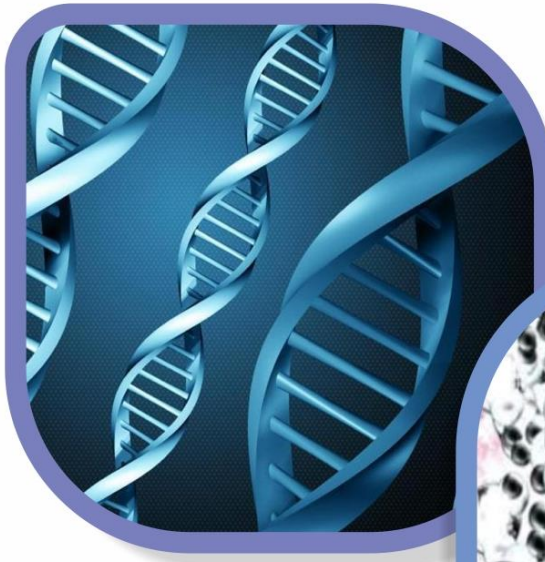




Direktorat Pembinaan SMK
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2017

Bahan Ajar
BIOLOGI
Untuk SMK/MAK



Bidang Keahlian
Kesehatan

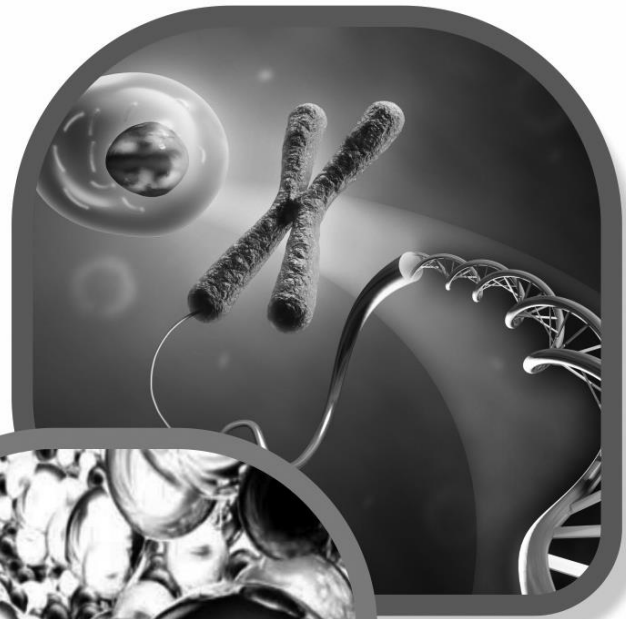
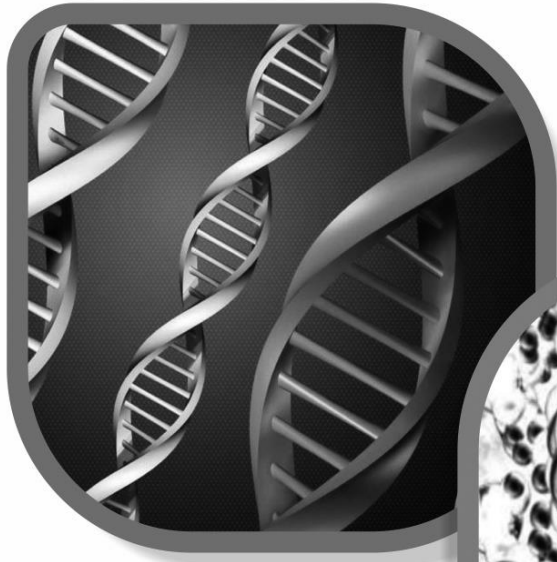
Herman Pancasakti K.
Muhammad Zainuri
Endang Dwi Purbajanti

Kelas
X
bagian 2



Direktorat Pembinaan SMK
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2017

Bahan Ajar
BIOLOGI
Untuk SMK/MAK



Bidang Keahlian
Kesehatan

Herman Pancasakti K.
Muhammad Zainuri
Endang Dwi Purbajanti

Kelas
X
bagian 2

Hak Cipta Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Dilindungi Undang-Undang

Milik Negara
Tidak diperdagangkan

Penulis **HERMIN PANCA SAKTI K.**
 MUHAMMAD ZAINURI
 ENDANG DWI PURBAJANTI

KDT

2017

Disusun dengan huruf Times New Roman, 11 pt

KATA PENGANTAR

Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 Pasal 31 ayat (3) mengamanatkan bahwa Pemerintah mengusahakan dan menyelenggarakan satu sistem pendidikan nasional, yang meningkatkan keimanan dan ketakwaan serta akhlak mulia dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, yang diatur dengan undang-undang. Atas dasar amanat tersebut telah diterbitkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.

Implementasi dari undang-undang Sistem Pendidikan Nasional tersebut yang dijabarkan melalui sejumlah peraturan pemerintah, memberikan arahan tentang perlunya disusun dan dilaksanakan delapan standar nasional pendidikan, diantaranya adalah standar sarana dan prasarana. Guna peningkatan kualitas lulusan SMK maka salah satu sarana yang harus dipenuhi oleh Direktorat Pembinaan SMK adalah ketersediaan bahan ajar siswa khususnya bahan ajar Peminatan C1 SMK sebagai sumber belajar yang memuat materi dasar kejuruan

Kurikulum yang digunakan di SMK baik kurikulum 2013 maupun kurikulum KTSP pada dasarnya adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan. Bahan ajar Siswa Peminatan C1 SMK ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan

kemampuan mencipta. Bahan ajar ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum yang digunakan, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Bahan ajar ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu Bahan Ajar ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian bahan ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan Generasi Emas seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Agustus 2017
Direktorat Pembinaan SMK

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1_KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA	1
A. Pengaruh Kesehatan dalam Kehidupan.....	2
1. Sehat Badan.....	3
2. Sehat Jiwa	3
3. Sehat Spiritual.....	3
B. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	6
C. Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Laboratorium.....	6
D. Bahaya Kimia dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja	9
E. Bahaya Fisik dan Mekanik dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja	15
F. Bahaya Biologi dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja	16
G. Rangkuman	20
BAB 2 SANITASI LINGKUNGAN.....	24
A. Pengertian Kesehatan Lingkungan.....	24
B. Air Bersih.....	25
C. Faktor yang Berpengaruh pada Sanitasi Makanan	34
D. Faktor yang Berpengaruh pada Sanitasi : Udara Bersih.....	40
E. Faktor yang Berpengaruh terhadap Sanitasi : Rumah Sehat	43
1. Ventilasi	44
2. Cahaya.....	45
3. Suhu Udara dan Kelembaban.....	45
4. Luas Bangunan Rumah	46
F. Rangkuman	52
BAB 3 EKOSISTEM	57
A. Komponen Ekosistem	59
1. Individu	60
2. Populasi.....	60
3. Komunitas	61
4. Ekosistem.....	61

B.	Komponen Penyusun Ekosistem	62
1.	Komponen Biotik	62
2.	Komponen Abiotik	64
3.	Faktor-Faktor Abiotik	64
4.	Oksigen dan Karbon Dioksida	69
5.	Air	69
6.	Kelembapan	70
C.	Keseimbangan Ekosistem	70
D.	Saling Ketergantungan (Interdependensi)	72
E.	Rantai Makanan dan Jaring - Jaring Makanan	74
1.	Rantai Makanan	74
2.	Jaring - Jaring Makanan	74
3.	Piramida Makanan	75
4.	Daur Biogeokimia	76
5.	Bentuk Interaksi Makhluk Hidup	81
F.	Rangkuman	84
G.	Uji Kompetensi	85
	BAB 4 ANATOMI TUBUH MANUSIA	90
A.	Sejarah Ilmu Anatomi	91
B.	Sistem Pencernaan	94
C.	Sistem Integumen	97
D.	Sistem Kekebalan Tubuh / Sistem Imun	98
E.	Sistem Endokrin	99
F.	Sistem Kardiovaskular	100
G.	Sistem Limfatik	101
H.	Sistem Rangka	102
I.	Sistem Urin	106
J.	Sistem Otot	106
K.	Sistem Pernapasan	106
L.	Sistem Indra	107
M.	Sistem Reproduksi	107
1.	Alat Reproduksi Laki-Laki	107
2.	Alat Reproduksi Perempuan	108
N.	Sistem Syaraf	108

1. Otak.....	108
2. Sumsum Belakang.....	108
O. Rangkuman	110
BAB 5 VIRUS.....	113
A. Ciri-Ciri Virus	114
B. Perkembangbiakan Virus	118
1. Siklus Litik (Lisis)	118
2. Siklus Lisogenik.....	120
C. Penyakit yang Disebabkan oleh Virus	122
1. Penyakit Cacar Air	122
2. Campak (Morbili)	123
3. Ebola	124
4. Flu Burung	124
5. Gondongan.....	126
6. Hepatitis	126
7. Penyakit Herpes	128
8. Penyakit Polio	129
9. Chikungunya	129
10. Demam Berdarah	130
11. SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome).....	130
12. MERS.....	131
D. Penyakit yang Disebabkan Virus pada Tumbuhan.....	131
1. Penyakit Virus kuning.....	132
2. Penyakit Virus pada Kedelai.....	132
3. Penyakit Tungro pada Padi	133
4. Penyakit Layu Tanaman Nenas.....	133
E. Penyakit yang Disebabkan Virus pada Hewan.....	133
1. Penyakit Rabies.....	133
2. Penyakit Mulut dan Kuku	134
3. Penyakit Tetelo (NCD)	134
4. Penyakit Tumor atau Kutil.....	134
5. Penyakit Avian Influenza.....	135
6. Penyakit Feline Panleukopenia (FPL).....	135
7. Peran Virus dalam Kehidupan	136

8. Kegunaan Virus bagi Kehidupan	137
F. Rangkuman	137
BAB 6 BAKTERI	140
A. Klasifikasi Bakteri.....	140
1. Archaeobacteria.....	141
2. Eubacteria.....	142
B. Perkembangbiakan Bakteri	144
1. Transformasi	145
2. Transduksi	145
3. Konjugasi	146
C. Ciri - Ciri Bakteri	146
1. Bentuk Sel Bakteri	146
2. Ukuran Sel Bakteri	148
3. Dinding Sel Bakteri.....	148
D. Reproduksi Bakteri.....	150
E. Jenis-Jenis Bakteri.....	152
1. Bakteri Heterotrof	152
2. Bakteri Autotrof	152
3. Ciri-Ciri Bakteri	153
4. Struktur Bakteri.....	153
5. Bentuk Bakteri	155
6. Alat Gerak Bakteri	156
F. Peranan Bakteri dalam Kehidupan	158
G. Rangkuman	160
BAB 7 JAMUR DAN KHAMIR	163
A. Pengertian Jamur (Fungi) dan Khamir	163
B. Reproduksi Jamur (Fungi) dan Khamir.....	164
C. Klasifikasi Jamur (Fungi) dan Khamir.....	165
1. Ciri-Ciri Jamur (Fungi).....	165
2. Reproduksi Jamur (Fungi).....	166
3. Reproduksi Aseksual.....	166
4. Reproduksi Seksual.....	167
D. Peranan Jamur dan Khamir dalam Kehidupan Manusia	181
E. Rangkuman	186

BAB 8 PENCEMARAN LINGKUNGAN	191
A. Pengaruh Kegiatan Manusia terhadap Keseimbangan Lingkungan.....	193
B. Perubahan Lingkungan.....	194
C. Pencemaran Lingkungan	195
1. Sumber dan Penyebaran Bahan Pencemaran	196
2. Jenis Pencemaran Lingkungan	198
3. Jenis-Jenis Pencemaran Udara	217
D. Jenis Pencemaran Lingkungan	219
1. Pencemaran Air	219
2. Pencemaran Tanah	228
3. Pencemaran Udara	229
4. Jenis-Jenis Pencemaran Udara	230
5. Dampak Pencemaran Udara dan Pengelolaan Kualitas Udara.....	231
6. Pencemaran Tanah	234
7. Pencemaran Suara	235
8. Pencemaran Limbah Padat	236
9. Dampak Pencemaran Bagi Manusia Secara Global	238
E. Pelestarian Lingkungan	239
1. Membuang sampah pada tempatnya	239
2. Penanggulangan limbah industri	239
3. Penanggulangan pencemaran udara	239
4. Diadakan penghijauan di kota-kota besar	240
5. Penggunaan pupuk dan obat pembasmi hama tanaman yang sesuai.....	240
6. Pengurangan pemakaian CFC	240
F. Rangkuman	240
DAFTAR PUSTAKA	247
GLOSARIUM.....	248
INDEKS.....	252

