkan selama proses pemecahan molekul air oleh bakteri tertentu. Biohidrogen tidak terdapat secara alami dan memerlukan proses produksi yang melibatkan spesies bakteri tertentu (Chotimah, 2010). Proses produksi biohidrogen melalui fermentasi mikrobial dan proses proses perkembangan enzim bakteri yang melarutkan selulosa dalam biomassa. Biohidrogen memiliki potensi sebagai bahan bakar yang umumnya bersih dan berkelanjutan untuk memproduksi energi. Namun, produksi biohidrogen masih dalam tahap pengembangan dan masih relatif mahal dan belum komersial (Nurhadianty *et al.*, 2018).



Gambar 10.10. Proses Pembuatan Biohidrogen melalui Pemanfaatan Biomassa
(sumber: <https://th.bing.com>)

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, F. and Martin, A. 2022. 'Tinjauan potensi Dan Kebijakan energi surya di Indonesia', *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 6(1), pp. 43–52.
- Angriani, N. 2017. 'Pemanfaatan Gas Metana Sampah Sebagai Energi Terbarukan (Studi Kasus TPA Puwatu Kendari)', *Makassar: Universitas Hasanuddin*.
- Arista, N. I. D. 2022. 'Konsep Ekonomi Sirkular Pada Industri Tekstil Alami: On Farm--Off Farm Budidaya Tarum Sebagai Pewarna Alami', in *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture*, pp. 524–532.
- Bazliah, D. et al. 2020. 'Pra Desain Pabrik Pembuatan Biometan dan PCC dari Vinasse Limbah Pabrik Bioetanol', *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering (JFACHE)*, 1(1), pp. 14–17.
- Chotimah, S. N. 2010. 'Pembuatan biogas dari limbah makanan dengan variasi dan suhu substrat dalam biodigester anaerob'.
- Hidayat, N. et al. 2021. *Teknologi Mikrobial*.
- Kong, G. T. 2013. *Peran biomassa bagi energi terbarukan*. Elex Media Komputindo.
- Luthfianto, D. 2011. 'Pengaruh macam limbah organik dan pengenceran terhadap produksi biogas dari bahan biomassa limbah peternakan ayam'.
- Mariana, K. 2023. 'PERANAN ETIKA BISNIS DALAM MENGHADAPI GLOBAL WARMING DI ERA GLOBALISASI', *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(01), pp. 30–35.
- Noor, F. M. and Rahman, A. F. 2023. 'Studi Penerapan Integrasi Sumber Energi Baru Terbarukan dengan Smart grid dan Sistem Pengendalian SCADA', in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 526–532.
- Nurhadianty, V. et al. 2018. *Pengantar Teknologi Fermentasi Skala Industri*. Universitas Brawijaya Press.

- Nurul Hikmah, M. and Zuliyana, Z. 2010. *Pembuatan metil ester (biodiesel) dari minyak dedak dan metanol dengan proses esterifikasi dan transesterifikasi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik.
- Paul, W. 2023. 'TRANSISI SUMBER ENERGI BERSIH TERBARUKAN (EBT) DALAM KELANGSUNGAN EKONOMI DI INDONESIA', *Jurnal Al-Amar: Ekonomi Syariah, Perbankan Syariah, Agama Islam, Manajemen dan Pendidikan*, 4(1), pp. 23–35.
- Putra, R. A., Safrizal, M. P. and Marullah, D. 2020. 'PEMANFAATAN DAN PENGELOLAAN ENERGI BARU TERBARUKAN DARI LIMBAH KULIT KOPI BERBASIS POTENSI MASYARAKAT DI KABUPATEN BENER MERIAH, ACEH'.
- Tim PPPPTK BMTI, T. P. B. 2015. 'Modul pengembangan keprofesian berkelanjutan konvermasi energi biomassa paket keahlian teknik energi biomassa serta program keahlian teknik energi terbarukan kelompok kompetensi 2'.
- Utami, W. G. and others. 2022. *PENENTUAN KONSTANTA KINETIKA DAN ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN PADA PROSES PRODUKSI BIOGAS DARI SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA*. PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN.
- Wijayanti, M. D. 2023. *Energi Biomassa*. Bumi Aksara.

BAB 11

PENCEMARAN LINGKUNGAN, BIOREMEDIASI, PERUBAHAN LINGKUNGAN, DAN PEMANASAN GLOBAL (GLOBAL WARMING)

Oleh Almira Ulimaz

11.1 Pendahuluan tentang Pencemaran Lingkungan, Bioremediasi, Perubahan Lingkungan dan Pemanasan Global atau Global Warming.

Bagi seseorang yang lahir dan tinggal di Kalimantan, mungkin sudah tidak asing mendengar orang-orang yang mengatakan bahwa Kalimantan itu isinya hanya hutan belantara (dalam konteks sebagai suatu candaan). Mereka yang tidak pernah berkunjung sama sekali ke pulau Kalimantan, mungkin sedikit banya berpikir bahwa di Kalimantan tidak ada peradaban manusia. Hal ini sedikit banyak disebabkan karena semenjak kecil, saat belajar di sekolah, pulau ini yang selalu disebut sebagai "paru-paru " dunia.

Istilah pulau Kalimantan yang disebut sebagai paru-paru dunia tidak terlepas dari ukuran luas pulau. Borneo adalah pulau terbesar di negara Indonesia. Faktanya, dulu saat pulau Borneo tidak seperti saat ini, memang di pulau ini terdapat banyak kawasan hijau seperti hutan hujan tropis. Akan tetapi sekarang, sangat disayangkan, istilah tersebut sepertinya sudah kurang pas bagi pulau Borneo (Kalimantan).

Alih-alih menjadi paru-paru dunia, sekarang ini pembangunan di pulau Borneo sangatlah pesat. Pembangunan disini merupakan bentuk peradaban manusia yang semakin maju dimana jumlah penduduk yang kian bertambah serta masih banyaknya lahan kosong dimana-mana jika dibandingkan

dengan pulau seberang (pulau Jawa) yang sudah amat sangat padat penduduknya. Hal ini sebetulnya merupakan suatu kemajuan dalam suatu wilayah terkait untuk jumlah pertumbuhan penduduk dan persebaran warga negara Indonesia yang merata. Akan tetapi, dampaknya bagi lingkungan menjadi kurang baik. Seiring dengan jumlah penduduk yang terus bertambah maka semakin banyak pulang sampah yang akan dihasilkan, Hal ini juga akan membawa dampak perubahan besar pada kondisi lingkungan tempat manusia itu tinggal (Ulimaz & Lestari, 2019).

Lingkungan yang terus berubah, akhirnya merubah kondisinya menjadi yang awalnya bisa disebut sebagai "paru-paru" sehat dunia sekarang "paru-paru" tersebut sedang "jatuh sakit". Bahkan saat ini sakitnya menjadi semakin parah akibat pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan tentu saja terjadi karena dampak dari majunya pembangunan serta kian bertambahnya jumlah penduduk di sana. Hal ini karena ada hubungan linieritas atau kesinambungan antara jumlah penduduk dengan jumlah sampah atau limbah yang dihasilkan di dalam suatu wilayah (Ulimaz A. , *The Potential Recycling of Plastic Waste in North Banjarbaru District*, 2016).

Jumlah sampah atau limbah yang dihasilkan di dalam suatu wilayah pasti berbanding lurus dengan jumlah penduduk yang tinggal di dalamnya. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan juga pada kondisi pencemaran lingkungan yang ada di sana. Pokok permasalahan lingkungan sekarang ini adalah dan akan selalu berujung kepada yang namanya pencemaran. Pencemaran lingkungan di sini bahkan sudah ada dan berdampak di berbagai lini kehidupan manusia. Pencemaran yang paling terasa saat ini adalah pencemaran di udara dan pencemaran di air. Selain itu pencemaran di tanah juga semakin parah dengan banyaknya air yang sudah tercemar oleh limbah (baik itu industri dan terutama limbah rumah tangga) yang tentu saja akan berdampak ke tanah tempat berbagai macam hewan dan tumbuhan hidup dan bergantung di sana (Kuswoyo & Ulimaz, 2022).

Pencemaran lingkungan yang terjadi sekarang baik di air, di tanah, maupun di udara adalah tanggung jawab bersama yang tidak bisa dilimpahkan kesalahannya hanya kepada pemerintah atau kepada penduduk. Hal ini karena dampak ke perubahan lingkungan yang terjadi akan dirasakan oleh semua orang dan semua aspek kehidupan. Dampak paling luar biasa yang sekarang terjadi adalah peningkatan suhu lingkungan yang bisa dibilang sangat signifikan. Perubahan cuaca yang bisa terjadi sangat mendadak, dari yang asalnya panas terik menjadi tiba-tiba hujan deras ataupun sebaliknya.

Perubahan cuaca tersebut yang kemudian akan membawa isu pemanasan global kian menjadi sesuatu yang sangat nyata. Cuaca sekarang menjadi sangat ekstrim, terkadang hujan terjadi tidak pernah berhenti hingga beberapa daerah mengalami banjir padahal selama puluhan tahun tidak pernah banjir. Sebagai contoh, banjir bandang hebat yang terjadi di Kalimantan Selatan pada tahun 2021 lalu dimana hampir seluruh kota dan kabupaten di provinsi ini terendam oleh air. Kota Banjarmasin yang selama 50 tahun tidak pernah mengalami banjir bahkan harus terendam selama hampir satu bulan lamanya di beberapa titik di kota ini. Indonesia bahkan mengumumkan bahwa banjir hebat yang terjadi di Kalimantan Selatan pada tahun 2021 tersebut sebagai bencana nasional sehingga seluruh karyawan di instansi negeri maupun swasta di sana harus me "WFH" kan karyawan-karyawannya (WFH = *Work Form Home*). Kejadian ini bisa terjadi tidak lepas dari akibat besarnya perubahan yang terjadi karena pencemaran lingkungan.

Pencemaran lingkungan di seluruh dunia membawa dampak ke perubahan lingkungan yang ujungnya akan menyebabkan terjadinya peningkatan suhu besar-besaran di permukaan bumi. Isu ini biasa diistilahkan sebagai Pemanasan *Global* atau *Global Warming*. Jika suhu bumi semakin meningkat secara signifikan, maka es-es abadi yang ada di daerah kutub akan mengalami pencairan. Jika es-es abadi tersebut mencair, maka seluruh airnya mampu menenggelamkan pulau-pulau

maupun daratan yang didiami oleh makhluk hidup termasuk manusia yang tinggal di atasnya.

Manusia pernah memberikan candaan atau jokes yang terkait dengan isu *Global Warming* ini yakni "Jangan membangun rumah dari kaca" karena akan menambah panas di lingkungan (bumi) meningkat. Candaan yang sekarang disebut sebagai "quote" tersebut sebenarnya tidak salah secara teori tapi pada kenyataannya bukan membangun rumah dari kaca itu yang meningkatkan suhu bumi secara drastis, melainkan pertambahan jumlah penduduk dan seluruh hal yang mengiringinya seperti bertambahnya jumlah lahan hijau yang harus dibakar untuk dibuka menjadi kompleks perumahan dan yang terparah adalah bertambahnya jumlah limbah yang dihasilkan seiring jumlah manusia yang juga ikut terus bertambah.

Lahan hijau terus menerus harus diubah bentuknya dari hutan yang memberikan sumber oksigen melimpah bagi makhluk hidup menjadi perumahan yang disediakan untuk dijadikan tempat tinggal manusia. Cukup sulit untuk mengatasi permasalahan tersebut karena pembatasan jumlah kelahiran manusia melalui program Keluarga Berencana nyatanya tetap menjadikan Indonesia sebagai negara dengan penduduk terpadat no 4 di dunia setelah Tiongkok, India, dan *United States of America* (USA). Belum lagi dampak dari kian bertambahnya jumlah penduduk yang padahal sudah diprogram untuk dibatasi angka kelahiran anak pada tiap pasangan yang memutuskan untuk menikah, dampak tersebut jelas sekali adalah semakin parahnya tingkat pencemaran pada lingkungan akibat dari limbah dan sampah yang dihasilkan oleh manusia (limbah tinja) dan oleh tindakan manusia (industri dan lainnya).

Tingginya tingkat pencemaran lingkungan yang terjadi saat ini, utamanya adalah karena semakin bertambahnya jumlah penduduk dan hal-hal yang mengiringinya seperti pembukaan lahan, kendaraan bermotor, sampah rumah tangga dan industri. Akan tetapi, hal ini juga yang membuat manusia kemudian berusaha untuk mempelajari dan kemudian mencoba untuk mempelajari hal-hal yang bisa dilakukan untuk mengurangi

tingkat pencemaran lingkungan tersebut agar tidak semakin tinggi. Melalui teknologi dan ilmu pengetahuan saat ini yang semakin canggih dan mudah diakses, maka manusia menemukan beberapa cara untuk bisa membantu bumi serta lingkungan agar kondisinya tidak semakin buruk akibat pencemaran.

Salah satu teknik atau langkah yang mulai dicetuskan oleh manusia untuk membantu alam memperbaiki kondisinya adalah dengan cara memanfaatkan organisme golongan mikroba sebagai pengurai berbagai zat ataupun senyawa berbahaya yang terdapat pada sampah maupun limbah menjadi senyawa yang tidak berbahaya dan aman bagi lingkungan. Teknik ini diistilahkan sebagai "Bioremediasi". Langkah-langkah yang ada dalam bioremediasi secara umum dipelajari dalam suatu cabang ilmu Biologi (ilmu Hayat) terkhusus yakni Mikrobiologi. Mikroba yang digunakan dalam teknik dan proses Bioremediasi pada awalnya dapat dipelajari melalui pembelajaran mengenai Mikrobiologi yang kajiannya ada di dalam ranah bidang ilmu Biologi (Ulimaz, Yunus, Suanda, Lestari, & Agustina, 2022).