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Label pada botol bahan kimia	10
Gambar 1.2. Koloni Haemophilus influenza	17
Gambar 1.3. Bakteri Bacillus, Vibrio dan Staphylococcus saat diamati dengan mikroskop perbesaran 1000x.....	17
Gambar 1.4. Penggunaan dan Bagian-bagian mikroskop	19
Gambar 2.1. PHBS di Rumah	47
Gambar 2.2. Promo kesehatan	50
Gambar 3.1 Ekosistem persawahan	58
Gambar 3.2 Populasi tanaman cabai	60
Gambar 3.3. Grafik Perubahan jumlah komponen biotik	71
Gambar 3.4 Saling ketergantungan antara produsen, konsumen,dan dekomposer.....	73
Gambar 3.5. Piramida makanan.....	75
Gambar 3.6. Daur Karbon.....	77
Gambar 3.7. Daur nitrogen	77
Gambar 3.8. Daur belerang	78
Gambar 3.9. Daur fosfor	79
Gambar 3.10. Daur air	80
Gambar 4.1. Ahli anatomi Islam Ibnu Sina	94
Gambar 4.2. Sistem Pencernaan Manusia.....	94
Gambar 4.3. Anatomi gigi	95
Gambar 4.4. Anatomi lambung.....	96
Gambar 4.5. Anatomi Kulit dan rambut	97
Gambar 4.6. Anatomi sistem kekebalan tubuh	98
Gambar 4.7. Anatomi jantung.....	101
Gambar 4.8. Tulang tengkorak	104
Gambar 4.9. Tulang rusuk	105
Gambar 5.1 Virus Ebola pada pengamatan menggunakan mikroskop TEM.....	113
Gambar 5.2 Virus pada Tembakau	114
Gambar 5.3 Struktur Bakteriofag.....	115
Gambar 5.4 Berbagai bentuk jenis virus.....	116
Gambar 5.5 Reproduksi virus Bakteriofag	118

Gambar 5.6. Siklus litik dan lisogenik Virus Herpes Simpleks I.....	121
Gambar 5.7. Virus Varicella-zoster	123
Gambar 5.8. Virus Morbillivirus.....	123
Gambar 5.9. Virus Ebola	124
Gambar 5.10. Penemuan dan Penyebaran Virus Ebola melalui beberapa hewan perantara sampai ke tubuh manusia	124
Gambar 5.11. Penemuan dan Penyebaran Virus Ebola melalui beberapa hewan perantara sampai ke tubuh manusia.....	125
Gambar 5.12. Virus Avian Influenza	125
Gambar 5.11. Virus Mumps.....	126
Gambar 5.13. Virus Hepatitis A, B, C, D, E(atas ke bawah).....	127
Gambar 5.14. Siklus hidup virus Hepatitis B.....	128
Gambar 5.15. Virus Herpes	128
Gambar 5.16. Virus Polio	129
Gambar 5.17. Virus Chikungunya	129
Gambar 5.18. Virus Dengue	130
Gambar 5.19. Virus SARS.....	131
Gambar 5.20. Virus MERS	131
Gambar 6.1 Pembelahan binerbakteri	145
Gambar 6.2. Struktur Sel bakteri	148
Gambar 6.3. Pengelompokan bakteri berflagel.....	150
Gambar 6.4. Struktur Sel bakteri	154
Gambar 6.5. Bentuk bakteri kokus.....	155
Gambar 6.6. Bentuk bakteri basil.....	156
Gambar 6.7. Bentuk bakteri Spiril	156
Gambar 6.8. Mekanisme transformasi	157
Gambar 6.9. Mekanisme transduksi.....	158
Gambar 6.10. Mekanisme konjugasi.....	158
Gambar 7.1. Fungi (Jamur).....	164
Gambar 7.2. Jamur Zygomycota.....	168
Gambar 7.3. Jamur Ascomycota	170
Gambar 7.4. Jamur Basidiomycota	172
Gambar 7.5. Bagian-bagian sel jamur.....	173
Gambar 7.6. Rhizopus.....	174

Gambar 7.7. Jamur Ascomycota.....	175
Gambar 7.8. Jamur Basidiomycota.....	178
Gambar 7.9. Jamur Deuteromycetes.....	179
Gambar 7.10. Jamur Chytridiomycota.....	180
Gambar 7.11. <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	184
Gambar 7.12. Reproduksi <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	185
Gambar 8.1 Peningkatan kepadatan penduduk berpengaruh terhadap pergeseran fungsi lahan.....	192
Gambar 8.2 Asap mobil sebagai sumber pencemaran.....	196
Gambar 8.3 Dampak zat pengikatan oksigen udara dalam air.....	200
Gambar 8.4 Instalasi pengolahan air limbah.....	206
Gambar 8.5. Alat Insinerasi dan mekanisme kerjanya.....	215
Gambar 8.6 Proses terjadinya hujan asam.....	218
Gambar 8.7. Filter udara.....	232
Gambar 8.8. Pengendap siklon.....	232
Gambar 8.9. Pengendap sistem gravitasi.....	233
Gambar 8.10. Pengendap elektrostatik.....	233
Gambar 8.11. Filter basah.....	233
Gambar 8.12. Limbah padat berupa plastik dan besi tidak dapat terurai dan dapat menimbulkan cairan yang berbahaya.....	236

DAFTAR TABEL

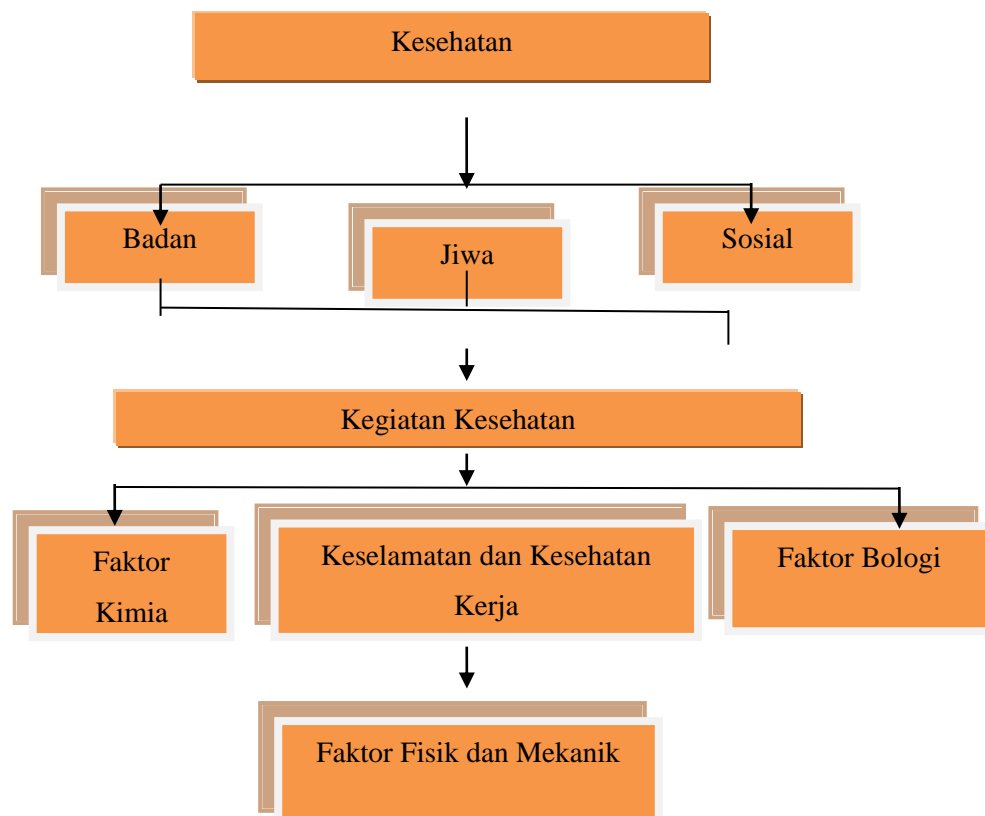
Tabel 1.1. Daftar persyaratan Kualitas Air Minum dan Air bersih.....	28
Tabel 5.1 Variasi bentuk virus.....	117
Tabel 6.1 Pengelompokan bakteri berdasarkan alat geraknya.....	142
Tabel 6.2 Pengelompokan bakteri menurut bentuknya.....	143
Tabel 6.3. Bakteri yang merugikan.....	159
Tabel 8.1 Sumber Utama Pencemaran Air.....	201
Tabel 8.1 Sumber Utama Pencemaran A i r.....	222
Tabel 8.2 Penyakit terkait kualitas air dan Penyebabnya.....	223
Tabel 8.3 Jenis Limbah Padat.....	237

BAB 1

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Setelah mempelajari bab ini, Kalian diharapkan dapat mengetahui dan menjelaskan keselamatan dan kesehatan kerja yang berpengaruh pada kesehatan manusia. Selanjutnya diharapkan mengetahui berbagai faktor yang mempengaruhi keselamatan dan kesehatan kerja dan berperan serta dalam menjaga keselamatan dan kesehatan kerja. Kalian juga diharapkan mampu menjelaskan mengenai faktor

Peta Konsep



Tahukah Kalian, perkembangan cabang ilmu biologi apakah yang paling hangat dibicarakan pada abad ke-20 ini? Perkembangan ilmu pengetahuan dari tahun-ketahun makin maju, hal itu disebabkan keingintahuan manusia yang tidak pernah berhenti seiring dengan keinginan untuk senantiasa menjaga kesehatan dan menyembuhkan berbagai

macam penyakit. Perkembangan ilmu pengetahuan di berbagai bidang makin pesat setelah ditemukan berbagai alat dan teknik untuk mengungkap rahasia alam, sehingga dunia hanya sebesar telepon seluler.

Di bidang kesehatan dan kedokteran telah banyak hasil ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah ditemukan, misalnya alat kedokteran berupa MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) untuk tumor otak dan syaraf tulang belakang, USG (*ultra sonografi*), ECG (*electro cardio graf*). Selain itu juga tengah berkembang teknologi dan terapi sel punca untuk berbagai penyakit degeneratif, transplantasi organ-organ tubuh, fertilisasi *in vitro* (bayi tabung), terapi genetik, dan penemuan berbagai obat-obatan untuk penyembuhan berbagai penyakit, dan lain-lain. Saat ini ada dua jenis sel punca yang dikenal, yaitu; *Allogenic Stem Cell* dari orang sehat dan bisa digunakan untuk orang lain dan *Autologous Stem Cell* yang berasal dari tubuh pasien itu sendiri. Semua itu adalah hasil perkembangan ilmu dan teknologi (*sains*), yaitu dengan mempelajari dan memahami gejala-gejala alam secara objektif (apa adanya). Aplikasi teknologi dalam bidang kesehatan membutuhkan keahlian, kecermatan, dan kehati-hatian melalui penguasaan keselamatan dan kesehatan kerja agar diperoleh hasil yang terbaik.

Kemajuan teknologi bertujuan untuk membuat kehidupan manusia semakin sehat. Penelitian dan pengembangan kesehatan dilaksanakan untuk memilih dan menetapkan ilmu pengetahuan dan teknologi tepat guna yang diperlukan dalam rangka meningkatkan derajat kesehatan

A. Pengaruh Kesehatan dalam Kehidupan

Apakah yang dimaksud dengan kesehatan? Kesehatan adalah keadaan sejahtera dari jasmani, jiwa, dan sosial yang memungkinkan seseorang hidup produktif secara sosial dan ekonomi (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1992). Sehat berhubungan dengan hukum alam yang mengatur tubuh, jiwa, dan lingkungan berupa udara segar, sinar matahari, diet seimbang, bekerja, istirahat, tidur, santai, kebersihan serta pikiran, kebiasaan dan gaya hidup yang baik. *World Health Organization (WHO)* menyatakan bahwa pengertian sehat adalah suatu keadaan kondisi fisik, mental, dan kesejahteraan sosial yang merupakan satu kesatuan dan bukan hanya bebas dari penyakit atau kecacatan.

Menurut WHO, ada tiga komponen penting yang merupakan satu kesatuan dalam definisi sehat yaitu:

1. Sehat Badan

Sehat jasmani merupakan komponen penting dalam arti sehat seutuhnya, berupa sosok manusia yang berpenampilan kulit bersih, mata bersinar, rambut tersisir rapi, berpakaian rapi, berotot, tidak gemuk, nafas tidak bau, selera makan baik, tidur nyenyak, gesit dan seluruh fungsi fisiologi tubuh berjalan normal.

2. Sehat Jiwa

Sehat mental dan sehat jasmani selalu dihubungkan satu sama lain dalam pepatah kuno "Jiwa yang sehat terdapat di dalam tubuh yang sehat" (*Men Sana In Corpore Sano*).

3. Sehat Spiritual

Spiritual merupakan komponen tambahan pada pengertian sehat oleh WHO dan memiliki arti penting dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Setiap individu perlu mendapat pendidikan formal maupun informal, kesempatan untuk berlibur, mendengar alunan lagu dan musik, siraman rohani seperti ceramah agama dan lainnya agar terjadi keseimbangan jiwa yang dinamis dan tidak monoton.