11.2 Apa Itu Pencemaran Lingkungan?

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kata cemar merupakan kata dasar dari kata pencemaran. Dalam KBBI, cemar artinya kotor atau ternoda sedangkan ketika kata cemar tersebut diberi awalan pen- dan akhiran -an, maka artinya menjadi proses, cara, atau perbuatan mencemari atau mencemarkan. Pencemaran juga didefinisikan oleh KBBI sebagai pengotoran yang berkaitan dengan lingkungan. Lingkungan sendiri diterjemahkan oleh KBBI sebagai jalan di dalam kampung. Akan tetapi dalam konteks luas, tentu saja artinya adalah jalan area yang ada di permukaan bumi.

Pencemaran lingkungan secara harfiah (kata demi kata) berarti dapat dimaknakan sebagai tindakan atau perlakuan dalam bentuk pengotoran yang dilakukan terhadap lingkungan (dalam hal ini berarti bumi tempat tinggal manusia, hewan, dan tumbuhan). Pencemaran lingkungan merupakan tindakan tidak

terpuji yang dalam hukum agama maupun hukum negara juga tidak diperbolehkan. Pencemaran lingkungan sendiri dapat digolongkan sebagai aksi merusak bumi.

Dalam ranah keilmuan Biologi Lingkungan, pencemaran lingkungan atau *environmental pollution* diartikan sebagai polusi. Polusi merupakan tindakan berupa aksi pengotoran yang dilakukan terhadap air, udara, tanah, dan hal-hal lain yang terdapat dan ada di lingkungan (dalam dan permukaan bumi). Artik lain menyebutkan bahwa pencemaran lingkungan merupakan suatu proses kontaminasi (masuknya) komponen fisis maupun biologis dari suatu sistem yang terdapat di bumi dan atmosfer (lapisan udara yang menyelubungi bumi sampai dengan ketinggian kurang lebih tiga ratus kilometer) sehingga dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem (keanekaragaman suatu komunitas yang saling berinteraksi) yang ada di lingkungan (bumi).

Pencemaran lingkungan dibagi menjadi lima jenis, yaitu:

1. Pencemaran Air
2. Pencemaran Tanah
3. Pencemaran Udara
4. Pencemaran Suara
5. Pencemaran Radiasi

11.2.1 Pencemaran Air

Air merupakan komponen abiotik (tak hidup) kehidupan paling penting setelah oksigen. Keberadaan air di bumi ini harus dijaga karena tidak ada makhluk hidup yang bisa bertahan hidup terus menerus tanpa mengkonsumsi air. Air diperlukan oleh semua organisme dari yang tingkat tinggi seperti manusia, hewan, dan tumbuhan hingga ke organisme tingkat rendah seperti jamur dan bakteri (mikroba). Tubuh manusia sendiri tujuh puluh persen lebih terdiri dari komponen air.

Saking pentingnya nilai kebermanfaatan air, maka sebisa mungkin harus dijaga agar tidak tercemar. Bumi sendiri memiliki luas permukaan yang mengandung air di permukaan lebih dari luas permukaan daratannya dan sayangnya sebagian besar didominasi oleh air asin (lautan) yang tidak bisa

dikonsumsi oleh manusia dan hewan. Air tawar di bumi jumlahnya jauh lebih kecil dibandingkan air asin, sedangkan pengonsumsi air ini semakin bertambah jumlahnya dari tahun ke tahun.

Air yang ada di permukaan bumi, saat ini kondisinya semakin tercemar. Begitu banyak polusi yang mengendap di dalamnya. Tumpukan sampah di air laut banyak membuat biota laut menjadi rusak sehingga ekosistemnya pun turut terganggu. Air tawar (air sungai, danau dan waduk) juga ikut tercemar, dimana biasanya manusia suka sekali tinggal di dekat sungai. Semakin banyak manusia yang tinggal dekat sungai maka semakin sempit sungainya akibat banyaknya rumah penduduk dan semakin kotor airnya akibat limbah tinja yang mengalir ke sana.



Gambar 11.1. Pencemaran Air (Patrick, 2016)

(Sumber: Patrick, 2016. Pencemaran Limbah Industri Terhadap Air Sungai di Indonesia. [Online] Available at: <https://www.tanindo.net/filter-air-sungai-menangulangi-pencemaran-limbah/>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Maraknya industri dan perusahaan yang membuang limbah sisa kegiatan industrinya juga menjadi penyebab utama tercemarnya perairan. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan tahun 2015 lalu, terdapat informasi yang menyatakan

bahwa 68% sungai–suangai di Indonesia sudah masuk dalam kategori tercemar berat dan 24% nya masuk dalam kategori tercemar sedang. Hanya 6% yang masuk dalam kategori tercemar ringan dan tinggal 2% saja lagi yang termasuk ke dalam standar baku mutu air layak guna.

Tercemarnya air sungai dikarenakan adanya zat pencemar atau polutan yang masuk ke dalam badan air. Adapun contoh polutan tersebut seperti sampah plastik, sampah organik (limbah tinja termasuk ke dalam jenis ini), limbah industri, bahan–bahan kimia berbahaya, dan bahan pencemar lainnya seperti logam dan limbah medis. Polutan seperti ini sangat berbahaya jika masuk ke dalam tubuh makhluk hidup (manusia, hewan, dan tumbuhan).

Ada beberapa cara agar pencemaran air dapat dikendalikan (untuk dihentikan sepertinya hampir tidak mungkin karena sudah terjadi dalam jangka panjang). Beberapa diantaranya adalah dengan proses penyaringan air sebelum diolah untuk dikonsumsi. Filtrasi atau penyaringan air ini bisa menggunakan cara manual seperti penelitian yang dilakukan oleh (Kuswoyo & Ulimaz, 2022) untuk mendapatkan air yang layak dalam proses pengolahan limbah cair rumah tangga.

11.2.2 Pencemaran Tanah

Tanah dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI) diartikan sebagai permukaan bumi atau lapisan bumi yang letaknya paling atas. Tanah merupakan tempat tinggal semua makhluk yang ada di bumi. Ada yang tinggal di atas permukaannya seperti manusia dan beberapa jenis hewan serta sebagian besar tumbuhan tingkat tinggi. Ada juga yang tinggal didalamnya seperti beberapa hewan maupun tumbuhan tingkat rendah. Tanah menjadi salah satu komponen penting dalam kehidupan hampir semua organisme. Faktanya selama ini, manusia hanya bisa membangun rumah dan tinggal di dalam rumah yang dibangun di atas suatu lahan (tanah).

Tanah yang bagus untuk dijadikan tempat tinggal tentu saja adalah tanah yang tidak tercemar oleh zat polutan. Pencemaran tanah sendiri didefinisikan sebagai suatu kondisi

dimana lahan atau tanah terkontaminasi oleh zat-zat kimia atau bahan-bahan berbahaya lainnya yang dapat merusak kualitas dan keberlangsungan hidup organisme yang hidup bergantung dengannya. Pencemaran tanah biasanya terjadi karena adanya sampah dan limbah yang dibuang di atasnya atau adanya kebocoran limbah cair yang merupakan bahan kimia industri misalnya pestisida dari limbah industri pupuk.

Sampah atau limbah yang berasal dari rumah tangga juga dapat menjadi zat pencemar tanah. Sampah yang ditimbun hingga menjadi bertumpuk-tumpuk dan sangat banyak, ditambah lagi limbah rumah tangga tersebut tidak pernah ada proses pengolahan disana akan semakin memperparah kondisi tanah yang dijadikan sebagai tempat timbunan sampah tersebut. Hal ini karena sampah, lama-lama akan membusuk, dan zat-zat berbahaya dari pembusukan sampah tersebut lambat laun masuk ke dalam pori-pori tanah.



Gambar 11.2. Pencemaran Tanah (Nasution, 2012)

(Sumber: Nasution, Arif Zulkifli, 2012. Pencemaran Tanah atau *Soil Pollution*. [Online] Available at:

<https://bangazul.com/pencemaran-tanah/>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Ada beberapa solusi yang ditawarkan untuk mengontrol tingkat pencemaran pada tanah agar tidak menjadi semakin parah. Solusi yang pertama adalah dengan tidak membuang sampah di atas tanah secara langsung. Tidak bisa dipungkiri,

sampah yang biasanya menumpuk di atas tanah dalam waktu lama, itu adalah hasil perbuatan manusia. Bukankah akan lebih bijaksana jika manusia mulai membiasakan diri untuk selalu membuang sampah pada tempatnya dengan terlebih dahulu memilah dan memilih sampah tersebut berdasarkan jenisnya.

Solusi tersebut terdengar klise, tapi dampaknya bisa sangat besar jika seluruh penduduk menerapkan hal tersebut. Memisahkan sampah yang mudah terurai dengan sampah yang tidak mudah terurai merupakan aksi kecil yang berdampak besar bagi keberlangsungan hidup manusia. Jika memungkinkan bahkan sampah yang masih bisa dimanfaatkan sebaiknya didaur ulang saja, misalnya sampah organik yang bisa digunakan kembali sebagai bahan utama pembuatan pupuk kompos atau pupuk organik.

11.2.3 Pencemaran Udara

Seperti yang telah dibahas dalam sub sub bab 11.2.1 tentang pencemaran air, ada komponen yang satu tingkat lebih penting daripada air itu sendiri bagi kehidupan manusia. Komponen tersebut adalah oksigen untuk manusia bernafas. Oksigen ada di dalam udara yang setiap hari hewan maupun manusia hirup untuk menyambung hidup dari detik ke detik hingga akhir hayat.

Oksigen yang terdapat dalam udara bergabung bersama komponen zat lainnya yang juga berbentuk gas seperti CO_2 atau karbondioksida, CO atau karbonmonoksida, N atau nitrogen, dan sedikit H atau hidrogen. Gas-gas tersebut bergabung di udara membentuk zat yang tidak terlihat oleh mata. Tidak seperti tanah dan air yang bentuk fisiknya bisa dilihat oleh mata telanjang. Sayangnya, saat ini udara di permukaan bumi, khususnya di Indonesia dan beberapa negara padat penduduk lainnya, sudah sedikit sekali yang masih bisa masuk ke dalam standar mutu udara layak hirup.

Pencemaran yang terjadi di udara juga sebenarnya adalah hasil aktifitas manusia. Seperti yang telah diterangkan sebelumnya, semakin banyak penduduk, maka semakin banyak limbah yang dihasilkan. Teknologi saat ini yang semakin

canggih, membuat banyak kemajuan di bidang IT dan Otomotif. Hal ini juga membuat semakin banyak kendaraan bermotor yang diciptakan oleh manusia.

Kendaraan bermotor seperti mobil, sepeda motor, kereta api, dan bahkan pesawat terbang sekalipun, semuanya menghasilkan gas beracun berbahaya yang akhirnya tercampur di udara dan menjadi polutan utama di dalamnya. Bahkan saat ini ada berita yang menginformasikan bahwa, orang-orang yang tinggal di Jakarta pada tahun 2023 ini setiap harinya bernafas setara dengan menghisap asap rokok dari 30 batang rokok yang menyala. Saking tercemarnya udara di Jakarta, bahkan saat pandemi COVID-19 sudah dinyatakan sebagai endemi, orang-orang yang tinggal disana tetap setia memakai masker saat mereka keluar rumah untuk bepergian dan bekerja ke kantor.



Gambar 11.3. Pencemaran Udara (Danardi, 2019)
(Sumber: Danardi, Septian, 2019. Buruknya Kualitas Udara Jakarta, Bergantung Komitmen Pemda DKI. [Online] Available at: <https://coaction.id/buruknya-kualitas-udara-jakarta-bergantung-komitmen-pemda-dki/>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Sumber polusi udara di wilayah ibukota negara Republik Indonesia dan mungkin hampir di semua wilayah padat

penduduk seperti di wilayah DKI Jakarta adalah gas hasil pembuangan dari transportasi darat, pembangkit listrik dan pemanas, pembakaran industri, dan pembakaran domestik. Kemudahan akses untuk mendapatkan kendaraan bermotor di Indonesia membuat banyak penduduknya berlomba-lomba ingin memiliki kendaraan pribadi yang bisa digunakan dengan bebas (tanpa harus meminjam ke orang lain). Dalam satu keluarga di satu rumah saja, yang misalkan anggotanya ada 4 orang, satu ayah, satu ibu, dan dua anak, setiap dari mereka saat ini setidaknya memiliki 1 unit sepeda motor sendiri.

Selain kendaraan bermotor seperti sepeda motor dan mobil, hasil pembakaran industri dan domestik juga menjadi polutan terbesar di udara. Limbah pabrik yang dibuang ke udara pada akhirnya akan bercampur dengan udara yang dihirup oleh warga meskipun lokasi pabriknya sudah berada cukup jauh dari hunian penduduk. Selain itu, warga juga terkadang masih berinisiatif untuk membakar sampahnya sendiri dimana asap pembakaran sampah tersebut juga sangat berbahaya jika terhidup ke dalam sistem pernafasan.