Penyelenggaraan upaya kesehatan dilaksanakan melalui kegiatan :

a. kesehatan keluarga;

Setiap keluarga melakukan dan mengembangkan kesehatan keluarga dalam keluarganya. Pemerintah membantu pelaksanaan dan mengembangkan kesehatan keluarga melalui penyediaan sarana dan prasarana atau dengan kegiatan yang menunjang peningkatan kesehatan keluarga.

b. perbaikan gizi;

Diselenggarakan untuk mewujudkan terpenuhinya kebutuhan gizi. Perbaikan gizi meliputi upaya peningkatan status dan mutu gizi, pencegahan, penyembuhan, dan atau pemulihan akibat gizi salah.

c. pengamanan makanan dan minuman;

Diselenggarakan untuk melindungi masyarakat dari makanan dan minuman yang tidak memenuhi ketentuan mengenai standar dan atau persyaratan kesehatan. Setiap makanan dan minuman yang dikemas wajib diberi tanda atau label yang berisi bahan yang dipakai; komposisi setiap bahan; tanggal, bulan, dan tahun kadaluwarsa; dan ketentuan lainnya.

Makanan dan minuman yang tidak memenuhi ketentuan standar dan atau persyaratan kesehatan dan atau membahayakan kesehatan dilarang untuk diedarkan, ditarik dari

- peredaran, dan disita untuk dimusnahkan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- d. kesehatan lingkungan; diselenggarakan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat. Kesehatan lingkungan dilaksanakan terhadap tempat umum, lingkungan pemukiman, lingkungan kerja, angkutan umum, dan lingkungan lainnya. Kesehatan lingkungan meliputi penyehatan air dan udara, pengamanan limbah padat, limbah cair, limbah gas, radiasi dan kebisingan, pengendalian vektor penyakit, dan penyehatan atau pengamanan lainnya. Setiap tempat atau sarana pelayanan umum wajib memelihara dan meningkatkan lingkungan yang sehat sesuai dengan standar dan persyaratan.
 - e. kesehatan kerja; diselenggarakan untuk mewujudkan produktivitas kerja yang optimal. Kesehatan kerja meliputi pelayanan kesehatan kerja, pencegahan penyakit akibat kerja, dan syarat kesehatan kerja. Setiap tempat kerja wajib menyelenggarakan kesehatan kerja.
 - f. kesehatan jiwa; diselenggarakan untuk mewujudkan jiwa yang sehat secara optimal baik secara intelektual maupun emosional. Kesehatan jiwa meliputi pemeliharaan dan peningkatan kesehatan jiwa, pencegahan dan penanggulangan masalah psikososial dan gangguan jiwa, penyembuhan dan pemulihan penderita gangguan jiwa. Kesehatan jiwa dilakukan oleh perorangan, lingkungan keluarga, lingkungan sekolah, lingkungan pekerjaan, lingkungan masyarakat, didukung sarana pelayanan kesehatan jiwa dan sarana lainnya.
 - g. pemberantasan penyakit; diselenggarakan untuk menurunkan angka kesakitan dan atau angka kematian. Pemberantasan penyakit dilaksanakan terhadap penyakit menular dan penyakit tidak menular. Pemberantasan penyakit menular atau penyakit yang dapat menimbulkan angka kesakitan dan atau angka kematian yang tinggi dilaksanakan sedini mungkin.
 - h. penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan; diselenggarakan untuk mengembalikan status kesehatan akibat penyakit, mengembalikan fungsi badan akibat cacat atau menghilangkan cacat. Penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan dilakukan dengan pengobatan dan atau perawatan. Pengobatan dan atau perawatan dapat dilakukan berdasarkan ilmu kedokteran dan ilmu keperawatan atau cara lain yang dapat dipertanggungjawabkan. Pelaksanaan pengobatan dan atau perawatan berdasarkan ilmu kedokteran atau ilmu keperawatan hanya dapat dilakukan oleh tenaga kesehatan yang mempunyai keahlian dan kewenangan untuk

itu. Pemerintah melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan pengobatan dan atau perawatan berdasarkan cara lain yang dapat dipertanggungjawabkan.

- i. penyuluhan kesehatan masyarakat; diselenggarakan guna meningkatkan pengetahuan, kesadaran, kemauan, dan kemampuan masyarakat untuk hidup sehat, dan aktif berperan serta dalam upaya kesehatan.
- j. pengamanan sediaan farmasi dan alat kesehatan; diselenggarakan untuk melindungi masyarakat dari bahaya yang disebabkan oleh penggunaan sediaan farmasi dan alat kesehatan yang tidak memenuhi persyaratan mutu dan atau keamanan dan atau kemanfaatan.
- k. pengamanan penggunaan bahan yang mengandung zat adiktif diarahkan agar tidak mengganggu dan membahayakan kesehatan perorangan, keluarga, masyarakat, dan lingkungannya. Produksi, peredaran, dan penggunaan bahan yang mengandung zat adiktif harus memenuhi standar dan atau persyaratan yang ditentukan
- l. kesehatan sekolah; diselenggarakan untuk meningkatkan kemampuan hidup sehat peserta didik dalam lingkungan hidup sehat sehingga peserta didik dapat belajar, tumbuh, dan berkembang secara harmonis dan optimal menjadi sumber daya manusia yang lebih berkualitas. Kesehatan sekolah diselenggarakan melalui sekolah atau melalui lembaga pendidikan lain.
- m. kesehatan olahraga; diselenggarakan untuk memelihara dan meningkatkan kesehatan melalui kegiatan olahraga. Kesehatan olahraga diselenggarakan melalui sarana olahraga atau sarana lain.
- n. pengobatan tradisional merupakan salah satu upaya pengobatan dan atau perawatan cara lain di luar ilmu kedokteran atau ilmu keperawatan. Pengobatan tradisional perlu dibina dan diawasi untuk diarahkan agar dapat menjadi pengobatan dan atau perawatan cara lain yang dapat dipertanggungjawabkan manfaat dan keamanannya. Pengobatan tradisional yang sudah dapat dipertanggungjawabkan manfaat dan keamanannya perlu terus ditingkatkan dan dikembangkan untuk digunakan dalam mewujudkan derajat kesehatan yang optimal bagi masyarakat.
- o. kesehatan mata sebagai bentuk khusus upaya kesehatan diselenggarakan untuk mewujudkan derajat kesehatan yang optimal dalam lingkungan mata yang serba berubah. Kesehatan mata meliputi kesehatan lapangan, kesehatan kelautan dan bawah air, serta kesehatan kedirgantaraan.

Sumber daya kesehatan merupakan semua perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan sebagai pendukung penyelenggaraan upaya kesehatan, meliputi :

- a. Tenaga kesehatan;
- b. Sarana kesehatan;
- c. Perbekalan kesehatan;
- d. Pembiayaan kesehatan;
- e. Pengelolaan kesehatan;
- f. Penelitian dan pengembangan kesehatan.

B. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Kesehatan dari sudut pandang ekonomi sangat berkaitan dengan pekerjaan yang dijalani manusia dalam kehidupannya sehari-hari. Agar memperoleh kesehatan di dalam melakukan pekerjaannya, maka manusia harus memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3, *Occupational Safety and Health*) adalah semua ilmu dan aplikasinya yang digunakan sebagai upaya menjaga kondisi dan faktor yang berpengaruh terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja, masyarakat, tempat kerja dan lingkungan. Upaya tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja, penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dan pencemaran lingkungan kerja. Kecelakaan kerja dapat berupa kebakaran, ledakan, kerusakan mesin dan kontaminasi laboratorium dan lain-lain. Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan prasyarat untuk perlindungan pekerja, perusahaan, lingkungan hidup, dan masyarakat sekitar dari risiko akibat kecelakaan. K3 bertujuan melindungi diri, mencegah, meminimalkan sampai meniadakan kecelakaan kerja saat melakukan pekerjaan di tempat kerja. Keselamatan kerja (*Occupational Safety*) secara keilmuan merupakan suatu pengetahuan dan penerapannya untuk mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Keselamatan kerja berkaitan dengan manusia yang berada di tempat kerja, ketrampilan bekerja, peralatan kerja, mesin, bahan-bahan yang digunakan, proses dan lingkungan. Apakah yang dimaksud dengan kecelakaan kerja ? Kecelakaan Kerja (*Occupational Accident*) adalah suatu kejadian atau peristiwa yang tidak diinginkan di tempat kerja yang merugikan pekerja, merusak harta benda atau menimbulkan kerugian dalam proses kerja.

C. Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Laboratorium

Kalian biasanya melakukan praktikum di laboratorium. Apakah laboratorium itu ? bagaimana cara kerja di laboratorium agar kita dapat terhindar dari segala hal yang membahayakan keselamatan dan pekerjaan yang kita lakukan. Pertama-tama kita harus

mengetahui apa yang dimaksud dengan laboratorium. Laboratorium adalah tempat melakukan uji coba, eksperimen, penelitian terkait dengan bidang kesehatan dan bidang lain, pengukuran, penetapan dan pengujian terhadap bahan dari berbagai sumber untuk penentuan hasil pengujian, penyebab, dan faktor yang dapat berpengaruh terhadap hasil pengujian. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya kemajuan teknologi laboratorium, maka risiko yang dihadapi di laboratorium semakin meningkat. Risiko terburuk adalah terpapar pada bahan kimia yang merupakan bahan toksik, korosif, mudah meledak dan terbakar, serta materi biologi yang berbahaya.

Perancangan laboratorium harus mempunyai sistem ventilasi yang baik, mempunyai pemadam api untuk menghindari bahaya kebakaran, mempunyai tempat atau sarana yang mampu menahan tumpahan larutan yang mudah terbakar, mempunyai dua jalan keluar saat terjadi kebakaran yang terpisah, tersedia alat Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K). Beberapa kendala yang dihadapi adalah kurangnya pemahaman pengguna laboratorium akan masalah keselamatan kerja. Kecelakaan yang dapat terjadi di laboratorium bila kurang berhati-hati adalah kecelakaan medis, kecelakaan kerja, kecelakaan penggunaan mesin, peralatan, bahan kimia dan sebab lain yang terkait dengan lingkungan laboratorium, proses, cara dan sifat kerja. Kecelakaan di laboratorium dapat terjadi karena kurangnya pengetahuan dan keterampilan pelaksana, keletihan, dan kelemahan daya tahan tubuh serta sikap dan perilaku kerja yang tidak baik. Cara menjaga keselamatan kerja dan mencegah kecelakaan kerja di laboratorium adalah dengan :

1. Mengetahui jenis laboratorium dan tingkat (level) keselamatan kerja yang dipersyaratkan.
2. Menggunakan alas kaki yang tersedia di laboratorium.
3. Menggunakan jas laboratorium, masker atau sarung tangan yang memenuhi persyaratan tata laksana kesehatan di laboratorium dan standar nasional/internasional.
4. Mengetahui tata cara pemakaian alat-alat laboratorium.
5. Mengetahui jenis bahan kimia di laboratorium, tingkat bahaya bahan kimia, dan cara pengendaliannya.
6. Mengetahui jenis spesimen di laboratorium, tingkat bahaya spesimen, dan cara pengendaliannya baik spesimen cair, padat maupun makhluk hidup.
7. Mengetahui cara sterilisasi alat dan bahan yang digunakan di laboratorium.

Laboratorium adalah tempat kita melakukan penelitian, atau dengan kata lain ruangan tempat kita bekerja. Tahukah kamu apa yang dimaksud dengan tempat kerja?

Tempat kerja meliputi semua ruangan, lapangan, halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau berhubungan dengan tempat kerja tersebut. Tempat kerja tersebut ada di darat, di dalam tanah, di permukaan air, di dalam air maupun di udara, dan berada di dalam wilayah kekuasaan hukum Republik Indonesia.

Orang yang bekerja di laboratorium atau tempat kerja harus berada dalam keadaan sehat. Sehat diartikan sebagai suatu kondisi fisik, mental dan sosial seseorang yang tidak saja bebas dari penyakit atau gangguan kesehatan melainkan juga menunjukkan kemampuan untuk berinteraksi dengan lingkungan dan pekerjaannya. Paradigma baru dalam aspek kesehatan mengupayakan agar yang sehat tetap sehat dan bukan sekedar mengobati, merawat atau menyembuhkan gangguan kesehatan atau penyakit. Oleh karenanya, perhatian utama dibidang kesehatan lebih ditujukan ke arah pencegahan terhadap kemungkinan timbulnya penyakit serta pemeliharaan kesehatan seoptimal mungkin.

Status kesehatan seseorang sangat berpengaruh terhadap kualitas dan produktivitas kerja. Status kesehatan manusia ditentukan oleh empat faktor yakni :

1. lingkungan fisik (alami, buatan) kimia (organik / anorganik, logam berat, debu), biologis (virus, bakteri, mikroorganisma) dan sosial budaya (ekonomi, pendidikan, pekerjaan).
2. Perilaku yang meliputi sikap, kebiasaan, tingkah laku.
3. Pelayanan kesehatan: promotif, perawatan, pengobatan, pencegahan kecacatan, rehabilitasi
4. Genetis, yang merupakan faktor bawaan setiap manusia.

Dewasa ini pembangunan nasional sangat bergantung pada kualitas, kompetensi dan profesionalisme sumber daya manusia termasuk praktisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Ada tiga aspek utama hukum K3 yaitu norma keselamatan, kesehatan kerja, dan kerja nyata. Norma keselamatan kerja merupakan sarana atau alat untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang tidak diduga disebabkan oleh kelalaian kerja serta lingkungan kerja yang tidak kondusif.

Keselamatan dan kesehatan kerja sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor apa saja dan dapat mengancam keselamatan dan kesehatan kerja apa saja? Potensi bahaya kesehatan yang biasa di tempat kerja berasal dari lingkungan kerja antara lain faktor kimia, faktor biologi, faktor ergonomis, faktor fisik dan mekanik, serta faktor psikologi.

D. Bahaya Kimia dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Risiko kesehatan timbul dari paparan berbagai bahan kimia dalam waktu singkat maupun dalam waktu lama. Banyak bahan kimia beracun masuk ke aliran darah dan menyebabkan kerusakan pada sistem tubuh dan organ lainnya. Bahan kimia yang berbahaya diberi peringatan dengan label dalam kemasannya seperti terlihat pada Gambar 1 dibawah ini.

Bahan kimia berbahaya dapat berbentuk padat, cairan, uap, gas, debu, asap atau kabut. Bahan kimia yang berbahaya termasuk dalam Bahan Berbahaya Beracun (B3) dan dibagi menjadi 4 (empat) klasifikasi, yaitu :

1. Klasifikasi I, meliputi :
 - a. Bahan kimia atau sesuatu yang telah terbukti atau diduga keras dapat menimbulkan bahaya yang fatal dan luas, secara langsung atau tidak langsung, karena sangat sulit penanganan dan pengamanannya;
 - b. Bahan kimia atau sesuatu yang baru yang belum dikenal dan patut diduga menimbulkan bahaya.
2. Klasifikasi II, meliputi :
 - a. Bahan radiasi;
 - b. Bahan yang mudah meledak karena gangguan mekanik;
 - c. Bahan beracun atau bahan lain yang mudah menguap dengan tingkat kematian 50% (LD50 rat) \leq 500 mg/kg , mudah diabsorpsi kulit atau selaput lendir;
 - d. Bahan etilogik/biomedik;
 - e. Gas atau cairan beracun atau mudah menyala yang dimampatkan;



Mudah meledak



Korosif



Beracun



Sangat Beracun



Mudah terbakar



Berbahaya bagi lingkungan



Sangat mudah terbakar



Berbahaya



Agen pengoksidasi



Menimbulkan iritasi

Sumber : <http://www.biologisma.com/>
Gambar 1.1. Label pada botol bahan kimia

3. Klasifikasi III, meliputi :
 - a. Bahan yang dapat meledak karena sebab-sebab lain, tetapi tidak mudah meledak karena sebab-sebab seperti bahan klasifikasi II;
 - b. Bahan beracun dengan tingkat kematian 50% (LD50 rat) \leq 500 mg/kg tetapi tidak mempunyai sifat seperti bahan beracun klasifikasi II;
 - c. Bahan atau uapnya yang menimbulkan iritasi atau sensitisasi, luka dan nyeri;
 - d. Gas atau cairan atau campurannya dengan bahan padat yang bertitik nyala 35°C – 60°C;
 - e. Bahan pengoksidasi organik; Bahan pengoksidasi kuat;
 - f. Bahan atau uap karsinogenik, teratogenik dan mutagenik
 - g. Alat atau barang-barang elektronika yang menimbulkan radiasi atau bahaya lainnya.
4. Klasifikasi IV, meliputi :
 - a. Bahan beracun dengan tingkat kematian 50% (LD50 rat) \geq 500 mg/kg
 - b. Bahan pengoksid sedang;
 - c. Bahan korosif sedang dan lemah;

- d. Bahan yang mudah terbakar.

Cara penyimpanan, pengendalian serta contoh-contoh bahan kimia yang berbahaya dan dapat menimbulkan penyakit adalah :

a. Bahan Kimia yang Mudah Meledak dan Terbakar

Sebaiknya diperlakukan dengan hati-hati dan jangan sampai bergesekan atau terguncang. Penyimpanan dilakukan pada tempat yang teduh, jauh dari panas dan api, bahan yang mudah meledak lebih aman disimpan dalam keadaan basah. Beberapa contoh bahan yang mudah meledak, antara lain nitrogen cair, asam pekat, dan amonium dikromat. Beberapa bahan yang mudah terbakar, antara lain eter, aseton, dan senyawa alkohol. bahan yang *oksidatif* (cepat terbakar), misalnya natrium oksalat.

b. Bahan Kimia yang Beracun dan Berbahaya

Bahan yang beracun akan berbahaya bagi tubuh, jika masuk ke dalam tubuh. Hal itu dapat terjadi dengan terhisap melalui hidung atau terserap dalam kulit. Bahkan, sangat berbahaya, jika termakan atau terminum. Oleh karena itu, berhati-hatilah saat bekerja menggunakan zat-zat beracun tersebut. Jangan memakai tangan secara langsung untuk mengambil atau memindahkan zat-zat kimia, walaupun zat-zat itu tidak beracun. Karena, zat yang sudah memasuki tubuh di atas ambang batas juga berbahaya bagi tubuh. Jangan mengisap zat kimia secara langsung memakai mulut, tapi menggunakan pipet tetes untuk mengambil atau memindahkan zat cair. Kita juga harus memakai spatula atau sendok plastik untuk memindahkan atau mengambil zat kimia berbentuk padat. Janganlah mencium zat kimia secara langsung dan penutup hidung perlu dipakai ketika bekerja atau saat mereaksikan dan membakar suatu bahan kimia berbahaya yang menghasilkan uap. Lemari asam digunakan untuk menyimpan bahan-bahan zat kimia berbahaya, antara lain asam sianida (HCN) yang beracun dan karsinogenik, benzin yang bersifat karsinogenik. Sumber bahan-bahan beracun dapat berasal dari bahan alami antara lain biji jarak, serbuk sari bunga, sengat serangga, dan mikroorganisme.

c. Bahan Korosif dan Kaustik

Bahan korosif dapat merusak logam-logam, sedangkan bahan kaustik dapat merusak kulit atau bahan pakaian. Beberapa bahan kimia akan berbahaya apabila terkena kulit karena dapat merusak. Seringkali tangan kita memakai perhiasan yang dapat bereaksi dengan bahan kimia tersebut sehingga tanpa kita sadari dapat membahayakan kita sendiri.

Penggunaan jas laboratorium yang standar dan alat-alat pengaman, seperti kaca mata, sarung tangan, dan masker penutup hidung. Bahan yang korosif, misalnya asam pekat. Adapun bahan yang kaustik, misalnya soda kaustik. Bahan korosif (asam dan basa) akan mengakibatkan kerusakan jaringan yang tak dapat pulih pada daerah yang terpapar.

d. Bahan yang Bersifat Radioaktif

Bahan yang bersifat radioaktif biasanya jarang dipakai dan hanya digunakan oleh lembaga penelitian tertentu. Ambang batas bahan radioaktif lebih besar dari atau sama dengan 1 Bq/cm² (Becquerel/cm²) dan atau konsentrasi aktivitas sebesar 1 Bq/gr untuk tiap radionuklida anggota deret uranium dan thorium. Bahan radioaktif biasanya disimpan dalam botol ber dinding tebal dari timbal. Bahan kimia yang bersifat radioaktif contohnya adalah Uranium-238 (U-238), Plumbum-210 (Pb-210), Radium-225 (Ra-226), (Ra-228), Thorium-228 (Th-228), Th-230, Th-234, Polonium-210 (Po-210).

Bagaimanakah cara bahan kimia berbahaya di laboratorium atau tempat kerja dapat masuk ke dalam tubuh kita ? Hal tersebut dapat terjadi melalui tiga cara yaitu :

1. Terhirup (*Inhalasi/inspirasi*) : Saat kita bernafas melalui mulut atau hidung, zat beracun khususnya yang mengeluarkan uap akan dapat masuk ke dalam paru-paru. Beberapa zat, seperti fiber/serat, dapat berakibat buruk karena dapat langsung melukai paru-paru. Bila bahan beracun tersebut tanpa sengaja terhirup jumlah yang masuk ke dalam tubuh apabila kita bernapas biasa, sekitar 500 ml. Beberapa bahan kimia beracun yang dapat terhirup adalah *merkaptolanol, kloroform, eter, amonia, karbon monoksida, benzena*. Dampak jangka panjang pada tubuh adalah munculnya gangguan hati, kanker, dan asbestosis akibat akumulasi penyerapan bahan kimia toksik dalam jumlah kecil tetapi terus menerus.
2. Tertelan : Bahan kimia dapat memasuki tubuh jika tangan kita tidak dicuci setelah bekerja di laboratorium. Bila kita makan dan minum, maka makanan dan minuman akan terkontaminasi oleh bahan kimia baik cair maupun padat yang menempel di tangan, baju maupun jas laboratorium. Akibatnya bahan kimia tersebut dapat tertelan mengikuti rute alat pencernaan dalam tubuh. Seringkali karena ketidaktahuan kita menggunakan alat yang kurang lengkap di laboratorium misalnya pipet ukur untuk menghirup sampel cair seperti kita menggunakan sedotan. Jika kita kurang hati-hati maka cairan sampel dapat masuk ke tubuh kita dan ikut tertelan.
3. Penyerapan ke dalam kulit atau kontak invasif: Beberapa di antaranya adalah zat melewati kulit dan masuk ke pembuluh darah, biasanya melalui tangan dan wajah.

- Kadang-kadang, zat-zat juga masuk melalui luka dan lecet atau suntikan (misalnya kecelakaan medis). Akibat yang terjadi adalah iritasi yaitu luka atau peradangan pada kulit, saluran pernafasan, dan mata. Iritasi terjadi karena kontak dengan bahan kimia korosif, seperti asam sulfat, asam klorida, dan sebagainya. Pekerja di laboratorium yang sering kali kontak dengan bahan kimia yang digunakan sebagai antiseptik dan desinfektan dikenal sebagai zat yang paling karsinogen. Semua bahan cepat atau lambat dapat memberi dampak negatif bagi kesehatan mereka. Gangguan kesehatan yang berpotensi muncul adalah penyakit kulit atau dermatosis akibat iritasi karena kontak dengan amoniak dan dioksan. Reaksi lain adalah alergi karena terkena keton. Bahan toksik seperti trikloroetan dan tetraklorometan jika tertelan, terhirup atau terserap melalui kulit dapat menyebabkan penyakit akut atau kronik, bahkan kematian.
4. Kebakaran dan luka bakar : Kebakaran dan luka bakar terjadi karena kurang hati-hatian dalam penggunaan bahan kimia cair bersifat organik yang mudah terbakar seperti isopropanol, eter, aseton, alkohol, peroksida, perkloran, dan sebagainya.

Apa yang perlu dilakukan untuk mencegah atau mengurangi bahaya akibat bahan kimia, meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja ? Kita harus memahami karakter semua bahan kimia baik cair maupun padat yang akan kita gunakan dalam laboratorium atau tempat kerja dengan cara mengetahui :

- a. kemampuan bahan kimia untuk menghasilkan dampak kesehatan negatif (sifat beracun). Semua bahan kimia harus dianggap sebagai sumber potensi bahaya sampai dampak bahan kimia tersebut sepenuhnya diketahui.
- b. jenis bahan kimia selama proses kerja. Hal ini dapat membantu untuk menentukan bagaimana mereka bisa kontak atau masuk ke dalam tubuh dan bagaimana paparan dapat dikendalikan.
- c. bagaimana mengenali, menilai dan mengendalikan risiko kimia misalnya dengan menyediakan atau memasang peralatan pembuangan (*exhaust*) dalam ruang yang terdapat sumber polutan.
- d. jenis alat pelindung diri yang diperlukan untuk melindungi tubuh, seperti jas laboratorium, masker, kacamata, respirator dan sarung tangan dan lain-lain.
- e. memberikan, mencermati dan mengerti label yang tertera dalam wadah atau botol yang berisi bahan kimia.
- f. Menggunakan sendok atau spatula untuk mengambil bahan kimia padat untuk menghindari kontak langsung dengan tangan.