Beberapa solusi yang bisa ditawarkan untuk mengontrol tingkat pencemaran udara agar tidak menjadi semakin parah antara lain yang pertama dan mungkin yang utama adalah dengan membuat regulasi atau sistem kepemilikan kendaraan bermotor yang lebih ketat. Hal ini bertujuan agar tidak semua orang bisa dengan mudah mendapatkan akses untuk membeli sepeda motor atau mobil. Hanya orang-orang yang sudah memenuhi syarat tertentu yang bisa memiliki kendaraan bermotor. Jika sistem ini diterapkan tentu saja ada pro dan kontra, akan tetapi sedikit banyak sangat membantu mengurangi jumlah asap yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor.

Selain itu, pemerintah perlu mencanangkan dan merealisasikan penggunaan energi baru pengganti energi fosil (energi fosil ini yang digunakan sebagai bahan bakar dalam kendaraan bermotor) misalnya dengan energi surya. Penggunaan bahan bakar fosil dan batu bara memang terbilang lebih murah akan tetapi dampaknya menjadi sangat berbahaya

ke lingkungan. Selain energinya bisa habis dan tidak terbarukan secara alami di alam, hasil pembakarannya juga menjadi polutan utama di udara.

11.2.4 Pencemaran Suara

Suara atau bunyi diartikan dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI) sebagai bunyi yang dikeluarkan dari mulut manusia seperti pada saat becakap-cakap. Akan tetapi secara umum, bunyi merupakan suara yang ditimbulkan oleh aktifitas suatu benda (baik benda hidup seperti manusia dan hewan, bisa juga benda mati seperti alat musik). Suara atau bunyi ternyata juga bisa mengalami pencemaran atau polusi. Pencemarannya biasanya disebabkan oleh keberadaan suatu atau banyak benda yang mengeluarkan suara atau bunyi yang sangat keras sehingga dianggap cukup mengganggu ketentraman/kesejahteraan lingkungan serta makhluk hidup yang tinggal di lingkungan tersebut contohnya suara kendaraan bermotor, suara pabrik, suara petir dan suara kereta api.



Gambar 11.4. Pencemaran Suara (Inkindo, 2023)

(Sumber: Inkindo, Kadin, 2023. Polusi Suara: Pengeritan, Jenis, dan Dampaknya. [Online] Available at:

<https://eticon.co.id/polusi-suara/>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Bagi yang pernah mengunjungi negara India, pasti sulit untuk tidak mengalami *culture shock* saat tinggal di kota besarnya. Salah satu *culture shock* yang mungkin dialami adalah kaget dengan penduduk India yang selalu membunyikan klakson dengan nyaring dan secara terus menerus. India sendiri merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar no 2 setelah Tiongkok, dimana jumlahnya sekitar 1,2 milyar jiwa. Dengan jumlah penduduk sebanyak itu, bisa dibayangkan betapa banyak kendaraan bermotor yang setiap hari lalu lalang di kota besarnya dengan bunyi klakson yang saling bersahutan.

Bunyi dari kendaraan bermotor itulah yang menjadi salah satu dan mungkin satu-satunya polutan dengan kontribusi paling besar dalam pencemaran suara. Banyak dampak dari pencemaran suara ini jika tidak segera diatasi. Adapun beberapa dampaknya antara lain seperti gangguan pendengaran, gangguan tidur, menurunnya daya tahan tubuh akibat stres mendengar bunyi-bunyian nyaring setiap harinya, gangguan daya ingat, gangguan panik dan gangguan tumbuh kembang pada anak serta remaja. Beberapa sumber bahkan menyebutkan bahwa terlalu sering mendengar suara bising erat kaitannya dengan peningkatan resiko fibrilasi atrium yang merupakan kondisi saat denyut jantung menjadi tidak beraturan dan akibatnya seringkali jantung berdetak menjadi lebih cepat dari biasanya.

Beberapa solusi yang ditawarkan untuk mengontrol pencemaran suara agar tidak menjadi semakin parah salah satunya seperti yang telah disebutkan di sub sub bab 11.2.3 tentang solusi pencemaran udara. Pengurangan jumlah kendaraan bermotor dan aktifitas bepergian dengan kendaraan pribadi dapat menjadi salah satu solusi yang bisa ditawarkan. Jika pencemaran suara telah berdampak ke kesehatan maka ada baiknya individu yang mengalami hal tersebut bisa segera memeriksakan kesehatannya dan pindah dari lokasi yang bising ke lokasi yang lebih sunyi untuk memulihkan kondisi kesehatannya agar tidak semakin buruk.

11.2.5 Pencemaran Radiasi

Pencemaran radiasi ditambahkan dalam salah satu jenis pencemaran lingkungan karena dampaknya yang begitu besar ke tubuh dan saat ini sepertinya hal tersebut sulit untuk dikontrol, khususnya yang tinggal di kota-kota besar. Pencemaran radiasi sendiri didefinisikan sebagai adanya bahan yang bersifat radioaktif yang memiliki kekuatan radiasi melampaui nilai ambang batas yang sudah ditentukan. Sebagai contoh, misalnya panas yang menimbulkan radiasi panas yang suhunya melebihi temperatur normal di suatu lingkungan.

Adapun penyebab terjadi pencemaran radiasi adalah adanya polutan radioaktif buatan manusia yang bisa berupa ledakan nuklir, pengujian, dan pembuatan senjata nuklir serta pembuangan limbah radiasi. Saat ini, ada beberapa negara yang masih bersengketa dan berperang satu sama lain. Peperangan antar negara tersebut menggunakan berbagai senjata yang diuji coba kemampuan serta efektifitasnya terlebih dahulu sebelum dibawa bertempur. Uji coba tersebut yang menjadi penyumbang polutan dalam pencemaran radiasi, selain dari berbagai uji coba nuklir yang pada akhirnya mengarah pada pelepasan sejumlah besar radiasi di atmosfer.



Gambar 11.5. Pencemaran Radiasi (Arungbudoyo, 2018)

(Sumber: Arungbudoyo, Wikanto, 2018. Reaktor Nuklir AS Bocorkan Zat Radioaktif Akibat Kepanasan. [Online] Available at: <https://news.okezone.com/read/2018/03/27/18/1878769/reaktor-nuklir-as-bocorkan-zat-radioaktif-akibat-kepanasan>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi pencemaran radiasi adalah dengan melakukan penghijauan di muka bumi dengan cara menanam kembali lahan kosong dengan tanaman hijau dan tidak merusak hutan dengan menebangi pepohonan atau bahkan membakar lahannya secara sembarangan. Selain itu bisa juga dilakukan perbaikan air, udara, dan tanah melalui pengurangan pemakaian plastik, parfum, *Air Conditioner* (AC), dan hal-hal lainnya yang menyebabkan lapisan ozon semakin menipis. Radiasi yang sudah terjadi mungkin masih sulit untuk ditanggulangi, akan tetapi yang belum terjadi masih bisa dicegah agar tidak semakin merusak alam.

11.3 Apa Itu Bioremediasi?

ALLAH SWT menciptakan seluruh makhluknya pasti dengan maksud dan tujuan tertentu. Tidak ada yang tidak memiliki peran di dunia ini. Bahkan mikroba yang kecil sekalipun, yang dulu dianggap tidak ada dan tidak berguna, ternyata memiliki manfaat yang luar biasa untuk keberlangsungan hidup umat manusia. Mikroba atau yang biasa disebut sebagai mikroorganisme merupakan golongan organisme yang ukurannya amat sangat kecil dan saking kecilnya, untuk melihat mereka harus menggunakan alat bantu seperti mikroskop.

Penggunaan mikroba saat ini sudah semakin meluas, tidak hanya pada produk makanan yang terfermentasi seperti tempe, tapai, keju, yoghurt. Akan tetapi pemanfaatannya saat ini bahkan telah sampai ke arah pengurangan cemaran atau polutan di bumi. Oleh sebab itu, kemudian lahirlah istilah Bioremediasi.



Gambar 11.6. Suatu Badan Air sebelum dan sesudah di Bioremediasi (Budiyanto, 2011)

(Sumber: Budiyanto, Mochammad Agus Krisno, 2011. Bioremediasi Lingkungan Berpolutan. [Online] Available at: <https://aguskrisnoblog.wordpress.com/2011/01/11/bioremediasi-lingkungan-berpolutan/>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Bioremediasi merupakan pemanfaatan mikroba yang bertujuan untuk mengurangi polutan atau zat pencemar yang ada di lingkungan. Salah satu contoh yang sering dilihat adalah pemanfaatan mikroba yang ada di akar enceng gondok untuk mengurangi kadar polutan yang ada di perairan. Oleh sebab itu, tingkat pencemaran air di sungai dapat terlihat dari keberadaan tanaman enceng gondok tersebut sebagai Bioindikator. Beberapa jenis mikroba yang berperan dalam proses bioremediasi, diantaranya adalah *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Moraxella*, *Acinetobactor*, *Burkholderia* dan *Alcaligenes*.

11.4 Apa Itu Perubahan Lingkungan?

Bagi generasi X (*baby boomer*) dan generasi Y (*millenial*) yang hidup dari zaman belum mengenal teknologi sama sekali hingga pada akhirnya sekarang mengenal kecerdasan buatan (Artificial Intelligence atau AI) tentu banyak sekali perubahan yang bisa dilihat di bumi ini. Cara pandang orang-orang yang terlahir sebagai gen X dan gen Y jelas berbeda sekali dengan cara pandang orang-orang yang terlahir sebagai gen Z yang sudah mengenal teknologi semenjak mereka lahir. Perubahan lingkungan akibat adanya teknologi tersebut juga sangat terasa

baik bagi lingkungan maupun manusia yang tinggal di dalamnya dan mengalami perubahan itu sendiri.

Teknologi dan jumlah penduduk kembali menjadi penyebab utama terjadinya perubahan besar-besaran yang ada di lingkungan (bumi dan alam sekitarnya). Perubahan ini sedikit banyak menyebabkan terjadinya gangguan pada keseimbangan ekosistem organisme makhluk hidup. Oleh sebab itu perubahan lingkungan dapat didefinisikan sebagai adanya perubahan yang terjadi di lingkungan yang menyebabkan terjadinya ketidaksetimbangan lingkungan. Penyebab utamanya adalah faktor alam dan faktor manusia.

Perubahan lingkungan juga dapat diartikan sebagai perubahan yang terjadi pada seluruh faktor biotik (hidup) dan faktor abiotik (faktor tak hidup) yang ada disekeliling manusia. Faktor biotik contohnya adalah manusia, hewan, dan tumbuhan serta mikroba, sedangkan faktor abiotik contohnya tanah, air, cuaca, suhu, dan iklim. Adapun faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan secara drastis antara lain, bencana alam seperti gunung meletus, banjir dan tsunami, serta gempa bumi sedangkan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan secara perlahan namun pasti adalah sampah dan limbah yang dibuang secara sembarangan, penebangan hutan secara liar dan illegal, serta pembakaran lahan secara sengaja.



Gambar 11.7. Gambaran Suatu Lingkungan yang Mengalami Perubahan (Putri, 2020)

(Sumber: Putri, Aditya Widya, 2020. Mengapa Banyak Orang Tak Percaya Perubahan Lingkungan?. [Online] Available at: <https://tirto.id/mengapa-banyak-orang-tak-percaya-perubahan-lingkungan-et6Q>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Upaya yang dilakukan untuk menangani masalah perubahan lingkungan sebenarnya sama persis seperti upaya atau solusi yang bisa dikerjakan untuk mengontrol pencemaran lingkungan. Melalui kontrol ketat terhadap polutan yang dapat mencemari bumi maka sebenarnya upaya untuk mengatasi lingkungan yang semakin berubah juga telah dilaksanakan. Marilah sama-sama merawat lingkungan agar ibu pertiwi tidak marah dan mengamuk sehingga bumi melakukan self-cleaning untuk membersihkan dirinya sendiri melalui bencana alam.

11.5 Apa Itu Pemanasan Global (*Global Warming*)?

Pencemaran lingkungan di seluruh dunia membawa dampak ke perubahan lingkungan yang ujungnya akan menyebabkan terjadinya peningkatan suhu besar-besaran di permukaan bumi. Isu ini biasa diistilahkan sebagai Pemanasan *Global* atau *Global Warming*. Jika suhu bumi semakin meningkat secara signifikan, maka es-es abadi yang ada di daerah kutub

akan mengalami pencairan. Jika es-es abadi tersebut mencair, maka seluruh airnya mampu menenggelamkan pulau-pulau maupun daratan yang didiami oleh makhluk hidup termasuk manusia yang tinggal di atasnya.

Manusia pernah memberikan candaan atau jokes yang terkait dengan isu *Global Warming* ini yakni "jangan membangun rumah dari kaca" karena akan menambah panas di lingkungan (bumi) meningkat. Candaan yang sekarang disebut sebagai "quote" tersebut sebenarnya tidak salah secara teori tapi pada kenyataannya bukan membangun rumah dari kaca itu yang meningkatkan suhu bumi secara drastis, melainkan pertambahan jumlah penduduk dan seluruh hal yang mengiringinya seperti bertambahnya jumlah lahan hijau yang harus dibakar untuk dibuka menjadi kompleks perumahan dan yang terparah adalah bertambahnya jumlah limbah yang dihasilkan seiring jumlah manusia yang juga ikut terus bertambah.