- g. Melakukan pengambilan bahan kimia sedikit demi sedikit sesuai kebutuhan.
- h. Berhati-hati memindahkan bahan kimia untuk menghindari tumpahan atau tetesan pada tempat kerja dan anggota badan.
- i. Merapikan rambut
- j. Tidak menghirup bahan kimia secara langsung
- k. Tidak mengembalikan zat sisa hasil kegiatan ke dalam botol bahan kimia karena dikhawatirkan sudah bereaksi dengan udara.
- l. Melakukan Pelabelan Bahan Kimia, yaitu memberi tanda berupa gambar/symbol, huruf/tulisan, kombinasi keduanya atau bentuk pernyataan lain yang disertakan pada bahan kimia, dimasukkan ke dalam, ditempelkan, atau merupakan bagian kemasan bahan berbahaya, sebagai keterangan atau penjelasan yang berisi nama sediaan atau nama dagang, nama bahan aktif, isi/berat netto, kalimat peringatan dan tanda atau simbol bahaya, petunjuk pertolongan pertama pada kecelakaan.

Bahan kimia yang digunakan untuk mendukung kesehatan manusia adalah sediaan farmasi. Pengamanan sediaan farmasi dan alat kesehatan diselenggarakan untuk melindungi masyarakat dari bahaya yang disebabkan oleh penggunaan sediaan farmasi dan alat kesehatan yang tidak memenuhi persyaratan mutu dan atau keamanan dan atau kemanfaatan.

Sediaan farmasi berupa obat dan bahan obat harus memenuhi syarat farmakope Indonesia dan atau buku standar lainnya. (Sediaan farmasi yang berupa obat tradisional dan kosmetika serta alat kesehatan harus memenuhi standar dan atau persyaratan yang ditentukan.

Latihan :

- 1. Cobalah kalian bekerja dalam kelompok dan mengidentifikasi potensi bahaya bahan kimia di laboratorium sekolah kalian dan isilah tabel berikut ini :

No	Nama bahan kimia	Sifat bahan kimia	Potensi bahaya yang dihadapi	Cara mengatasi

--	--	--	--	--

2. Apa bahaya yang mungkin muncul di laboratoriummu ?
3. Bahan apa yang menimbulkan risiko tertinggi ?
4. Bagaimana cara untuk mengurangi atau menghilangkan setiap potensi bahaya bahan kimia atau mengurangi tingkat risiko dan berikan contoh tindakan yang telah diambil untuk mengurangi risiko serupa di masa lalu.
5. Buatlah laporan tertulis dari hasil diskusi Kalian

E. Bahaya Fisik dan Mekanik dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Bahaya fisik dan mekanik adalah bahaya yang muncul berdasarkan faktor fisika di tempat kerja antara lain kebisingan, penerangan, getaran, suhu, gelombang mikro dan sinar ultra violet. Misalnya pada penggunaan alat dan mesin di tempat kerja, (di bagian konstruksi, ekstraksi, transportasi, pertambangan, pertanian dan perawatan bangunan). Kerja mesin biasanya membutuhkan kecepatan tinggi dilengkapi dengan ujung mesin yang tajam dan permukaan mesin yang panas. Risiko yang muncul adalah sangat berpotensi untuk melukai, memotong, menusuk, menimbulkan luka bakar, sengatan listrik, menimbulkan benturan jika tidak digunakan secara hati-hati. Selain itu kebisingan, suhu tinggi dan debu akan mengurangi kemampuan pendengaran, penglihatan dan mempercepat kelelahan. Suara keras, berlebihan atau berkepanjangan dapat merusak jaringan saraf sensitif di telinga, menyebabkan kehilangan pendengaran sementara atau permanen. Batasan pajanan terhadap kebisingan ditetapkan nilai ambang batas 85 dB selama 8 jam sehari. Selain itu penerangan atau cahaya yang sesuai juga diperlukan dalam melakukan pekerjaan. Sebagai contoh adalah pengamatan mikroorganisme atau sampel menggunakan mikroskop tentu membutuhkan cahaya yang sesuai untuk mendapatkan hasil terbaik.

Getaran adalah gerakan bolak-balik cepat, memantul ke atas dan ke bawah atau ke belakang dan ke depan. Gerakan tersebut terjadi secara teratur dari benda atau media dengan arah bolak balik dari kedudukannya. Penggunaan peralatan seperti sonikator yang bergetar sering mempengaruhi tangan dan lengan pengguna, menyebabkan kerusakan pada pembuluh darah dan sirkulasi di tangan. Batasan getaran alat kerja yang kontak langsung maupun tidak langsung pada lengan dan tangan adalah sebesar 4m/detik^2 .

Dampak getaran dapat dikurangi dengan menggunakan sarung tangan yang dapat menyerap getaran dan pelindung telinga untuk kebisingan yang menyertainya. Agar tubuh manusia berfungsi secara efisien, perlu tetap berada dalam kisaran suhu normal. Suhu berada di atas atau di bawah batas normal di tempat kerja, akan memperlambat pekerjaan.

Radiasi gelombang elektromagnetik yang berasal dari radiasi tidak mengion antara lain gelombang mikro dan sinar ultra violet. Gelombang mikro digunakan antara lain untuk gelombang radio, televisi, radar, dan telepon. Gelombang mikro mempunyai frekuensi 30 kilo hertz – 300 giga hertz dan panjang gelombang 1 mm – 300 cm. Radiasi gelombang mikro yang pendek < 1 cm yang diserap oleh permukaan kulit dan dapat menyebabkan kulit seperti terbakar. Sedangkan gelombang mikro yang lebih panjang (> 1 cm) dapat menembus jaringan yang lebih dalam. Radiasi sinar ultra violet berasal dari sinar matahari, las listrik, laboratorium yang menggunakan lampu penghasil sinar ultra violet. Panjang gelombang sinar ultra violet berkisar 1-40 nm. Radiasi ini dapat berdampak pada kulit dan mata, sehingga disarankan untuk menggunakan pelindung dan tidak sering terjadi kontak. Faktor-faktor ini secara signifikan dapat berpengaruh pada efisiensi dan produktivitas manusia.

JEMBATAN PENGETAHUAN

Pencitraan resonansi magnetik (bahasa Inggris: *Magnetic Resonance Imaging, MRI*) ialah gambaran pencitraan bagian badan yang diambil dengan menggunakan daya magnet yang kuat mengelilingi anggota badan tersebut. Berbeda dengan "CT scan", MRI tidak menggunakan radiasi Sinar-X dan cocok untuk mendeteksi Jaringan Lunak, misalnya Kista ataupun Tumor yang masih sedikit.

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menghasilkan gambar organ dalam pada organisme hidup dan juga untuk menemukan jumlah kandungan air dalam struktur geologi. Biasa digunakan untuk menggambarkan secara patologi atau perubahan fisiologi otot hidup dan juga memperkirakan *ketelusaban* kepada hidrokarbon. Salah satu kelebihan pencitraan MRI adalah, menurut pengetahuan pengobatan masa kini, tidak berbahaya kepada orang yang sakit. Dibandingkan dengan CT scans "computed axial tomography" yang menggunakan aksial tomografi berkomputer yang melibatkan dosis radiasi tertentu, MRI hanya menggunakan medan magnet kuat dan pancarannya tidak mengion dalam jalur frekuensi radio.

F. Bahaya Biologi dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja

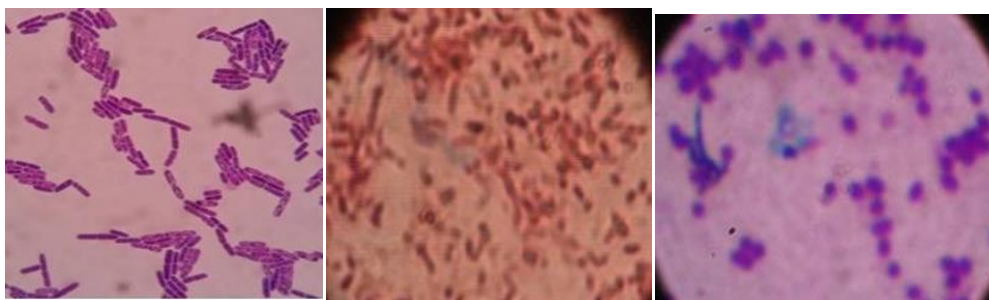
Lingkungan kerja atau laboratorium yang kurang terjaga akan mendukung berkembangbiaknya mikroorganisme seperti jamur, bakteri, khamir dan virus penyebab penyakit *E. coli*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, *E.coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella*, *Edwardsiella tada*, *Salmonella thypi*, *S. paratiphy*, *B. proteus*, *Citrobacter diversus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio*, *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *Streptococcus alfa*, *S.beta*, *S. gama*, *Aspergillus*, *Sporotrichosis*, virus influenza, Cacar

dan lain-lain yang berasal dari sampel, benda-benda yang terkontaminasi dan dari udara. Bakteri dapat dikenali secara sederhana dengan menggunakan teknik Pewarnaan Gram yang akan mengelompokkan mereka kedalam Bakteri Gram positif dan Gram negatif seperti terlihat pada Gambar 1.2 dan Gambar 1.3. Selain itu dapat digunakan pewarnaan tahan asam, pewarnaan kapsul, pewarnaan spora, dan lain-lain. Selanjutna bakteri dapat diidentifikasi menggunakan teknik isolasi, identifikasi, dan pengamatan mikroskopik, uji biokimia, uji fisiologi dan uji pertumbuhan. Dewasa ini virus menimbulkan beberapa penyakit berbahaya seperti *MERS*, *SARS*, dan *Avian Influenza*.



Sumber : Kusumaningrum, 2015

Gambar 1.2. Koloni Haemophilus influenzae



Sumber : Kusumaningrum, 2015

Gambar 1.3. Bakteri Bacillus, Vibrio dan Staphylococcus saat diamati dengan mikroskop perbesaran 1000x

Beberapa contoh kegiatan di Laboratorium yang membutuhkan kehati-hatian dengan memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja adalah :

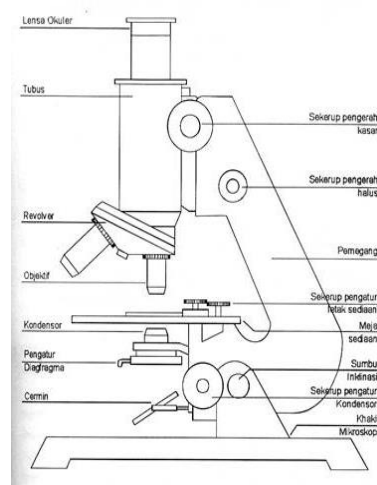
- a) Mengambil sampel dari botol berisi larutan kimia ke dalam tabung reaksi
Ketika memasukkan zat asam atau zat korosif, lihatlah melalui sisi gelas. Hal itu untuk menghindarkan mata dari percikan zat. Melihat melalui mulut tabung sangat berbahaya.

b) Pemanasan Zat dalam Tabung Reaksi

Pemanasan larutan kimia dalam tabung dilakukan dengan cara tabung dijepit dengan penjepit. Larutan dalam tabung reaksi dipanaskan secara merata di bagian bawah tabung agar tabung tidak pecah dengan cara menjauhkan dan mendekatkan pada nyala api di lampu bunsen secara bergantian. Mulut tabung dihadapkan pada daerah yang berlawanan dengan tubuh agar larutan dan uap tidak mengenai badan saat dipanaskan dan mendidih.

c) Melakukan pengamatan mikroorganisme menggunakan mikroskop dengan cara :

- (a) membawa mikroskop secara benar,
- (b) tangkai mikroskop dipegang dengan satu tangan dan tangan yang lain menyangga dasarnya.
- (c) mikroskop diletakkan dengan hati-hati di atas meja yang datar. Jangan diayun, dilambungkan, atau digetarkan saat diletakkan karena dapat merusak bagian-bagiannya, listrik dinyalakan,
- (d) mikroskop sebelum digunakan harus dalam keadaan meja preparat pada posisi paling bawah dan perbesaran objektif paling rendah (10 x),
- (e) preparat diletakkan pada gelas benda dan ditutup dengan gelas penutup,
- (f) jangan mendekatkan lensa objektif ke kaca benda dengan pemutar kasar saat mata mengintip karena tabung akan menekan lensa tanpa disengaja dan dapat memecahkannya,
- (g) preparat diletakkan pada meja preparat menggunakan penjepit preparat. Posisi objek diatur tepat ditengah lubang meja preparat,
- (h) sampel diamati menggunakan lensa okuler dan sekrup kasar diatur agar mandapat fokus, dan perjelas dengan mengatur lagi pada sekrup halus.
- (i) pengatur posisi objek digunakan untuk menentukan bagian objek yang akan diamati,
- (j) cahaya dapat diatur sesuai dengan sampel yang diamati pada pengatur cahaya (pada landasan mikroskop) dan diafragma,
- (k) untuk perbesaran lebih tinggi, turunkan meja preparat, putar revolver untuk menentukan lensa objektif yang lebih tinggi, lalu naikkan meja preparat sampai mentok, baru amati dari okuler dengan mengatur fokus pada skrup,



Sumber : Dokumentasi penulis, 2015 (kiri), Petunjuk Praktikum Mikrobiologi, 2015 (kanan)
Gambar 1.4. Penggunaan dan Bagian-bagian mikroskop

- (l) cara menentukan perbesaran obyek pengamatan dilakukan dengan perhitungan jika menggunakan lensa okuler 10 x dan lensa objektif 40 x. maka $10 \times 40 = 400$ (artinya objek telah diperbesar sebanyak 400 x)
- (m) untuk pengamatan bakteri pada perbesaran 1000x, tetesi objek dengan minyak imersi,
- (n) setelah selesai pasang lensa objektif pada perbesaran yang rendah dan turunkan meja preparatnya,
- (o) mikroskop yang tidak dipakai disimpan dalam kotak dan ditutup plastik lebih dahulu. Saat menyimpan, lensa objektif dipasang dalam keadaan berkekuatan rendah,
- (p) selalu menjaga kebersihan lensa mikroskop,
- (q) tidak dibenarkan melepas bagian-bagian mikroskop,
- (r) lensa bersihkan dengan tisu yang diberi alkohol 70 %,
- (s) bagian mikroskop non optik, terbuat dari logam atau plastik bersihkan menggunakan kain flanel atau kuas
- (t) mikroskop disimpan ditempat yang sejuk, kering, bebas debu, bebas uap asam atau basa. Gunakan kotak mikroskop yang dilengkapi *silica gel*,

Latihan

1. Apakah yang dimaksud dengan keselamatan dan kesehatan kerja ?
2. Bahan apa saja yang perlu diperhatikan untuk menjaga keselamatan dan kesehatan

kerja ?

3. Apakah arti label yang tertempel pada botol bahan kimia di bawah ini?



4. Cara apa yang harus dilakukan agar kita tidak terkena kontaminasi mikroorganisma di laboratorium saat praktikum ?
5. Sebutkan contoh bahan kimia yang sifatnya korosif !

TAHUKAH KAMU?

Pelabelan bahan kimia merupakan salah satu cara pencegahan penyalahgunaan atau penanganan yang dapat menyebabkan cedera atau sakit. Dalam transportasi, bila kemungkinan terjadi kecelakaan, maka sangat penting dalam keadaan darurat untuk mengetahui risiko dari zat-zat tersebut. Sebagian besar negara memiliki sistem pelabelan untuk menginformasikan isi yang ada di dalam wadah/kontainer dan untuk memperingatkan bahaya. Untuk memastikan bahwa peringatan dimengerti oleh lintas batas dan termasuk bahasanya, PBB telah mengembangkan Sistem Harmonisasi Global (*Globally Harmonized System - GHS*) tentang klasifikasi dan pelabelan bahaya bahan kimia. Idennya adalah bahwa setiap negara akan mengadopsi ram bu yang sama, meskipun hal ini tidak wajib. Ini telah diadopsi di 67 negara sejauh ini, termasuk negara-negara Uni Eropa, Cina, Amerika Serikat, Kanada, Uruguay, Paraguay, Vietnam, Singapura, Indonesia, Nigeria, Ghana, Federasi Rusia dan banyak lainnya.

G. Rangkuman

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3, *Occupational Safety and Health*) adalah semua ilmu dan aplikasinya yang digunakan sebagai upaya menjaga kondisi dan faktor yang berpengaruh terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja, masyarakat, tempat kerja dan lingkungan.
2. Kesehatan adalah keadaan sejahtera dari jasmani, jiwa, dan sosial yang memungkinkan seseorang hidup produktif secara sosial dan ekonomi.
3. *World Health Organization (WHO)* menyatakan bahwa pengertian sehat adalah suatu keadaan kondisi fisik, mental, dan kesejahteraan sosial yang merupakan satu kesatuan dan bukan hanya bebas dari penyakit atau kecacatan.

4. Tiga komponen penting yang merupakan satu kesatuan dalam definisi sehat yaitu sehat badan, jiwa dan Spiritual.
5. Penyelenggaraan upaya kesehatan dilaksanakan melalui kegiatan : kesehatan keluarga; perbaikan gizi; pengamanan makanan dan minuman; kesehatan lingkungan; kesehatan kerja; kesehatan jiwa; pemberantasan penyakit; penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan; penyuluhan kesehatan masyarakat; pengamanan sediaan farmasi dan alat kesehatan; pengamanan zat adiktif; kesehatan sekolah; kesehatan olahraga; pengobatan tradisional dan kesehatan matra.
6. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3, *Occupational Safety and Health*) adalah semua ilmu dan aplikasinya yang digunakan sebagai upaya menjaga kondisi dan faktor yang berpengaruh terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja, masyarakat, tempat kerja dan lingkungan.
7. Keselamatan kerja (*Occupational Safety*) secara keilmuan merupakan suatu pengetahuan dan penerapannya untuk mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.
8. Kecelakaan Kerja (*Occupational Accident*) adalah suatu kejadian atau peristiwa yang tidak diinginkan di tempat kerja yang merugikan pekerja, merusak harta benda atau menimbulkan kerugian dalam proses kerja.
9. Laboratorium adalah tempat kita melakukan penelitian.
10. Tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja, atau sering dimasuki tempat kerja untuk keperluan suatu usaha.
11. Keselamatan dan kesehatan dipengaruhi oleh faktor fisik dan mekanik, kimia dan biologi.

Uji Kompetensi

I. Pilihlah salah satu jawaban yang kamu anggap benar dari pertanyaan di bawah ini!

1. Bahan kimia yang bersifat radioaktif adalah
 - a. Uranium-238 (U-238)
 - b. Polonium-210 (Po-210)
 - c. Plumbum-220 (Pb-220)
 - d. Radium-225 (Ra-225)
 - e. Thorium-228 (Th-228)
2. Bahan yang tidak termasuk bahan kimia berbahaya dan beracun :
 - a. Bahan teratogenik
 - b. Bahan karsinogenik
 - c. Bahan mutagenik
 - d. Bahan pengoksidasi
 - e. Bahan pengoksidasi

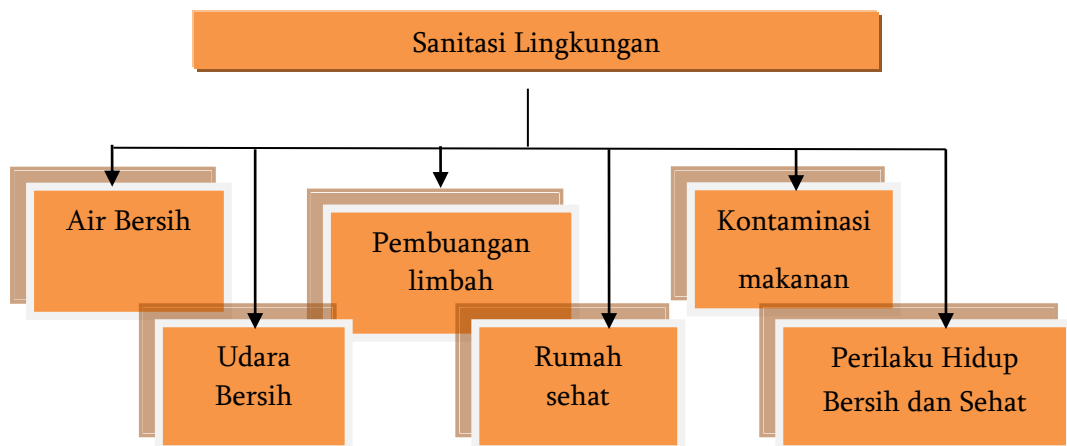
- c. Bahan eksplosif
3. Lensa mikroskop dibersihkan dengan :
- a. Air
 - b. minyak emersi
 - c. minyak
 - d. alkohol 70%
 - e. alkohol
4. Keselamatan dan Kesehatan Kerja dilakukan sebagai upaya menjaga kondisi dan faktor yang berpengaruh terhadap keselamatan dan kesehatan :
- a. pekerja, masyarakat, tempat kerja dan lingkungan.
 - b. pimpinan
 - c. produk yang dihasilkan
 - d. seluruh pihak yang melaksanakan pekerjaan
 - e. keluarga
5. Bahan kimia beracun yang tidak dapat terhirup adalah
- a. merkaptotanol
 - b. amonia
 - c. benzena
 - d. natrium
 - e. kloroform
6. Gelombang mikro mempunyai frekuensi....
- a. 3 kilo hertz – 30 giga hertz
 - b. 30 kilo hertz – 300 giga hertz
 - c. 30 kilo hertz – 300 kilo hertz
 - d. 30 kilo hertz
 - e. 300 giga hertz
7. Perbesaran mikroskop yang dapat memerlukan minyak emersi adalah
- a. 4 x
 - b. 10 x
 - c. 100 x
 - d. 400 x
 - e. 1000 x
8. Bahan kimia yang mudah meledak adalah....
- a. nitrogen
 - b. NaOH
 - d. H₂SO₄
 - e. amonium dikromat

BAB 2

SANITASI LINGKUNGAN

Setelah mempelajari bab ini, Kalian diharapkan dapat mengetahui dan menjelaskan sanitasi lingkungan yang berpengaruh pada kesehatan manusia. Kalian selanjutnya diharapkan mengetahui berbagai faktor yang berpengaruh terhadap sanitasi lingkungan dan berperan serta dalam menjaga lingkungan. Kalian juga diharapkan mampu menjelaskan mengenai faktor fisik dan mekanik, kimia, dan biologi yang mengancam keselamatan dan kesehatan kerja serta cara pengendaliannya.

Peta Konsep



A. Pengertian Kesehatan Lingkungan

Sanitasi lingkungan menurut Kementerian Lingkungan Hidup dapat diartikan sebagai kegiatan yang ditujukan untuk meningkatkan dan mempertahankan standar kondisi lingkungan yang mendasar yang mempengaruhi kesejahteraan manusia. Dapat pula dikatakan bahwa sanitasi lingkungan adalah upaya menjaga kesehatan dan pencegahan penyakit di suatu lingkungan yang berpengaruh terhadap kehidupan manusia yang mencakup lingkungan fisik yaitu tanah, air dan udara. Sanitasi berasal dari bahasa Inggris *sanitation* artinya penjagaan kesehatan. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, Sanitasi artinya usaha untuk membina dan menciptakan suatu keadaan yang baik dibidang kesehatan, terutama kesehatan masyarakat. Sanitasi menurut World Health Organization (WHO) adalah suatu usaha pengawasan beberapa faktor lingkungan fisik yang

berpengaruh kepada manusia terutama terhadap hal-hal yang mempengaruhi efek, merusak perkembangan fisik, kesehatan, dan kelangsungan hidup. Sanitasi adalah upaya pengendalian semua faktor lingkungan fisik manusia, yang mungkin menimbulkan atau dapat menimbulkan hal-hal yang merugikan, bagi perkembangan fisik, kesehatan, dan daya tahan hidup manusia.

Sanitasi lingkungan meliputi :

- a) ketersediaan air bersih,
- b) pembuangan limbah dari hewan, rumah tangga dan industri,
- c) perlindungan makanan dari kontaminasi biologis dan kimia,
- d) udara bersih ,
- e) rumah sehat,
- f) Perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS).

Menurut WHO, sanitasi lingkungan (*environmental sanitation*) adalah upaya pengendalian semua faktor lingkungan fisik manusia yang mungkin menimbulkan atau dapat menimbulkan hal-hal yang merugikan bagi perkembangan fisik, kesehatan, dan daya tahan hidup manusia.

B. Air Bersih

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan perikehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya, sehingga harus dijaga kualitasnya untuk kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang serta keseimbangan ekosistem. Tahukah kalian apa yang dimaksud dengan air ? Air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil. Sumber air adalah wadah air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini adalah akuifer, mata air, sungai, rawa, danau, situ, waduk, dan muara. Dalam menjalankan kegiatan sehari-hari, manusia akan menghasilkan air limbah dan air limbah domestik. Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Air limbah akan menjadi pencemar bila kualitas air tersebut melebihi baku mutu yang telah ditentukan untuk kesehatan manusia dan kualitas lingkungan. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan.

Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya. Pengendalian pencemaran air dilakukan untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air melalui upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air. Rencana pendayagunaan air adalah rencana yang memuat potensi pemanfaatan atau penggunaan air, pencadangan air berdasarkan ketersediaannya, baik kualitas maupun kuantitasnya, dan atau fungsi ekologis. Mutu air adalah suatu kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas :

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan baku mutu air yang ditetapkan disebut status mutu air.

Status mutu air ditetapkan untuk menyatakan : kondisi cemar, apabila mutu air tidak memenuhi baku mutu air dan kondisi baik, apabila mutu air memenuhi baku mutu air.