Lahan hijau terus menerus harus diubah bentuknya dari hutan yang memberikan sumber oksigen melimpah bagi makhluk hidup menjadi perumahan yang disediakan untuk dijadikan tempat tinggal manusia. Pada akhirnya hal ini menyebabkan pemasok utama oksigen di dunia yakni tumbuhan hijau, menjadi langka keberadaannya. Semakin sedikit tumbuhan hijau, tentu saja akan semakin sedikit oksigen yang ada di udara. Hasilnya, udara akan didominasi oleh gas – gas seperti karbondioksida (CO_2) dan karbonmonoksida (CO) hasil sisa pembakaran kendaraan bermotor. Hal inilah yang menyebabkan kenaikan suhu atau temperatur pada permukaan bumi yang sekarang diistilahkan disebut sebagai *Global Warming* atau Pemanasan Global.



Gambar 11.8. Gambaran Pemanasan Global (Agusper, 2015)
 (Sumber: Agusper, 2015. Perubahan Lingkungan/Iklim dan
 Daur Ulang Limbah. [Online] Available at:
<http://agusper.blogspot.com/2015/09/perubahan-lingkunganiklim-dan-daur.html>) [Accessed 29 Agustus 2023].

Pemanasan global erat kaitannya dengan perubahan lingkungan karena pemanasan global itu sendiri yang membuat lingkungan menjadi berubah dan pencemaran menjadi penyebab utamanya. Oleh sebab itu, jika ada orang yang membangun rumah dengan kaca, bukan kaca nya itu yang menyebabkan *Global Warming*, melainkan pembukaan lahan untuk dia mendirikan rumah tersebutlah yang menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya *Global Warming*. Semoga suatu saat nanti permasalahan ini dapat segera teratasi.

11.6 Penutup

Jumlah sampah atau limbah yang dihasilkan di dalam suatu wilayah pasti berbanding lurus dengan jumlah penduduk yang tinggal di dalamnya. Hal ini menyebabkan terjadinya

peningkatan juga pada kondisi pencemaran lingkungan yang ada di sana. Pokok permasalahan lingkungan sekarang ini adalah dan akan selalu berujung kepada yang namanya pencemaran. Pencemaran lingkungan di sini bahkan sudah ada dan berdampak di berbagai lini kehidupan manusia. Pencemaran yang paling terasa saat ini adalah pencemaran di udara dan pencemaran di air. Selain itu pencemaran di tanah juga semakin parah dengan banyaknya air yang sudah tercemar oleh limbah (baik itu industri dan terutama limbah rumah tangga) yang tentu saja akan berdampak ke tanah tempat berbagai macam hewan dan tumbuhan hidup dan bergantung di sana (Kuswoyo & Ulimaz, 2022).

Pencemaran lingkungan yang terjadi sekarang baik di air, di tanah, maupun di udara adalah tanggung jawab bersama yang tidak bisa dilimpahkan kesalahannya hanya kepada pemerintah atau kepada penduduk. Hal ini karena dampak ke perubahan lingkungan yang terjadi akan dirasakan oleh semua orang dan semua aspek kehidupan. Dampak paling luar biasa yang sekarang terjadi adalah peningkatan suhu lingkungan yang bisa dibilang sangat signifikan. Perubahan cuaca yang bisa terjadi sangat mendadak, dari yang asalnya panas terik menjadi tiba-tiba hujan deras ataupun sebaliknya.

Perubahan cuaca tersebut yang kemudian akan membawa isu pemanasan global kian menjadi sesuatu yang sangat nyata. Cuaca sekarang menjadi sangat ekstrim, terkadang hujan terjadi tidak pernah berhenti hingga beberapa daerah mengalami banjir padahal selama puluhan tahun tidak pernah banjir. Sebagai contoh, banjir bandang hebat yang terjadi di Kalimantan Selatan pada tahun 2021 lalu dimana hampir seluruh kota dan kabupaten di provinsi ini terendam oleh air. Kota Banjarmasin yang selama 50 tahun tidak pernah mengalami banjir bahkan harus terendam selama hampir satu bulan lamanya di beberapa titik di kota ini. Indonesia bahkan mengumumkan bahwa banjir hebat yang terjadi di Kalimantan Selatan pada tahun 2021 tersebut sebagai bencana nasional sehingga seluruh karyawan di instansi negeri maupun swasta di sana harus me "WFH" kan karyawan-karyawannya (WFH =

Work Form Home). Kejadian ini bisa terjadi tidak lepas dari akibat besarnya perubahan yang terjadi karena pencemaran lingkungan.

Pencemaran lingkungan di seluruh dunia membawa dampak ke perubahan lingkungan yang ujungnya akan menyebabkan terjadinya peningkatan suhu besar-besaran di permukaan bumi. Isu ini biasa diistilahkan sebagai Pemanasan *Global* atau *Global Warming*. Jika suhu bumi semakin meningkat secara signifikan, maka es-es abadi yang ada di daerah kutub akan mengalami pencairan. Jika es-es abadi tersebut mencair, maka seluruh airnya mampu menenggelamkan pulau-pulau maupun daratan yang didiami oleh makhluk hidup termasuk manusia yang tinggal di atasnya.

Manusia pernah memberikan candaan atau jokes yang terkait dengan isu *Global Warming* ini yakni "jangan membangun rumah dari kaca" karena akan menambah panas di lingkungan (bumi) meningkat. Candaan yang sekarang disebut sebagai "quote" tersebut sebenarnya tidak salah secara teori tapi pada kenyataannya bukan membangun rumah dari kaca itu yang meningkatkan suhu bumi secara drastis, melainkan pertambahan jumlah penduduk dan seluruh hal yang mengiringinya seperti bertambahnya jumlah lahan hijau yang harus dibakar untuk dibuka menjadi kompleks perumahan dan yang terparah adalah bertambahnya jumlah limbah yang dihasilkan seiring jumlah manusia yang juga ikut terus bertambah.

Pemanasan global erat kaitannya dengan perubahan lingkungan karena pemanasan global itu sendiri yang membuat lingkungan menjadi berubah dan pencemaran menjadi penyebab utamanya. Oleh sebab itu, jika ada orang yang membangun rumah dengan kaca, bukan kaca nya itu yang menyebabkan *Global Warming*, melainkan pembukaan lahan untuk dia mendirikan rumah tersebutlah yang menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya *Global Warming*. Semoga suatu saat nanti permasalahan ini dapat segera teratasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusper. 2015, September 2. *WAYANBIO*. Retrieved from [agusper.blogspot.com:
http://agusper.blogspot.com/2015/09/perubahan-
lingkunganiklim-dan-daur.html](http://agusper.blogspot.com/2015/09/perubahan-lingkunganiklim-dan-daur.html)
- Anastasia, A. (2022, January 5). *Sel Tumbuhan Terdiri dari Apa Saja? Ini Penjelasannya*. Retrieved September 9, 2022, from [detik.com: https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5885113/sel-tumbuhan-terdiri-dari-apa-saja-ini-penjasannya](https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5885113/sel-tumbuhan-terdiri-dari-apa-saja-ini-penjasannya)
- Arungebudoyo, W. (2018, March 28). *OKENEWS*. Retrieved from [news.okezone.com:
https://news.okezone.com/read/2018/03/27/18/1878769/
/reaktor-nuklir-as-bocorkan-zat-radioaktif-akibat-
kepanasan](https://news.okezone.com/read/2018/03/27/18/1878769/reaktor-nuklir-as-bocorkan-zat-radioaktif-akibat-kepanasan)
- Budiyanto, M. A. (2011, January 11). *Pondok Ilmu*. Retrieved from [aguskrisnoblog.wordpress.com:
https://aguskrisnoblog.wordpress.com/2011/01/11/biore
mediasi-lingkungan-berpolutan/](https://aguskrisnoblog.wordpress.com/2011/01/11/bioremediasi-lingkungan-berpolutan/)
- Danardi, S. (2019, August 17). *COACTION INDONESIA*. Retrieved from [coaction.id: https://coaction.id/buruknya-kualitas-
udara-jakarta-bergantung-komitmen-pemda-dki/](https://coaction.id/buruknya-kualitas-udara-jakarta-bergantung-komitmen-pemda-dki/)
- Inkindo, K. (2023, January 5). *ETICON*. Retrieved from [eticon.co.id:
https://eticon.co.id/polusi-suara/](https://eticon.co.id/polusi-suara/)
- Kuswoyo, A., & Ulimaz, A. (2022, June 30). Pengaruh Jenis dan Ketebalan Karbon Aktif pada Sistem Constructed Wetlands untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 173-181. doi:<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i1.4436>
- Nasution, A. Z. (2012, November 25). *BANGAZUL*. Retrieved from [bangazul.com: https://bangazul.com/pencemaran-tanah/](https://bangazul.com/pencemaran-tanah/)
- Patrick. (2016, December 20). *TANINDO*. Retrieved from [tanindo.net: https://www.tanindo.net/filter-air-sungai-
menangulangi-pencemaran-limbah/](https://www.tanindo.net/filter-air-sungai-menangulangi-pencemaran-limbah/)

- Putri, A. W. (2020, February 3). *TIRTO.ID*. Retrieved from Mengapa Banyak Orang Tak Percaya Perubahan Lingkungan?: <https://tirto.id/mengapa-banyak-orang-tak-percaya-perubahan-lingkungan-et6Q>
- Ulimaz, A. (2016). The Potential Recycling of Plastic Waste in North Banjarbaru District. *International Conference on Natural, Mathematical and Environmental Sciences (NAMES)* (pp. 139-142). Banjarbaru: Lambung Mangkurat University, Math and Science Faculty. Retrieved August 29, 2023, from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53601611/Proceeding_names_15_Maret_16-libre.pdf?1498007529=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DProceeding_names_15_Maret_16_pdf.pdf&Expires=1693604273&Signature=OG9xvRly8AA7vX4hHpMJ7jZ2PGfXVKtAFUB5VUemx
- Ulimaz, A., & Lestari, N. C. (2019, October 30). Analysis of Household Waste Volume in North Banjarbaru District, Banjarbaru City. *ESE International Journal (Environmental Science and Engineering)*, 2(2), 1-5. doi:-
- Ulimaz, A., Yunus, R., Suanda, I. W., Lestari, N. C., & Agustina, D. K. (2022). *Biologi Dasar Untuk Perguruan Tinggi* (1 ed.). (Ariyanto, & T. P. Wahyuni, Eds.) Padang, West Sumatera, Indonesia: PT. Global Eksekutif Teknologi (GET) Press. Retrieved August 29, 2023, from https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=ppShEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA117&ots=uTFiHS8nG6&sig=iX0fWWg7rTgAetPINopU488nuFA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

BAB 12

PEMBANGUNAN BERWAWASAN LINGKUNGAN DAN BERKELANJUTAN

Oleh I Wayan Suanda

12.1 Pendahuluan

Pembangunan tidak bisa dilepaskan dengan lingkungan, keberadaannya saling memiliki keterkaitan satu sama lainnya. Pembangunan itu sendiri terus melaju tanpa boleh ada henti atau terus berjalan berkesinambungan dengan memanfaatkan sumber daya alam. Pemanfaatan sumber daya alam dalam mengembangkan dan memajukan pembangunan harus memegang prinsip keserasian pembangunan dengan aktivitas manusia agar berkelanjutan. Pembangunan yang mengedepankan lingkungan sebagai objek yang harus dijaga kesinambungan agar tidak mengalami kerusakan. Istilah ini telah dipelopori PBB sebagai badan dunia dengan menekankan pentingnya pembangunan dalam kancah global (Duncan and Louis. 2018). Pertemuan pemimpin dunia tahun 2015 telah menghasilkan beberapa kesepakatan, diantaranya: menurunkan penduduk miskin, kesenjangan semakin mengecil dan tidak terjadinya perubahan iklim global yang dikenal pembangunan berwawasan lingkungan dan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs).

Sumber daya alam dimiliki Indonesia sangat melimpah, baik kekayaan bahan mineral sebagai hasil tambang, flora maupun fauna serta plasma nutfah. Potensi besar sebagai rahmat yang dikarunia kepada bangsa Indonesia perlu diberdayakan untuk kesejahteraan rakyatnya tidak hanya di daratan akan tetapi dimiliki dalam perairan. Sumber daya perairan yang membentang luas sebagai negara maritim masih

belum banyak dijamah untuk mengurangi kemiskinan di tanah air. Kemampuan pengelolaan untuk mendapatkan nilai maksimal memerlukan sumber daya manusia yang handal, berkualitas dan profesional serta bertanggungjawab agar bisa terus dinikmati oleh generasi mendatang. Penggalian dan pemanfaatan sumber alam ini dilakukan secara penuh hati-hati agar kerusakan lingkungan dan resiko yang bersifat negatif diantisipasi seminimal mungkin. Untuk meminimalkan kerusakan yang diakibatkan dari kegiatan mensejahterakan kehidupan anak bangsa memerlukan pembangunan berorientasi pada lingkungan berkelanjutan menuju keharmonisan ekosistem (Suanda, 2020).

Peningkatan kesejahteraan penduduk dunia masih melambat dengan peningkatan perkapita dan kesehatan memenuhi standar kebutuhan, diperlukan gagasan dan komitmen sebagai strategi untuk pencapaiannya. Pengurangan kemiskinan penduduk segera bisa ditangani dengan tingkat di bawah 3% pada tahun 2030 dengan strategi dan melibatkan para pihak (UNDESA, 2019). Ketercapaian ide pembangunan yang menitik beratkan pada kesehatan lingkungan hasil pertemuan badan dunia ini sangat ditentukan kerjasama dan dukungan dari berbagai pihak. Keterlibatan pihak, terutama peran tokoh masyarakat, organisasi kemasyarakatan (*Civil Society*), akademisi, teknokrat, pihak swasta dan pemerintah sebagai lembaga pembuat kebijakan. Kebijakan pemerintah bukan semata-mata untuk mendatangkan keuntungan ekonomi saja, namun lebih menekankan pada terjaga dan meningkatnya kualitas kelangsungan hidup organisme sebagai penyeimbang ekosistem lingkungan (Suanda, 2023). Aktivitas manusia menghasilkan pembangunan berhubungan dengan pemanfaatan sumber daya alam tentu menjadi dilema berupa perubahan ekosistem bisa berdampak positif maupun berdampak negatif. Kegiatan pembangunan yang dilaksanakan wajib mempertimbangkan atau berwawasan sosial, ekonomi dan berwawasan lingkungan.

12.2 Pembangunan Berwawasan Lingkungan

Kemajuan pembangunan menjadi tujuan dan kebanggaan seluruh masyarakat. Namun pembangunan tersebut selalu memiliki konsekuensi terhadap lingkungan. Oleh karena itu dalam aktivitas manusia hendaknya mempertimbangkan kemanfaatannya tanpa mengabaikan keberadaan lingkungan sebagai objek dalam pembangunan itu. Dari ide dan pemikiran ini maka pembangunan itu menyangkut juga lingkungan yang harus dijaga dan dibangun. Munculnya masalah lingkungan merupakan suatu akibat dari pembangunan yang dilakukan secara terus menerus akibat tuntutan hidup di zaman modern ini. Kemiskinan, keterbelakangan dan lonjakan populasi penduduk menjadi pemicu utama harus dituntaskan melalui pembangunan infrastruktur. Keberadaan pembangunan ini dapat menggerus fungsi lingkungan sebagai penjaga ekosistem yang harmonis. Untuk menjawab tantangan ini diperlukan kebijakan pembangunan berwawasan lingkungan. Strategi pembangunan adalah usaha untuk meningkatkan potensi sumber daya manusia dalam mendayagunakan sumber daya alam dengan segenap peluang serta kendalanya. Hal ini dapat dilakukan berupa: penggunaan teknologi bersih yang berwawasan lingkungan dengan segala perencanaan yang baik dan layak. Melaksanakan rekayasa ilmu pengetahuan dan teknologi yang tepat guna dalam menghasilkan barang dan jasa yang unggul, tangguh dan berkualitas tinggi, yang berdampak positif bagi kelangsungan hidup pembangunan itu sendiri. Adanya pengawasan dan pemantauan terhadap jalannya pembangunan, sehingga sesuai dengan rencana dan tujuannya.

Pembangunan berwawasan lingkungan merupakan pembangunan mengoptimalkan keberadaan sumber daya alam melalui pengelolaan memperhitungkan ketersediaan yang terus berlanjut tanpa mengalami kerusakan. Pengelolaan lingkungan secara optimal dapat memberikan manfaat sangat besar dalam kehidupan manusia. Pertumbuhan sektor ekonomi sebagai bentuk kemajuan pembangunan tidak terlepas dari sumber daya manusia sebagai pemain utama. Dukungan sumber daya manusia untuk mengelola dan memanfaatkan potensi

sumber daya alam harus diserasikan sejalan kemampuan daya dukung lingkungan itu sendiri. Pendayagunaan sumber daya alam ini dilaksanakan secara terencana, bertanggungjawab didasari hasil riset, kajian-kajian analisis dampak lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Pembangunan berwawasan lingkungan terlaksana dan pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana menjadi tujuan utama pengelolaan lingkungan. Sehingga pengelolaan lingkungan sangat berhubungan tidak terpisahkan dari pembangunan berwawasan lingkungan.

12.2.1 Tujuan dan Pripsi Pembangunan Berwawasan Lingkungan

Pembangunan merupakan upaya untuk meningkatkan kualitas hidup secara bertahap dengan memanfaatkan sumber daya yang dimiliki negara secara bijaksana. Sumber daya alam dan sumber daya manusia sebagai aset modal yang ada untuk disinergikan agar memiliki nilai guna tinggi. Pembangunan yang dicanangkan tujuannya sudah jelas untuk meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan seluruh masyarakat suatu bangsa. Dari tujuan pembangunan ini, maka yang menjadi prinsip memberdayakan sumber daya manusia yang ada untuk mengelola dan mengolah sumber daya alam yang dimiliki untuk menjadikan nilai lebih dari sebelumnya dan bermanfaat bagi kehidupan warga negaranya. Pembangunan berkelanjutan memiliki prinsip, yaitu: pendayagunaan sumber daya alam sebagai pokok kemakmuran rakyat dilakukan secara terencana, bertanggungjawab, dan sesuai daya dukungnya dengan mengutamakan kemakmuran rakyat serta memperhatikan kelestarian fungsi dan keseimbangan lingkungan hidup bagi pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Pendekatan ekologis dalam pembangunan merupakan pembangunan yang berorientasi pada pengkajian hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungan (Ardiani, 2015; Yuliani, 2012). Diperlukan analisis strategis dalam menyelesaikan masalah pembangunan secara ekologis melalui pendekatan konsep lingkungan (arsitektur hijau), ekonomi

berwawasan lingkungan, serta peran sosial masyarakat dalam pembangunan.

Manusia sebagai pengelola sumber daya alam ini berpegang teguh pada rasa tanggungjawab secara moral kepada generasi mendatang sebagai pewaris agar kerusakan lingkungan dapat seminimal mungkin bahkan tanpa menimbulkan dampak negatif. Kemampuan menselaraskan sumber daya manusia dengan sumber daya alam menjadi kebijakan yang harus dikedepankan. Jadi dalam pembangunan berwawasan lingkungan ini memberdayakan seluruh potensi yang dimiliki sehingga terjadi pembangunan sumber daya alam dan sumber daya manusia secara seimbang, serasi dan generasi penerus sebagai tunas bangsa dapat menikmatinya tanpa ada kerusakan. Hal ini perlu ditegaskan mengingat adanya kecenderungan gaya hidup konsumerisme, hingga bergesernya potensi fisik alami manusia (*nature of human physical potention*) akibat meluasnya pemanfaatan perangkat teknologi (*dependent on technological instruments*) dalam keberlangsungan proses pembangunan.

Pembangunan berwawasan lingkungan menjaga keserasian dan keberimbangan antara lingkungan fisik, asfek perekonomian dan kesejahteraan kehidupan masyarakat. Maka dalam pembangunan berwawasan lingkungan, sebagai indikator utama, yaitu: kemakmuran rakyat, kelestarian fungsi ekosistem dan keseimbangan daya dukung lingkungan (Hall & Pfeiffer, 2013; Jazuli, 2015). Kekayaan sumber daya alam yang ada dikelola agar bermanfaat untuk meningkatkan penghasilan dan kesejahteraan seluruh masyarakat. Potensi sumber daya alam yang dimiliki atau terkandung dalam suatu kawasan wilayah dikelola secara terencana, bertanggungjawab berdasarkan daya dukungnya agar degradasi dan permasalahan tidak terjadi pada lingkungan (Daniels, 2017).

12.2.2 Partisipasi Masyarakat dalam Pembangunan Berwawasan Lingkungan

Dalam pembangunan dibutuhkan adanya kerjasama atau kolaboratif saling menguntungkan antara masyarakat lokal melalui partisipatif. Aktivitas masyarakat dalam upaya meningkatkan kesejahteraan hidup dan kegiatan sosialnya agar mempertimbangkan kapasitas toleransi ekologis dari lingkungan dengan sumber daya alamnya. Partisipasi sebagai bentuk keikutsertaan perannya berawal dari perencanaan pembangunan, proses pembangunan, pemanfaatan pembangunan serta menjaga keberlanjutan pembangunan sebagai usaha perlindungan dari masyarakat (Gambar 12.1).

1. Proses Penyusunan:

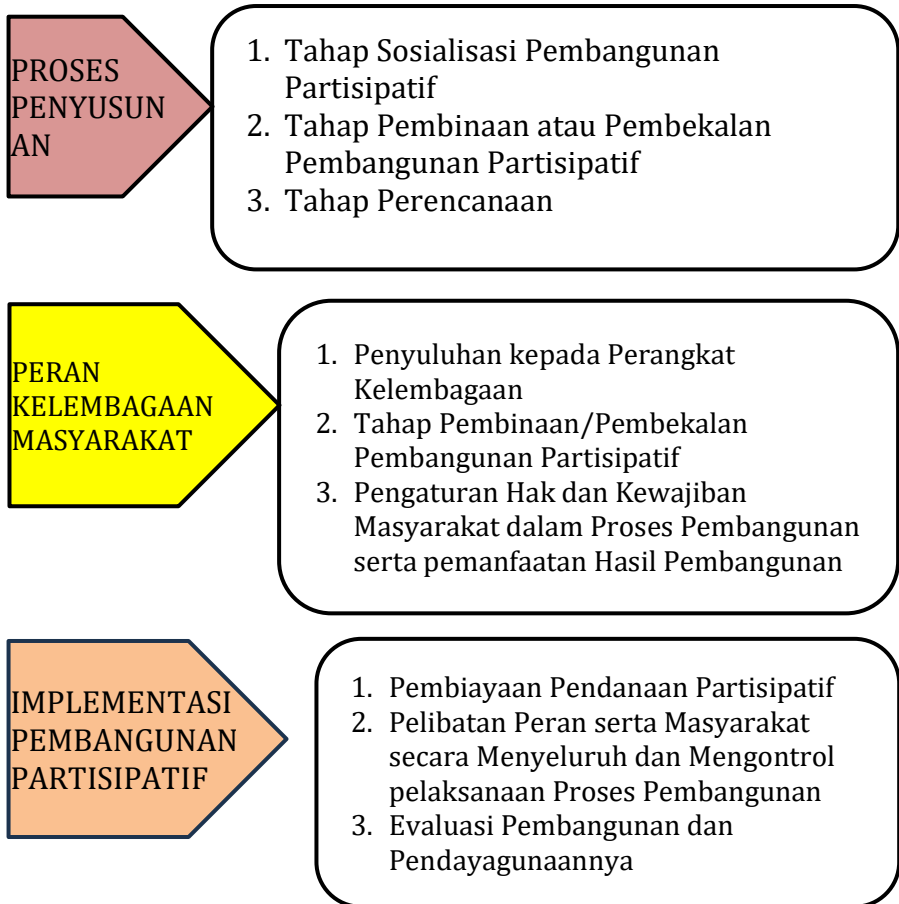
Keterlibatan masyarakat dalam perencanaan pembangunan sebelum disosialisasi diperlukan agar adanya partisipatif masyarakat. Pembekalan sebagai bentuk pemberdayaan masyarakat diadakan agar ada peran sertanya dalam pembangunan

2. Peran Kelembagaan Masyarakat:

Kelembagaan masyarakat dilibatkan dalam melakukan: penyuluhan kepada warga setempat untuk menentukan arah pembangunan; menentukan skala prioritas pembangunan dan memberikan tanggungjawab sebagai hak dan kewajiban masyarakat dalam proses pembangunan dan pemanfaatana hasil pembangunan.

3. Implementasi Pembangunan Partisipatif:

Pendanaan sebagai pembiayaan; pelibatan peran serta masyarakat sekaligus peran kontrol untuk keberlanjutan pembangunan serta pentingnya penilaian sebagai bentuk evaluasi keberadaan pembangunan tersebut.



Gambar 12.1. Tahap Partisipatif Masyarakat
(Sumber: Cahyani dan Aji, 2017)

12.2.3 Pembangunan Kawasan Ekologis

Strategi pembangunan pemukiman ramah lingkungan sebagai bentuk kemauan mengoptimalkan potensi wilayah dalam pembangunan kota dan pemukiman ekologis melalui arsitektur hijau (Sinthia, 2013). Pemberdayaan lingkungan mejadikan komitmen untuk mengoptimalkan keterlibatan budaya, kultur dan adat istiadat lokal yang terpelihara dengan baik oleh masyarakat. Terpeliharanya budaya lokal sebagai aset

dalam pembangunan. Strategi yang bisa diterapkan berupa: festival budaya, festival seni, di Bali sering diselenggarakan Pesta Kesenian Bali (PKB) dibulan Juni s.d Juli 1979 pertama kalinya dan berlanjut penyelenggaraannya setiap tahun. Dalam pembangunan budaya berbasis ekologis lokal dapat memicu pertumbuhan ekonomi melalui perberdayaan kerajinan seni, selain mengembangkan dan melestarikan nilai-nilai seni budaya lokal.