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban

pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar, disebut daya tampung beban pencemaran.

Baku mutu air limbah usaha dan/atau kegiatan manusia, berlaku dengan ketentuan:

- a. Jika air limbah yang dibuang ke badan air penerima sungai kelas I, maka usaha dan/atau kegiatan tersebut mengikuti baku mutu air limbah golongan I dalam tabel baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan.
- b. Jika kandungan BOD kurang dari 1.500 ppm (seribu lima ratus parts per million) dan COD kurang dari 3.000 ppm (tiga ribu parts per million) pada air limbah sebelum dilakukan pengolahan, maka diberlakukan baku mutu air limbah golongan I dalam tabel baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan, walaupun badan air penerimanya bukan sungai kelas I;
- c. Jika kandungan BOD lebih dari 1.500 (seribu lima ratus parts per million) dan/atau COD lebih dari 3.000 ppm (tiga ribu parts per million) pada air limbah sebelum dilakukan pengolahan, dan badan air penerimanya bukan sungai kelas I maka diberlakukan baku mutu air limbah golongan II dalam tabel baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan.

Pencemaran air dapat dilihat secara mudah, bila terdapat perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air yang merupakan sumber air minum yaitu danau, sungai, lautan, dan air tanah akibat aktivitas manusia. Jumlah air minum yang tersedia dari sumber tersebut sebesar 3% yang terus menerus terancam dan terkontaminasi oleh berbagai faktor yang menyebabkan pencemaran air. Daftar persyaratan Kualitas Air Minum dan Air bersih dapat kamu lihat pada Tabel 1.1.

Setelah mengetahui persyaratan kualitas air maka kita akan belajar mengenai limbah yang sering mencemari sumber air kita. Tahukan kamu apakah limbah itu? Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah merupakan material sisa yang tidak lagi digunakan setelah berakhirnya suatu proses. Limbah akan diproses lebih lanjut menggunakan daur ulang alami, seperti halnya daun-daun kering yang jatuh dari pohon. Limbah dapat menjadi masalah dalam kehidupan sehari-hari, bila tidak terurai atau terdegradasi. Limbah sebagai bahan buangan sisa kegiatan manusia yang keberadaannya bila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan berbagai macam dampak negatif.

Tabel 1.1. Daftar persyaratan Kualitas Air Minum dan Air bersih

Lampiran I
Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

No.	PARAMETER	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
A.	FISIKA			
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1.000	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3°C	-
6.	Warna	Skala TCU	15	-
B.	KIMIA			
a.	Kimia Anorganik			
1.	Air raksa	mg/L	0,001	
2.	Aluminium	mg/L	0,2	
3.	Arsen	mg/L	0,05	
4.	Barium	mg/L	1,0	
5.	Besi	mg/L	0,3	
6.	Fluorida	mg/L	1,5	
7.	Kadmium	mg/L	0,005	
8.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	
9.	Klorida	mg/L	250	
10.	Kromium, Valensi 6	mg/L	0,05	
11.	Mangan	mg/L	0,1	
12.	Natrium	mg/L	200	
13.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
14.	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
15.	Perak	mg/L	0,05	
16.	pH	-	6,5 - 8,5	Merupakan batas minimum dan maksimum
17.	Selenium	mg/L	0,01	
18.	Seng	mg/L	5,0	
19.	Sianida	mg/L	0,1	
20.	Sulfat	mg/L	400	
21.	Sulfida (sebagai H ₂ S)	mg/L	0,05	
22.	Tembaga	mg/L	1,0	
23.	Timbal	mg/L	0,05	
b.	Kimia Organik			
1.	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2.	Benzena	mg/L	0,01	
3.	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4.	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,0003	
5.	Coloroform	mg/L	0,03	
6.	2,4 D	mg/L	0,10	
7.	DDT	mg/L	0,03	
8.	Detergen	mg/L	0,05	
9.	1,2 Discloroethane	mg/L	0,01	
10.	1,1 Discloroethene	mg/L	0,0003	
11.	Heptaclor dan heptaclor epoxide	mg/L	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/L	0,03	
15.	Pentachlorophanol	mg/L	0,01	
No.	PARAMETER	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
16.	Pestisida Total	mg/L	0,10	
17.	2,4,6 urichlorophenol	mg/L	0,01	
18.	Zat organik (KMnO ₄)	mg/L	10	
C.	Mikro biologik			
1.	Koliform Tinja	Jumlah per 100 ml	0	
2.	Total koliform	Jumlah per 100 ml	0	95% dari sampel yang diperiksa selama setahun. Kadang-kadang boleh ada 3 per 100 ml sampel air, tetapi tidak berturut-turut
D.	Radio Aktivitas			
1.	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
2.	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/L	1,0	

Keterangan :

mg = miligram

ml = mililiter

L = liter

Bq = Bequerel

NTU = Nephelometrik Turbidity Units

TCU = True Colour Units

Logam berat merupakan logam terlarut

**Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990**

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No.	PARAMETER	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
A.	FISIKA			
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1.500	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3°C	-
6.	Warna	Skala TCU	50	-
B.	KIMIA			
1.	Air raksa	mg/L	0,001	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan pH minimum 5,5
2.	Arsen	mg/L	0,05	
3.	Besi	mg/L	1,0	
4.	Fluorida	mg/L	1,5	
5.	Kadmium	mg/L	0,005	
6.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	
7.	Klorida	mg/L	600	
8.	Kromium, Valensi 6	mg/L	0,05	
9.	Mangan	mg/L	0,5	
10.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11.	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
12.	pH	-	6,5 - 9,0	
13.	Selenium	mg/L	0,01	
14.	Seng	mg/L	15	
15.	Sianida	mg/L	0,1	
16.	Sulfat	mg/L	400	
17.	Timbal	mg/L	0,05	
	Kimia Organik			
1.	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2.	Benzena	mg/L	0,01	
3.	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4.	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,007	
5.	Coloroform	mg/L	0,03	
6.	2,4 D	mg/L	0,10	
7.	DDT	mg/L	0,03	
8.	Detergen	mg/L	0,5	
9.	1,2 Discloroethane	mg/L	0,01	
10.	1,1 Discloroethene	mg/L	0,0003	
11.	Heptaclor dan heptaclor epoxide	mg/L	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/L	0,10	
15.	Pentachlorophanol	mg/L	0,01	
16.	Pestisida Total	mg/L	0,10	
17.	2,4,6 unichlorophenol	mg/L	0,01	
18.	Zat organik (KMnO ₄)	mg/L	10	

No.	PARAMETER	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
C.	Mikro biologik			
	Total koliform (MPN)	Jumlah per 100 ml	50	Bukan air perpipaan
		Jumlah per 100 ml	10	Air perpipaan
D.	Radio Aktivitas			
1.	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
2.	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/L	1,0	

Keterangan :

mg = miligram

ml = mililiter

L = liter

Bq = Bequerel

NTU = Nephelometrik Turbidity Units

TCU = True Colour Units

Logam berat merupakan logam terlarut

Reduce, Reuse, Recycle, Recharge dan *Recovery*. Dua yang terakhir adalah usaha pemulihan, misalnya dengan pembuatan lubang biopori dan sumur resapan. Sedangkan contoh recycle yaitu dengan memanfaatkan air mandi untuk menyiram tanaman atau mencuci kendaraan.

Mencegah Pencemaran Air dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- (a) Menggunakan air dengan bijaksana.
- (b) Mengurangi penggunaan deterjen.
- (c) Mengurangi konsumsi obat-obat kimia.
- (d) Mengurangi penggunaan obat nyamuk dan pembasmi serangga.
- (e) Mengurangi penggunaan bahan-bahan yang sulit terurai.
- (f) Mengelola sampah rumah tangga dengan baik.
- (g) Menanam pohon.
- (h) Mengurangi penggunaan kendaraan bermotor.
- (i) Menggalakkan industri daur ulang.
- (j) Pengelolaan limbah pada industri rumah tangga

Penyediaan Air Bersih sangat penting bagi kehidupan manusia. Menurut perhitungan WHO di negara-negara maju tiap orang memerlukan air antara 60-120 liter per hari. Sedangkan di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia tiap orang memerlukan air antara 30-60 liter per hari. Volume rata-rata kebutuhan air setiap individu per hari berkisar antara 150-200 liter atau 35-40 galon. Kebutuhan air tersebut bervariasi dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan, dan kebiasaan masyarakat. Air yang

diperuntukkan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Batasan-batasan sumber air yang bersih dan aman tersebut, antara lain, bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit, bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun, tidak berasa dan tidak berbau, dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga, memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI. Penyediaan air bersih harus memenuhi dua syarat yaitu kuantitas dan kualitas. Syarat kuantitas adalah jumlah air yang dibutuhkan setiap hari tergantung kepada aktifitas dan tingkat kebutuhan.

Secara kuantitas di Indonesia diperkirakan kebutuhan air sebanyak 138,5 liter/orang/hari dengan perincian untuk mandi, cuci kakus 12 liter, minum 2 liter, cuci pakaian 10,7 liter, kebersihan rumah 31,4 liter³³. Syarat kualitas meliputi parameter fisik, kimia, mikro biologis dan radioaktivitas yang memenuhi syarat kesehatan menurut Peraturan Menteri kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan pengawasan Kualitas Air³⁴ menyatakan bahwa air yang layak pakai sebagai sumber air bersih antara lain harus memenuhi persyaratan secara fisik yaitu, tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh (jernih) dan tidak berwarna. Parameter Kimia Air yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain Air raksa (Hg), Aluminium (Al), Arsen (As), Barium (Ba), Besi (Fe), Flourida (F), Calsium (Ca), Derajat keasaman (pH) dan zat-zat kimia lainnya. Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan. Penggunaan air yang mengandung bahan kimia beracun dan zat-zat kimia yang melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan berakibat tidak baik lagi bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia, contohnya pH air sebaiknya netral. pH yang dianjurkan untuk air bersih adalah 6,5-9. Air tidak boleh mengandung suatu bibit penyakit.

1. Limbah Menurut Jenis Zatnya ada 2 yaitu :

a. Limbah organik

Limbah organik adalah limbah yang berasal dari sisa-sisa makhluk hidup. Limbah organik mengandung unsur karbon, sehingga apabila dibakar akan menghasilkan jelaga atau jejak hitam sebagai ciri khas dari pembakaran karbon. Limbah organik mudah diuraikan oleh mikroorganisma sehingga mudah membusuk. Contoh limbah organik adalah serasah daun, sisa bahan pangan, sisa olahan makanan, sisa sayuran, sisa buah-buahan, sisa-sisa tanaman, sisa kotoran manusia atau hewan, bangkai dan lain-lain.

b. Limbah anorganik

Limbah anorganik adalah limbah yang bukan berasal dari sisa makhluk hidup. Limbah anorganik mengandung unsur-unsur kimia, anorganik sifatnya terurai oleh mikroorganisma sehingga apabila dibiarkan begitu saja akan menumpuk dan memenuhi area. Oleh karena itu limbah anorganik harus dikelola baik tanpa atau melalui proses daur ulang. Contoh limbah anorganik adalah plastik, sisa-sisa logam, kaleng bekas, kaca, karet, dan lain-lain.

2. Limbah Menurut Wujudnya ada 3 yaitu :

a. Limbah padat

Limbah padat sering disebut sampah. Bentuk, jenis, komposisi sampah dipengaruhi oleh taraf hidup masyarakat dan jumlah sampah dipengaruhi oleh kepadatan / populasi penduduk. Semakin padat populasi penduduk maka jumlah sampah juga akan semakin banyak. Limbah padat ada yang jenis organik maupun jenis anorganik. Limbah padat atau sampah telah mengakibatkan tingkat pencemaran air, tanah, dan udara melampaui baku mutu lingkungan. Pada saat ini, hanya sekitar 40% dari sampah penduduk perkotaan yang tertangani, sedangkan sisanya dibakar, dibuang ke badan air atau dibuang ke lahan terbuka. Sampah anorganik biasanya terakumulasi dan menimbulkan berbagai permasalahan di lingkungan seperti bau dan menyebabkan tanah menjadi becek. Contoh limbah padat adalah logam berat, kaca, plastik, kertas dan kain.

b. Limbah cair

Limbah berbentuk cair memiliki komposisi 99,9 % air dan 0,1 % bahan buangan yang terlarut maupun tersuspensi didalamnya. Limbah cair domestik yaitu limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, restoran, penginapan, mall dan lain-lain. Contoh limbah cair adalah air bekas cucian pakaian atau peralatan makan, air bekas mandi, tinja, sisa makanan berwujud cair.

c. Limbah gas

Limbah gas adalah bahan buangan berupa gas berasal dari asap kendaraan bermotor maupun gas dari pabrik-pabrik industri. Penyumbang terbesar limbah gas adalah pembakaran bahan bakar fosil seperti bensin, solar, kerosin dan lain-lain yang menghasilkan CO₂ sebagai penyebab pemanasan global. Global warming atau pemanasan global adalah naiknya suhu bumi karena adanya gas-gas rumah kaca (GRK) yang menyelimuti bumi sehingga radiasi matahari ke bumi yang seharusnya dapat dipantulkan kembali ke atmosfer menjadi tertahan sehingga suhu bumi menjadi naik.