Menjaga dan memperbaiki lingkungan biosfer dengan melakukan restorasi sumber daya alam, berupa: terjaga dengan baik udara, air, lahan, energi, biomass, bahan tambang, makanan keanekaragaman, habitat dan kondisi lingkungan sehat. Dalam menjaga lingkungan (biotik dan abiotik) terjadi hubungan harmonis antara makhluk hidup (manusia) dengan alam (lingkungan). Konsep keharmonisan ini dapat ditemukan dalam “Tri Hita Karana”, menyebutkan menjaga hubungan harmonis antara manusia dengan lingkungan. Lingkungan berarti sesuatu yang berada di luar dirinya, baik berupa biotik maupun abiotik (Suanda, 2023). Penghargaan manusia kepada tumbuh-tumbuhan (flora) diimplementasikan dalam upacara “Tumpek Wariga” atau “Tumpek Bubuh”, “Tumpek Uduh” atau “Tumpek Pengatag”. Begitupula penghargaan yang diberikan manusia kepada lingkungan hewan (fauna) pada upacara “Tumpek Kandang”. Menjaga kebersihan lingkungan termasuk kebersihan “Telajakan” beserta limbah dihasilkan dalam rumah tangga. Limbah rumah tangga dapat diolah menjadi material yang lebih bermanfaat seperti pupuk organik, *eco enzym* dan bentuk lainnya (Suanda *et al.*, 2023c). Limbah rumah tangga dalam bentuk cair bisa diproses menjadi pupuk organik cair (POC) dan sistem pengolahan limbah kumunal yang disiapkan di lingkungan pemukiman. Keberadaan areal hijau (ruang terbuka hijau) dalam mendirikan perumahan (pemukiman) sebagai kawasan padat, dapat memberikan daya tarik kawasan tersebut dengan ekologis terjaga.

12.2.4 Pembangunan Ekonomi Berwawasan Lingkungan

Pembangunan ekonomi tanpa mempertimbangkan daya dukung kondisi lingkungan dilakukan secara sporadis memberikan dampak penurunan kualitas lingkungan. Terjadinya kolaborasi pembangunan ekonomi dan pembangunan lingkungan dengan konsep utama memberikan dampak positif berupa peningkatan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Peningkatan pendapatan sebagai hasil dari pembangunan ekonomi selalu dihadapkan pada lingkungan sebagai sumber daya alam (Suanda *et al.*, 2022a). Pembangunan ekonomi berbasis sumber daya alam seharusnya memperhatikan kapasitas daya dukung lingkungan, agar tidak melampaui batas yang berakibat negatif. Untuk mencapai keberhasilan pembangunan ekonomi berkelanjutan, yaitu memperbaiki kerusakan lingkungan, namun tidak mengorbankan pembangunan ekonomi dan keadilan sosial untuk tercapainya kesejahteraan bersama. Negara-negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam tanpa bisa diperbarui (*non renewable*) mengalami pertumbuhan ekonomi yang melambat bahkan terjadi penurunan. Hal ini dipertegas Frankel (2010) mewaspadai terjadinya kemuduran ekonomi bagi negara-negara di dunia yang memiliki sumber daya alam tanpa bisa diperbaharui.

Peningkatan perekonomian rakyat dalam suatu kawasan pemukiman perlu diikuti sosialisasi pengelolaan lingkungan dan kesadaran secara bertanggungjawab terhadap lingkungan agar keberlanjutan perekonomian di kawasan tersebut. Dengan meningkatnya perekonomian kawasan, artinya permukiman secara mandiri sudah mampu melangsungkan kontinuitas kehidupannya. Menggeliatnya pertumbuhan ekonomi tidak terlepas dari ketersediaan sumber daya alam dan keberadaan potensi sumber daya manusia dengan penerapan teknologi untuk mencapainya. Tindakan ini menghasilkan kemampuan ekonomi yang meningkat dan diikuti gaya hidup konsumtif berlebih, sehingga menghasilkan limbah yang mencemari lingkungan. Pengurangan pencemaran lingkungan telah dilakukan sosialisasi, pendampingan dan pelatihan melalui

penerapan 3R (*Reduce, Reuse dan Recycle*) sangat berkaitan erat dengan pembangunan ekonomi.

Kolaborasi pemerintah daerah dan pemerintah pusat dalam pembangunan ekonomi lingkungan hidup berupa instrumen, yaitu: “perencanaan pembangunan dan kegiatan ekonomi”. Pembangunan hakekatnya upaya menaikkan taraf hidup seluruh rakyat, sehingga pembangunan memberikan kesempatan dan penyediaan lapangan kerja sebagai produk dari pembangunan. Saptari (2009) menyatakan bahwa penyediaan kesempatan kerja dapat memberikan kesempatan bagi masyarakat untuk mendapatkan penghasilan.

12.3 Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan bukan untuk sesaat, namun berjalan seiring dengan peradaban manusia tanpa merusak lingkungan. Dalam konteks pembangunan ini tidak saja berorientasi pada penekanan isu lingkungan akan tetapi pembangunan yang mencakup ruang lingkup berupa: a) pembangunan ekonomi: terjadinya peningkatan pendapatan masyarakat untuk mencapai tingkat kehidupan lebih sejahtera, walaupun terjadinya persaingan ekonomi global; b) pembangunan sosial, artinya dalam kegiatan pembangunan harus sejalan dengan kehidupan sosial dan budaya masyarakat, bukan sebaliknya merusak kehidupan sosial budaya yang telah ada; dan c) terjaganya lingkungan, pembangunan yang dilaksanakan memperhatikan daya dukung lingkungan dan tetap terjaganya ekosistem yang harmonis. Pembangunan tidak hanya berorientasi untuk kepentingan saat sekarang saja, namun tetap terjaganya lingkungan untuk kehidupan generasi mendatang (Gambar 12.2). Mengedepankan keharmonisan dan keselarasan dalam pembangunan agar kualitas lingkungan tetap terjaga. Program dan sasaran pembangunan berorientasi pada peningkatan kemakmuran masyarakat melalui peran serta berdasarkan potensi sumber daya manusia dalam mendayagunakan sumber daya alam sebagai peluang dan sekaligus menjadi tantangan kedepan. Sumber daya alam meliputi: tanah, air, udara dan

kekayaan yang ada di bumi, sedangkan sumber daya manusia, berupa: ilmu pengetahuan, keterampilan dan teknologi.



Gambar 12.2. Segitiga Pembangunan Berkelanjutan
(Sumber:

<http://www.eoearth.org/contributor/Mohan.munasinghe> dalam
<http://www.textiletoday.com.bd/magazine/71> (Februari 2007)

Pembangunan berwawasan lingkungan (*eco development*), prinsipnya tercapainya sistem pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Oleh karena itu setiap orang atau seluruh masyarakat memiliki komitmen dan berpartisipasi untuk mendukung program pembangunan berkelanjutan. Jadi proses pembangunan dikategorikan kedalam pembangunan berkelanjutan apabila proses pembangunan berjalan selaras dengan menjaga keberlanjutan lingkungan untuk kesejahteraan rakyat dan pewarisan kepada generasi mendatang. Dalam gagasan pembangunan berkelanjutan memiliki 2 skema, yaitu: 1) Kebutuhan hidup, merupakan kebutuhan pokok manusia untuk menjaga keberlangsungan hidup dan 2) Keterbatasan sumber daya, artinya sumber daya alam yang terbatas dengan keterbatasan

alih teknologi dimiliki manusia sebagai sumber daya untuk mengeksploitasi dan mengolah serta memanfaatkan potensi yang dimiliki. Hal ini menjadikan keterbatasan untuk memenuhi kebutuhan hidup saat ini dan masa mendatang, sebagai tugas utama yang menjadi tanggungjawab bersama, maka diperlukan integratif dalam pelaksanaan pembangunan.

Berarti dalam kegiatan pembangunan terjadi pemenuhan kebutuhan hidup pada saat ini tanpa menghilangkan kesempatan generasi mendatang untuk menikmatinya juga. Inilah konsep pembangunan berwawasan lingkungan berkelanjutan menjadi terobosan baru dalam program pembangunan. Dalam pembangunan sering dihadapi pertentangan antara pembangunan dan lingkungan, karena permasalahan lingkungan hanya diperlakukan sebagai masalah sektoral. Oleh karena itu dalam program pembangunan berkelanjutan memiliki komitmen yang harus dijaga, berupa: a) Keberlanjutan Ekologi; b) Keberlanjutan Ekonomi; c) Keberlanjutan Sosial; d) Keberlanjutan Budaya; e) Keberlanjutan Politik; f) Keberlanjutan Pertahanan dan Keamanan. Komitmen untuk menjaga keberlanjutan ini harus dapat diperkuat oleh prinsip-prinsip sebagai pilar penyangga penguatnya.

Perencanaan pembangunan berkelanjutan bersinergi dengan pertumbuhan ekonomi dan perbaikan lingkungan menjadi paradigma baru dalam pembangunan sekarang. Pembangunan berkelanjutan berwawasan lingkungan hidup memiliki prinsip berbasis setidaknya harus mencakup tiga pilar, yaitu sebagai berikut: a) Sumber daya alam terbarukan, artinya: pemanfaatan sumber daya alam berimbang dengan peningkatan produksi sebagai generasi seterusnya; b) Masalah lingkungan, adalah produksi limbah mampu disetimbangkan dengan kapasitas asimilasi lingkungan, melalui pengolahan yang memiliki kemanfaatan lebih tinggi dan c) Sumber energi tidak terbarukan harus dilakukan eksploitasi secara *quasisustainable*, yaitu: mengurangi laju deplesi dengan menemukan dan menciptakan alternatif energi substitusi.



Gambar 12.3. Hubungan Pembangunan Berwawasan Lingkungan dengan Kehidupan Generasi Mendatang

Dalam pembangunan berkelanjutan beberapa upaya diperlukan, diantaranya:

1. Memiliki persepsi yang sama tentang pelestarian lingkungan
2. Menjaga keseimbangan kehidupan di bumi (di lingkungan daratan dan lingkungan perairan)
3. Pemanfaatan sumber daya (sumber daya manusia dan sumber daya alam) secara optimal secara berkelanjutan.
4. Penggunaan sumber daya secara efisien dan tanpa menimbulkan kerusakan dan berdampak negatif.
5. Mengembangkan dan menerapkan teknologi serta didasari hasil riset untuk mendukung pengelolaan dan pengembangan lingkungan.
6. Mendukung program ekonomi baru dengan strategi dan konsep berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya dan pengembangan lingkungan.

12.3.1 Perencanaan Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berbasis eksploitasi sumber daya alam lebih banyak ditemukan, termasuk di Indonesia. Padahal sumberdaya alam keberadaannya sebagai cadangan dalam

kawasan di suatu daerah dan negara sangat terbatas. Sumber daya alam meliputi: sumber daya alam dapat diperbaharui dan sumber daya alam tidak dapat diperbaharui (Suparmoko, 2020). Sumber daya alam yang bisa diperbaharui, berupa: tumbuh-tumbuhan, ikan, hewan beserta jasa lingkungan. Kemampuan tumbuh-tumbuhan dan hutan mengkonversi tanah, air, mencegah banjir, menurunkan kualitas oksigen, penyerapan panas pada siang hari dan tidak munculnya suhu ekstrim saat siang dan malam hari, termasuk lingkungan sebagai jasa diberikan lingkungan. Lingkungan (hutan, pantai, gunung, persawahan dan kawasan lainnya) menjadi pusat pendidikan, riset dan objek wisata adalah kebaikan yang diberikan lingkungan untuk kehidupan organisme. Sumber daya alam tanpa bisa diperbaharui, seperti: batubara, minyak bumi, sumber daya mineral, pertambangan serta material lain, menjadi sumber kekayaan sebagai karunia yang harus dijaga dengan pengelolaan penuh tanggungjawab.

Sumber daya alam ini ketersediaannya perlu suatu pengkajian dan analisis yang hasilnya dijadikan dasar dalam membuat suatu perencanaan pengelolaan lingkungan agar keberlanjutan tetap terjaga. Hasil kajian dan analisis ini menjadi modal sebagai pertimbangan besarnya ketersediaan sumber daya alam di suatu kawasan atau daerah. Keberadaan dan besarnya cadangan sumber daya alam yang tersedia dapat dijadikan acuan dalam membuat perencanaan. Perencanaan pembangunan harus mengarah kedalam tiga pilar, yaitu pembangunan ekonomi, pembangunan sosial dan pembangunan lingkungan yang berkelanjutan. Perencanaan pembangunan harus didukung berupa: modal sumber daya manusia unggul, kompetitif; modal teknologi untuk meningkatkan kemanfaatan dan modal lingkungan, berupa sumber daya alam yang melimpah.

12.3.2 Analisis Dampak Lingkungan

Potensi sumber daya alam sangat besar dimiliki Indonesia, menjadi kewajiban bagi kita semua memelihara dan menjaga keberlanjutannya untuk bisa dinikmati oleh generasi

sekarang maupun generasi mendatang. Perubahan iklim sebagai dampak pemanasan global yang terus meningkat memberi konsekuensi terhadap penurunan kualitas lingkungan. Pengelolaan, penggunaan termasuk pemanfaatan sumber daya alam berlandaskan keseimbangan didasari kemampuan daya tampung lingkungan. Oleh karena itu diperlukan suatu kebijakan komprehensif yang tegak lurus dalam pengelolaan lingkungan hidup. Kebijakan yang dijalankan melalui perizinan bagi pelaku usaha yang bergerak dalam pengelolaan lingkungan. Perizinan pengelolaan lingkungan menjadi kewajiban mendapat AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) sebagai bentuk instrumen atau pengakuan pencegahan pencemaran dan penurunan kualitas lingkungan. Adanya kebijakan untuk mereduksi keberadaan AMDAL, memberikan kesempatan terjadinya degradasi lingkungan yang lebih cepat.

Kajian dalam proses AMDAL meliputi beberapa aspek, diantaranya: aspek fisik-kimia, ekologi, sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat. Hasil yang diberikan sebagai pelengkap studi kelayakan atau ketidak layakan suatu kegiatan usaha. Hasil analisis memberikan kejelasan dampak penting yang ditimbulkan, baik berdampak positif maupun berdampak negatif, sehingga solusi pemecahan lebih awal diketahui. Jadi analisis dampak lingkungan ini menjadi bagian studi kelayakan dan sebagai syarat harus dijalankan dalam suatu kegiatan usaha.

12.4 Pertanian Organik Mendukung Pembangunan Berwawasan Lingkungan dan Berkelanjutan

Pertanian organik merupakan suatu konsep pertanian yang memanfaatkan bahan-bahan organik, berupa bahan alami dengan meminimalisir bahan sintetis. Dalam pertanian organik menghasilkan produk pertanian aman bagi kesehatan manusia dan konsumen serta ramah lingkungan. Pertanian organik dalam aplikasi di lapangan berupa pertanian ramah lingkungan. Penerapan pertanian organik merupakan suatu pilihan dalam menyediakan produk pertanian berupa pangan sehat tanpa mengabaikan terjaganya ekosistem di lingkungan (Suanda,

2020). Pertanian berkelanjutan adalah suatu sistem pertanian menggunakan teknologi yang dapat memenuhi kebutuhan manusia secara berkelanjutan bagi generasi sekarang dan mendatang tanpa merusak sumber daya alam dan lingkungan, praktis dan ekonomis (profit), serta meningkatkan harkat sosial.

Pertanian organik bukan anti terhadap bahan kimia sintesis, namun masih dimungkinkan dalam batas tertentu. Penerapan batas ini telah dilakukan dalam konsep pengelolaan pertanian terpadu (PHT). Dalam konsep PHT pengendalian dilakukan bila kerusakan terjadi oleh gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT) melewati standar ambang ekonomi ditetapkan. Dalam skema besar pembangunan pertanian dilakukan dengan mengkolaborasi antara aspek organisasi, kelembagaan, ekonomi, teknologi dan ekologis untuk menuju pertanian berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Dalam pertanian organik diterapkan metode dengan mengembalikan bahan organik, baik berupa limbah tanaman maupun ternak kedalam tanah sebagai konversi hara. Bahan organik berupa hara (dalam bentuk kompos dan pupuk) lebih mudah diserap sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Unsur hara hasil proses mineralisasi bahan organik lebih mudah diserap akar tanaman (Sutanto, 2002).

Penggunaan pupuk hayati dalam pertanian organik berbasis mikroorganisme pengikat maupun pelarut unsur hara untuk memudahkan penyerapan bagi tanaman. Mikroorganisme memiliki potensi sebagai pupuk hayati, diantaranya: a) mikroorganisme penambat Nitrogen (N_2) udara; b) mikroorganisme pelarut posfat (seperti bakteri dan fungi); c) mikroorganisme penghasil senyawa pengatur zat tumbuh; d) mikroorganisme memiliki kemampuan memperluas permukaan akar, menyebabkan akar tanaman lebih kuat dan mampu menyerap hara lebih banyak; e) mikroorganisme bersifat dekomposer sebagai perombak bahan organik menjadi lebih sederhana dan f) mikroorganisme memiliki ketahanan dalam melindungi tanaman terhadap gangguan OPT.

Pestisida hayati yang berbahan aktif dari senyawa aktif dihasilkan tumbuhan, hewan dan mikroorganisme antagonis

merupakan bagian dari program pertanian organik berkelanjutan (Suanda *et al.*, 2022b). Penerapan agensi hayati berasal dari ekstrak tumbuhan dan mikroorganisme antagonis bermanfaat dalam mengendalikan organisme pengganggu tanaman (Sumartini, 2016; Soesanto, 2017). Pemanfaatan pestisida ramah lingkungan yang terbuat dari berbagai jenis ekstrak tumbuhan memberi kontribusi besar dalam menyediakan produk pertanian sehat, ramah lingkungan (Widnyana dan Suanda, 2021). Perkembangan pertanian ramah lingkungan menjadi trending saat masyarakat kembali membutuhkan produk sehat.

12.5 Lembaran Kerja Peserta Didik (LKPD): Pencemaran Air

Kegiatan praktikum dalam pembelajaran biologi tidak dapat dipisahkan dengan pengetahuan atau teori yang dijejaskan di dalam kelas. Adanya kegiatan berupa praktikum dapat memberikan keluasan dan kedalaman materi yang telah ditransformasikan dalam proses pembelajaran. Oleh karena itu praktikum biologi hendaknya disusun berdasarkan Lembaran Kerja Peserta Didik (LKPD) sebagai instrumen penuntun dalam kegiatan praktikum di laboratorium.

- A. Judul Kegiatan : Pengaruh pencemaran air terhadap daya tahan hidup beberapa jenis ikan
- B. Tujuan : Peserta didik mampu mengidentifikasi pengaruh pencemaran air terhadap daya tahan hidup beberapa jenis ikan.
- C. Alat Dan Bahan :
 - Alat: Stoples bening ukuran 2 L sebanyak 3 buah; Stoples bening ukuran 6 L sebanyak 1 buah; Gelas kimia ukuran 500 mL; Stopwatch; Kertas Label; Spidol dan Alat tulis.
 - Bahan: Air bersih; Ikan Gabus sebanyak 2 ekor; Ikan Mujair sebanyak 2 ekor; Ikan Lele sebanyak 2 ekor dan Deterjen
- D. Cara Kerja :
 - 1. Tempelkan kertas label pada masing-masing stoples bening berukuran 2 liter dengan huruf A.B.dan C.

2. Buatlah larutan detergen 1% sebanyak 6 liter menggunakan stoples bening berukuran 6 liter .
3. Isilah stoples A, B dan C masing - masing dengan volume 2 liter air detergen menggunakan bantuan gelas kimia.
4. Masukkan 2 ekor ikan Gabus ke stoples A; 2 ekor ikan Mujair ke stoples B, dan 2 ekor ikan Lele ke stoples C. Masukkan ikan tersebut secara pelan - pelan dan hati - hati agar ikan tidak meloncat keluar stoples.
5. Amatilah tingkah laku ikan di dalam stoples selama 15 menit secara cermat dan teliti. Gunakan stopwach untuk menghitung waktu.
6. Catatlah tingkahlaku masing-masing ikan setiap 3 menit dalam bentuk Tabel.

Tabel 12.1. Pengamatan Tingkah Laku Ikan

Stoples	Jenis Ikan	Kondisi Ikan pada waktu Menit ke				
		3	6	9	12	15
A	Ikan Gabus					
B	Ikan Mujair					
C	Ikan Lele					

7. Tuliskan hasil pengamatan dalam bentuk laporan dan presentasikan di depan kelas.

E. Evaluasi

Setelah melakukan kegiatan praktikum dan pengamatan tingkah laku ikan dalam percobaan masing-masing, maka jawablah pertanyaan di bawah ini berdasarkan hasil pengamatan praktikum.

1. Bagaimana tingkah laku yang ditunjukkan ikan pada stoples A, B dan C ?

2. Apakah setiap jenis ikan memiliki daya resistensi yang berbeda terhadap pencemaran ?
3. Bagaimana pengaruh zat pencemaran tersebut terhadap kehidupan organisme di perairan ?
4. Apakah kesimpulan anda berdasarkan kegiatan tersebut ?

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiani, Y.M. 2015. Sustainable Architecture, Arsitektur Berkelanjutan. Jakarta: Erlangga.
- Cahyani, S.D dan Aji, R.S. 2017. Strategi Pembangunan Berwawasan Lingkungan Kawasan Permukiman Segi Empat Emas Tunjungan Surabaya. Program Studi Arsitektur Universitas Merdeka Malang. *MINTAKAT Jurnal Arsitektur*; I(II): 115-128.
- Duncan French and Louis J. Kotzé, eds. 2018. Sustainable Development Goals: Law. Theory and Implementation (Edward Elgar Publishing).
- Daniels, T. 2017. Environmental Planning Handbook. Oxon: Routledge.
- Frankel, J.A. 2010. The Natural Resource Curse: A Survey, National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 15836, NBER Program(s): Environment and Energy Economics.
- UNDESA. 2019. "Report of Secretary General, Special Edition: Progress towards the Sustainable Development Goals," Report of the Secretary-General, Special Edition: Progress towards the Sustainable Development Goals (New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). <https://undocs.org/E/2019/68>.
- Humaida, N; Sa'adah, M.A; Nuriyah dan Nida, N.H. 2020. Pembangunan Berkelanjutan Berwawasan Lingkungan dalam Perspektif Islam. Universitas Islam Negeri Antasari Banjarmasin. *Khazanah: Jurnal Studi Islam dan Humaniora*; 18 (1): 131-154. DOI: 10.18592/khazanah.v18i1.3483
- Hall, P., & Pfeiffer, U. 2013. Urban Future 21: A Global Agenda for Twenty-First Century Cities. London: Routledge.
- Jazuli, A. 2015. Dinamika Hukum Lingkungan Hidup dan Sumber Daya Alam Dalam Rangka Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Rechtsvinding*; 4(2): 181–197.

- Mukhlis, I. 2009. Eksternalitas, Pertumbuhan Ekonomi dan Pembangunan Berkelanjutan dalam Perspektif Teoritis. Malang. Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Malang. *Jurnal Ekonomi Bisnis*; 14(3): 196.
- Suanda, I.W. 2023. Mikrobiologi Lingkungan. Penerbit PT Global Eksekutif Teknologi. Padang Sumatra Barat. 226 hal.
<https://globaleksekutifteknologi.co.id/mikrobiologi-lingkungan/>
- Suanda, I.W; Rai, I.G.A; Widana, I.N.S; Alit, D.M dan Milati, N.M. 2023c. Empowerment of PKK Mothers in Managing Household Waste to Become Eco Enzym to Maintain Environmental Cleanliness in Apuan Village, Susut District, Bangli Regency. Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, Bali. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bestari (JPMB)*; 2(7): 537-552.
 DOI: <https://doi.org/10.55927/jpmb.v2i7.4980>
[Jurnal Pengabdian Masyarakat Bestari \(formosapublisher.org\)](https://journal.formosapublisher.org/)
- Suanda, I.W; Kartika, I.M; Sukendra, I.K dan Widnyana, I.K. 2022a. Pemberdayaan Masyarakat untuk Meningkatkan Pendapatan dalam Budidaya Stroberi Sehat dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bestari (JPMB)*; 1(7): 669-682.
 DOI: <https://https://10.55927/jpmb.v1i7.1629>
<https://journal.formosapublisher.org/index.php/jpmb>
- Suanda, I.W; Kartika, I.M dan Sukendra, I.K. 2022b. Modul Pupuk Organik Hayati untuk Pertanian Berkelanjutan. Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Denpasar. 14 hal.
<https://drive.google.com/file/d/1gvN4O4LvZheZfDBpYcg1ukSLgkcsLSso/view?usp=sharing>
- Suanda, I.W. 2020. Bioteknologi Pertanian Mendukung Pertanian Berkelanjutan dalam Book Chapter Pertanian Berkelanjutan, sebuah Pendekatan Konsep dan Praktis. Penerbit: Swasta Nulus. Denpasar; hal. 102-178.
<https://drive.google.com/file/d/13MOrYloskcY-bW8ZhMX3X1zSunsJPDX/view?usp=sharing>
- Suparmoko, M. 2020. Konsep Pembangunan Berkelanjutan dalam Perencanaan Pembangunan Nasional dan

- Regional. Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Budi Luhur. *Jurnal Ekonomika dan Manajemen*: 9(1): 39-50.
- Soesanto, L. 2017. *Pengantar Pestisida Hayati*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Sumartini. 2016. Biopestisida untuk Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. *Iptek Tanaman Pangan* 11(2): 159-166.
- Sutanto, R. 2002. *Pencapaian Organik menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan*. Penerbit Kanisius. 206 hal.
- Tim Lab MIPA. 2022. *Panduan Praktikum Biologi MIPA MAN 1 kota Ternate*.
- Widnyana, I.K dan Suanda, I.W. 2021. *Modul Pestisida Nabati dari Bahan Segar Fakultas Pertanian Universitas mahasaraswati. Denpasar*. 19 hal.
- <http://repo.mahadewa.ac.id/id/eprint/2045/1/HKI%20Modul%20Pestisida%20Nabati%20dari%20Bahan%20Segar%20%28Prof.%20Widnyana%20%26%20Suanda%29.pdf>
- Widnyana, I.K. 2020. *Pertanian Organik dan pertanian Berkelanjutan dalam Book Chapter Pertanian Berkelanjutan Sebuah Pendekatan Konsep dan Praktis*. Penerbit: Swasta Nulus. Denpasar; hal. 2-30.
- <https://drive.google.com/file/d/13MOryloskcY-b-W8ZhMX3X1zSunsJPDX/view?usp=sharing>
- Yuliani, S. 2012. *Paradigm of Ecological Architecture of Kenneth Yeang As a Design Method of Environmental Friendly*. In 2nd CONVEESH & 13Th SENVAR International Conference. Yogyakarta: Architecture Department DWCU Yogyakarta

BIODATA PENULIS



Tri Putri Wahyuni, S.Pd.
Tenaga Pendidik

Penulis lahir di Padang, 24 Juni 1995. Penulis adalah seorang pengajar bidang studi biologi, dan sekarang sedang melanjutkan studi Magister di sekolah Pasca Sarjana Bidang Studi Pendidikan Biologi Universitas Negeri Padang. Penulis mulai mengajar di Madrasah Aliyah pada Juli 2019 sampai saat ini. Menyelesaikan pendidikan S1 Bidang studi Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Padang pada tahun 2018. Penulis mulai menekuni bidang menulis, buku yang sudah diterbitkan berjudul *Anatomi Fisiologi* dan Mikrobiologi, serta Morfologi tumbuhan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: triputriyuni@gmail.com.

BIODATA PENULIS

Novita Kartika Indah

Staf Dosen Rumpun biologi

Staf Akademik di Program Studi Biologi, FMIPA Unesa

Nama lengkap penulis adalah Novita K. Indah, merupakan anak kedua dari orang tua yang berprofesi sebagai guru. Penulis menempuh S1 di Unesa yang dulu bernama IKIP Negeri Surabaya, selanjutnya Pasca Sarjana dilaksanakan di IPB dan Univ. Brawijaya jurusan Biologi. Karya ini merupakan tulisan ke 16 atau ke enam tahun ini. Penulis juga menulis buku seperti Sistematika Tumbuhan, Etnobotani, Panduan Praktikum Sistematika Tumbuhan, dan Panduan Eksplorasi Lapang, satu bab dengan Judul Perbungaan (Morfologi Tumbuhan), Dampak Budaya (Amdal), Manusia dan lingkungan (Ilmu Sosial), Monera dan Protista (Sistematika Tumbuhan), Kebun dan Pekarangan Rumah sebagai Habitat Rempah dan Herba (Rempah dan Herba di Pekarangan) dengan penerbit Get Press dan terakhir bab ini. Sejak menyelesaikan S2 penulis selalu melakukan penelitian di bidang Botani. Semoga buku ini bermanfaat bagi pembaca.

BIODATA PENULIS



A.A. Istri Mirah Dharmadewi, S.Si., M.Si
Dosen Program Studi Pendidikan Biologi
FKIP Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Penulis lahir di Denpasar tanggal 27 juli 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas PGRI Mahadewa Indonesia. Selain itu sebagai guru di SMAN 9 Denpasar mengampu mata pelajaran Biologi. Menyelesaikan S1 pada jurusan Biologi dan melanjutkan S2 pada jurusan ilmu Biologi pada tahun 2014. Saat ini sedang melanjutkan studi S3 jurusan biologi di Universitas Udayana. Buku yang pernah ikut ditulis oleh penulis yaitu Bioslurry” Mengolah Limbah Menjadi Sumber Pendapatan” dan Rempah-Rempah di Pekarangan Rumah.

BIODATA PENULIS



Fathin Hamida, S. Si., M. Si

Dosen Program Studi Farmasi

Fakultas Farmasi Institut Sains dan Teknologi Nasional

Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 26 November 1986. Anak ke-3 dari Bapak Chairul Usman dan Ibu Anita Lukman. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Farmasi Fakultas Farmasi, Institut Sains dan Teknologi Nasional sejak tahun 2016 sampai dengan sekarang. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta dan melanjutkan S2 pada Jurusan Mikrobiologi di IPB University. Penulis menekuni bidang biologi dan mikrobiologi. Selain aktif mengajar, penulis juga aktif menulis buku teks bidang biologi dan mikrobiologi, dan aktif sebagai *reviewer* di beberapa jurnal dan buku teks sekolah pelajaran IPA/Biologi sampai sekarang.

BIODATA PENULIS



Atika Anggraini, S.Pd., M.Pd.

Dosen Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Tarbiyah

Penulis lahir di Bojonegoro tanggal 8 April 1995. Penulis adalah dosen tetap sejak tahun 2021 pada Program Studi Tadris Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Tarbiyah, Institut Agama Islam Negeri Kediri. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Pendidikan Biologi dan melanjutkan S2 pada Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang. Penulis juga aktif melakukan penelitian dan penulisan karya ilmiah sampai sekarang.

BIODATA PENULIS



Herviani Sari, S.Pd, M.Biomed.

Dosen Program Studi Sarjana Farmasi
Fakultas Farmasi

Institut Kesehatan Deli Husada Deli Tua

Penulils merupakan putri daerah kelahiran Kisaran, 21 Oktober 1989. Saat ini penulis merupakan dosen pada Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Farmasi, Institut Kesehatan Deli Husada Deli Tua. penulis menempuh Pendidikan di Universitas Negeri Medan pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam lulus di tahun 2011. Kemudian penulis melanjutkan ke jenjang Magister di Universitas Sumatera Utara pada Program Studi Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran. Penulis mulai aktif menulis buku tahun 2022, buku pertama yang ditulis berjudul Biomedik Dasar merupakan Book Chapter yang ditulis bersama beberapa penulis lainnya. Selain menulis buku, penulis juga aktif menulis artikel penelitian di jurnal-jurnal nasional.

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



Dr. Safrida, S.Pd., M.Si, AIFO

Dosen tetap pada program studi Pendidikan Biologi Universitas
Syiah Kuala

Dr. Safrida, S.Pd., M.Si, AIFO lahir di Aceh Besar pada Tanggal 5 Agustus 1980. Memulai Karier tahun 2005 sebagai dosen tetap pada program studi Pendidikan Biologi Universitas Syiah Kuala, dan saat ini sebagai Koordinator Program Studi Magister pendidikan Biologi (MPBIO) Universitas Syiah Kuala mulai Tahun 2022- sekarang. Salah satu mata kuliah yang diampu Biologi Perkembangan. Alhamdulillah berperan aktif di berbagai kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi.

BIODATA PENULIS



Ni Wayan Ratnadi, S.Pd., M.Pd
SMP Negeri 11 Denpasar-Bali
Email: wratnadii@gmail.com

Kelahiran tanggal 10 Mei 1967 di Kelurahan Pedungan, Kecamatan Denpasar Selatan Kota Denpasar-Bali (80222). Jenjang pendidikan dasar dan menengah sampai perguruan tinggi ditempuh di Bali. Pendidikan Tinggi S1 Pendidikan Biologi diselesaikan tahun 1996 di Program Studi Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP PGRI Bali (sekarang menjadi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia). Pendidikan Pascasarjana ditempuh di Program Studi Manajemen Pendidikan Pascasarjana (S2) Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) Singaraja (2008-2010). Penulis bekerja sebagai Waka Humas SMP Negeri 11 Denpasar-Bali (Jl. Tukad Punggawa Kelurahan Serangan, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar). Penulis juga sebagai Badan Pendiri dan Pengurus Yayasan Taman Pendidikan Ganesha Denpasar, yang menaungi SMP Ganesha Denpasar-Bali.

BIODATA PENULIS



Yusmar Yusuf, S.Pd., M.Kes.

Dosen Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Khairun

Penulis lahir di Parepare tanggal 14 Desember 1990. Semasa kecil, sulung dari 4 bersaudara bersekolah di TK Aisyah Bustanul Atfal 2 Parepare, lalu SD Negeri 29 Parepare, selanjutnya bersekolah di SMP Negeri 1 Parepare, dan melanjutkan ke tingkat SMA di SMA Negeri 5 Unggulan Parepare.

Saat ini, penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Khairun. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi, Program Studi Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Makassar dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Biomedik, Konsentrasi Fisiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin.

BIODATA PENULIS



Almira Ulimaz, S.Si., M.Pd.

Dosen Program Studi Diploma III Agroindustri dan Program Studi Sarjana Terapan Pengembangan Produk Agroindustri, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut

Penulis lahir di Banjarmasin, tanggal 25 Februari 1988. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Diploma III Agroindustri dan Program Studi Sarjana Terapan Pengembangan Produk Agroindustri, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2010. Kemudian menyelesaikan pendidikan S2 pada Magister Pendidikan Biologi Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat (ULM) pada tahun 2013.

Penulis mulai bekerja pada 2013 sebagai guru Biologi di Bimbingan Belajar berskala nasional yakni Primagama dan menjadi dosen tetap Yayasan (DTY) di program studi S1 Pendidikan Biologi di STKIP PGRI Banjarmasin sampai dengan tahun 2019. Pada 2014–2015, penulis menjadi guru honorer di SMA Islam Sabilal Muhtadin Banjarmasin sebagai guru Biologi. Kemudian pada 2017–2018 menjadi dosen luar biasa pada Program Studi Diploma III Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur. Selanjutnya pada November 2019 penulis

menjadi dosen tetap pada Program Program Studi Diploma III Agroindustri kemudian di tahun 2023 bulan September penulis juga ditugaskan untuk mengajar di program studi sarjana terapan Pengembangan Produk Agroindustri yang masih di bawah Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut hingga saat ini.

BIODATA PENULIS



Dr. Drs. I Wayan Suanda, S.P., M.Si
Universitas PGRI Mahadewa Indonesia
Email: suandawayan65@gmail.com

Kelahiran 31 Desember 1965 di Kelurahan Pedungan, Kecamatan Denpasar Selatan Kota Denpasar-Bali (80222). Pendidikan Tinggi S1 Pendidikan Biologi (1985-1990); S1 Pertanian, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan (1989-1993); Program Pascasarjana S2 Jurusan Bioteknologi Pertanian Universitas Udayana, Bali (1999-2002) dan Program Doktor (S3) tahun 2012-2017 di Program Studi Ilmu Pertanian, Konsentrasi Sumber Daya Hayati (SDH) Universitas Udayana. Penulis mulai mengajar di SMP, SMA, SMK di Kota Denpasar dari tahun 1986-2012 dan Dosen PNS Kopertis Wil. VIII (sekarang LLDIKTI) Wil. VIII tahun 1991 yang dipekerjakan pertama kali di Universitas Katolik Widya Mandira Kupang dan akhirnya tahun 1993 direkomendasi di IKIP PGRI Bali yang sekarang menjadi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, di Denpasar. Penulis ditempatkan (*homebase*) di Program Studi Pendidikan Biologi dan pernah menduduki jabatan di PT yaitu: Kaprodi Pendidikan Biologi (1995-1999); PD III FPMIPA (1999-2003); Kaprodi Pendidikan Biologi (2003-2011); Dekan FPMIPA (2011-2015) dan Ketua Badan Penjamin Mutu (BPM) di tingkat institusi (2015-2020) serta Ketua Tim PAK Pengusulan Jabatan Fungsional Universitas PGRI Mahadewa Indonesia (UPMI) Bali

(2022- sekarang) dan beberapa jabatan organisasi di luar kampus. Modul/Diklat mengajar serta beberapa produk Pupuk Organik, Pestisida Organik dan pengelolaan sumber daya hayati (SDH) termasuk produk Hasil Fermentasi, serta menjadi Asesor Nasional BKD. Penulis juga menghasilkan buku ber ISBN berjudul:

1. Buku: Pertanian Berkelanjutan, Sebuah Pendekatan Konsep dan Praktis
Terbit: Juli 2020. ISBN 978-623-7559-45-0
<https://drive.google.com/file/d/13MOryloskcY-b-W8ZhMX3X1zSunsJPDX/view?usp=sharing>
2. Buku: “Manisnya Brotowali (*Tinospora crispa* L. Mier) sebagai Fitofarmasida”.
Terbit: Juli 2021. ISBN: 978-623-6259-74-0
https://drive.google.com/folderview?id=14LFZTSDwsgqORvHx0phf_Z6NFo6TUBz-
3. Buku: Stroberi Sehat “Petik Langsung” *Trend Agrowisata*.
Terbit: 16 Februari 2023. ISBN: 978-623-198-089-2
<https://globaleksekitifteknologi.co.id/stroberi-sehat-petik-langsung-trend-agrowisata/>
4. Buku: Pertanian Organik. Terbit: Desember 2022. ISBN 978-623-8102-10-5
https://drive.google.com/file/d/1qOWzsQ3GtD8aVM-uQzEdphuFGYR6pfcP/view?usp=share_link
5. Buku: Biologi Dasar untuk Perguruan Tinggi.
Terbit: November 2022. ISBN: 978-623-8051-54-0
<https://drive.google.com/file/d/1s1tAb18luO6K4BWpjV-Mi2-WF3FN60IZ/view?usp=sharing>
6. Buku: Perlindungan Tanaman. Terbit: Maret 2023. ISBN: 978-623-198-115-8
<https://drive.google.com/file/d/1dkrhJh6WyrDkPqSw6fT8b07mE0eDjWJU/view?usp=sharing>
7. Buku judul: Teknologi Perlindungan Hama dan Penyakit Tanaman Umbi-Umbian Lokal. Terbit: April 2023. ISBN: 78-623-8065-33-2
<https://drive.google.com/file/d/15oHqCiIBX4b1KBT5Xb8oao8Hhjzke9Ux/view?usp=sharing>

8. Buku: EKOLOGI TUMBUHAN. Terbit: Mei 2023. ISBN : 978-623-198-334-3
<https://drive.google.com/file/d/1ssyO6cOzMCqYogRyHuLr0ZHLHz07ozcr/view?usp=sharing>
9. Buku: MIKROBIOLOGI LINGKUNGAN. Terbit: Mei 2023. ISBN: 978-623-198-315-2
https://drive.google.com/file/d/1PmIghNLFV_jN-YVvyef7DPdViCBD9Kfr/view?usp=sharing
10. Buku: FISIOLOGI DAN TEKNOLOGI PASCAPANEN. Terbit: Mei 2023. ISBN: 978-623-198-333-6
https://drive.google.com/file/d/1Y0RuHfcp8cm80evjHK9OhvP_GdR8WE8LS/view?usp=sharing
11. Buku: DASAR-DASAR ILMU HAMA TANAMAN Terbit: Mei 2023. ISBN : 978-623-198-240-7
<https://drive.google.com/file/d/1889hOWnaGwi6blQ8YCiDCCt6jstiwTVN/view?usp=sharing>