Naiknya suhu bumi menimbulkan dampak yang sangat luas yaitu mencairnya es di Kutub, perubahan iklim dan musim hujan yang berkepanjangan. Contoh gas rumah kaca adalah CO₂ (*karbondioksida*), CH₄ (*metana*), N₂O (*dinitrogen monoksida*), SF₆ (*heksa fluoro sulfida*), HFC (*hidrogen fluoro karbon*) dan PFC (*Fosfor Fluoro Karbon*).

3. Limbah Menurut Asalnya ada 5 yaitu :

a. Limbah industri

Limbah industri adalah bahan buangan sisa dari kegiatan industri. Limbah industri berwujud padat, cair, maupun gas. Selain itu limbah industri ada yang dikategorikan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Sumber limbah B3 adalah kegiatan-kegiatan industri logam berat, pertambangan, kesehatan, farmasi, mesin-mesin, bahan kimia dan juga rumah tangga. Contoh Limbah B3 adalah *merkuri* (Hg), *timbal* (Pb), *arsenic* (As), *cadmium* (Cd), *kromium* (Cr) dan *nikel* (Ni).

b. Limbah domestik/rumah tangga

Limbah domestik/rumah tangga adalah semua jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga/pemukiman. Limbah rumah tangga ini bisa berwujud padat, cair maupun gas, sedangkan jenisnya ada yang organik maupun anorganik bahkan ada yang termasuk B3.

Limbah rumah tangga yang berwujud padat misalnya sisa kegiatan mengolah bahan makanan (sisa sayuran, buah-buahan, daging), bekas kemasan makanan, kaleng-kaleng, botol, kain, karet. Limbah rumah tangga cair contohnya air bekas cucian pakaian, air bekas cucian kendaraan bermotor, air bekas mandi. Limbah rumah tangga yang berwujud gas biasanya hanya berupa asap hasil proses memasak ataupun hasil membakar sampah.

c. Limbah perhotelan/pusat perdagangan/pasar swalayan

Semua jenis limbah yang dihasilkan oleh kegiatan perhotelan, atau penginapan, pusat perdagangan atau pasar swalayan. Limbah yang dihasilkan dari tempat-tempat ini adalah : sampah basah, berupa sisa bahan olahan, sisa makanan/masakan yang mudah sekali diuraikan oleh mikroorganisme contohnya air bekas mandi, air bekas cucian pakaian, dan sampah kering, berupa sampah yang bisa terbakar atau tidak mudah terbakar, misalnya kertas, tekstil, kulit, kayu, plastik, pecahan kaca.

d. Limbah pertanian dan peternakan

Limbah yang dihasilkan dari sisa kegiatan pertanian dan peternakan. Kegiatan pertanian akan menghasilkan limbah berupa sisa hasil panen, sisa kemasan pupuk, kemasan insektisida, bahan-bahan kimia yang berasal dari proses pemupukan dan

pemberantasan hama. Sedangkan limbah peternakan berupa kotoran ternak, kemasan pakan ternak, kemasan obat-obatan yang digunakan dan juga menghasilkan limbah gas berupa metana.

e. Limbah rumah sakit

Semua jenis limbah yang dihasilkan dari rumah sakit yang bisa berwujud padat maupun cair yang berasal dari kegiatan medis maupun non medis. Limbah rumah sakit digolongkan menjadi 2, yaitu :

- (a) Limbah medis, yaitu limbah yang langsung dihasilkan dari kegiatan diagnosis maupun tindakan medis terhadap pasien. Limbah ini bisa berwujud padat seperti kapas, kasa, perbam, injeksi, botol injeksi, botol infus, selang infus, kateter, masker, ampul, kemasan pil/kapsul. Sedangkan yang berwujud cair misalnya air bekas bilasan dari ruang bedah, air bekas otopsi dll yang apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan bau yang tidak sedap atau dapat menjadi media penularan penyakit. Selain itu juga ada limbah radioaktif yang berasal dari ruang radiologi seperti bekas foto hasil rontgen.
- (b) Limbah non medis, yaitu limbah yang dihasilkan diluar kegiatan medis di rumah sakit. Limbah non medis ini bisa berwujud padat yang berasal dari ruang kantor administrasi, ruang tunggu, ruang rawat inap, unit gizi/dapur, unit pelayanan, halaman parker atau taman. Contohnya : kertas, botol tinta, polpen bekas, sisa makanan, sisa bahan makanan, bekas kemasan makanan, kayu, daun-daun, ranting. Limbah yang berwujud cair berasal dari kloset / WC, dapur, lavatory berupa tinja, air bekas mandi, air bekas cucian pakaian pasien/selimut.

C. Faktor yang Berpengaruh pada Sanitasi Makanan

Makanan atau pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang diolah maupun yang tidak diolah, yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan atau minuman. Pengertian bahan makanan yang digunakan sebagai makanan atau minuman manusia, termasuk permen karet dan sejenisnya akan tetapi bukan obat. Pangan olahan adalah makanan atau minuman hasil proses dengan cara atau metode tertentu, dengan atau tanpa bahan tambahan.

Makanan yang terkontaminasi atau tercemar adalah :

- a. Makanan yang mengandung bahan beracun, berbahaya atau yang dapat merugikan atau membahayakan kesehatan jiwa manusia.
- b. Makanan yang mengandung cemaran yang melampaui ambang batas maksimal yang ditetapkan.
- c. Makanan yang mengandung bahan yang dilarang yang digunakan dalam kegiatan atau proses produksi pangan.
- d. Makanan yang mengandung bahan yang kotor, busuk, tengik, dan terurai.
- e. Makanan yang kadaluwarsa.

Bahan makanan yang tercemar akan mengandung bahan yang tidak dikehendaki ada dalam makanan yang mungkin berasal dari lingkungan atau sebagai akibat proses produksi makanan, berupa cemaran biologis, mikroorganisma, kimia dan benda asing yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Cemaran biologis adalah cemaran dalam makanan yang berasal dari bahan hayati, dapat berupa cemaran mikroba atau cemaran lainnya seperti cemaran *protozoa* dan *nematoda*. Cemaran kimia adalah cemaran dalam makanan yang berasal dari unsur atau senyawa kimia yang dapat merugikan dan membahayakan kesehatan manusia, seperti cemaran logam berat, cemaran mikotoksin, cemaran antibiotik, cemaran sulfonamida atau cemaran kimia lainnya. Cemaran mikroorganisma adalah cemaran dalam makanan yang berasal dari mikroorganisma yang dapat merugikan dan membahayakan kesehatan manusia.

Pencemaran mikroorganisma dalam makanan dapat berasal dari lingkungan, bahan-bahan mentah, air, alat-alat yang digunakan dan manusia yang ada hubungannya dengan proses pembuatan makanan sampai siap disantap. Beberapa jenis mikroorganisma yang sering menjadi pencemar bagi makanan antara lain :

1. **Bacillus cereus**

Bacillus cereus ialah bakteri berbentuk batang yang berspora dan bersifat Gram positif, selnya berukuran besar dibandingkan dengan bakteri batang lainnya serta tumbuh secara aerob fakultatif. *Bacillus cereus* dapat menyebabkan dua tipe penyakit, yaitu diare dan muntah. Gejala penyakit diare yang ditimbulkan mirip dengan yang disebabkan oleh *Clostridium perfringens*; yaitu buang air besar encer, perut kejang-kejang dan sakit 6 -15 jam setelah mengkonsumsi pangan yang tercemar; disertai mual, namun jarang terjadi muntah. Sedangkan gejala penyakit muntah, biasanya ditandai oleh mual terjadi 0,5 - 6 jam setelah mengkonsumsi pangan yang tercemar, dan biasanya berlangsung kurang dari 24 jam; kadang-kadang disertai dengan kejang perut dan diare. Beberapa strain *B. subtilis* dan *B. licheniformis* juga dapat menyebabkan muntah karena dapat memproduksi toksin

yang stabil terhadap panas seperti yang juga dihasilkan oleh *B. cereus*. Dosis infeksi *B. cereus* adalah $> 10^5$ /g. *B. cereus* terdapat di alam (tanah, debu, air) dan dalam pangan. Selain itu, mikroba ini banyak terdapat pada bahan baku yang biasa digunakan pada industri pangan. Pada pangan, konsentrasinya 10^3 koloni/g atau kurang; namun kebanyakan kurang dari 10^2 koloni/g. Jenis pangan yang rentan terkontaminasi *B. cereus* antara lain daging, susu, sayuran, dan ikan. Kasus keracunan pangan karena *B. cereus* dengan gejala muntah-muntah disebabkan oleh produk pangan berbahan baku beras, pangan yang mengandung pati (pasta), kentang dan juga keju. Kombinasi pangan seperti saus, puding, sup, casserole, pastri, dan selada sering terlibat dalam masalah keracunan pangan.

2. Koliform

Kelompok bakteri koliform terdiri dari beberapa genus bakteri anggota famili *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini berbentuk batang, tidak membentuk spora, bersifat Gram negatif, memfermentasi laktosa dalam waktu 24 jam pada suhu $44,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan dapat hidup dengan atau tanpa oksigen. Bakteri ini merupakan mikroba indikator. Keberadaannya mengindikasikan adanya bakteri patogen lain karena bakteri patogen biasanya berada dalam jumlah sedikit sehingga sulit untuk memonitornya secara langsung. Koliform umumnya tidak bersifat patogen. Namun apabila koliform ditemukan di sungai, maka diasumsikan bahwa air tersebut telah terkontaminasi oleh feses. Air yang mengandung koliform dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan penyakit seperti tipus, hepatitis, gastroenteritis, disentri dan infeksi telinga dengan gejala demam, mual, atau kram perut diakibatkan oleh patogen yang memasuki tubuh melalui mulut, hidung, telinga, atau kulit yang terluka.

Bakteri ini hidup di dalam tanah, air dan sistem pencernaan hewan, dan berada dalam jumlah cukup banyak di dalam feses dan saluran pencernaan manusia dan hewan berdarah panas lainnya, serta dapat memasuki cairan tubuh melalui kotoran manusia dan hewan. Koliform seperti bakteri lainnya, dapat dimusnahkan dengan cara memasak air hingga mendidih atau perlakuan dengan klorin. Mencuci dengan sabun setelah kontak dengan air yang terkontaminasi juga dapat mencegah terjadinya infeksi. Jumlah bakteri dalam contoh dihitung dengan membiakkan dan menghitung koloni bakteri koliform tersebut. Selain itu juga digunakan metode APM (Angka Paling Mungkin). Jika dalam pengujian APM ditemukan sejumlah bakteri, hal itu menunjukkan tingkat kontaminasi.

3. *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri berbentuk batang pendek (*kokobasil*), Gram negatif, ukuran $0,4 \mu\text{m} - 0,7 \mu\text{m} \times 1,4 \mu\text{m}$, dan beberapa strain mempunyai kapsul. Terdapat strain *E. coli* yang patogen dan non patogen. *E. coli* non patogen banyak ditemukan di dalam usus besar manusia sebagai flora normal dan berperan dalam pencernaan pangan dengan menghasilkan vitamin K dari bahan yang belum dicerna dalam usus besar. Strain patogen *E.coli* dapat menyebabkan kasus diare berat pada semua kelompok usia melalui endotoksin yang dihasilkannya. *E. coli* penyebab penyakit usus (diare) pada manusia yaitu : Enteropatogenik *E. coli* menyebabkan diare, terutama pada bayi dan anak-anak di negara-negara sedang berkembang. Enterotoksigenik *E.coli* menyebabkan Secretory Diarrhea seperti kolera. Strain bakteri ini mengeluarkan toksin LT (*Termolabil*) atau ST (*Termostabil*). Toksin dikeluarkan saat bakteri melekat pada sel epitel mukosa usus. *Enteroinvasive E. coli* menyebabkan penyakit diare seperti disentri yang disebabkan oleh bakteri *Shigella*. Pangan yang biasanya terkontaminasi *E.coli* ialah daging yang setengah matang dan pangan cepat saji lain serta keju yang berasal dari susu yang tidak dipasteurisasi. Sanitasi yang baik dilakukan dengan memasak daging sapi sampai suhu $65\text{ }^{\circ}\text{C}$, manaskan kembali masakan dan menyimpan pangan di lemari es pada suhu $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau kurang; merupakan cara untuk mengontrol *E. coli*.

4. Kapang dan Khamir

Kapang adalah mikroba bersel tunggal berupa benang-benang halus yang disebut hifa, kumpulan hifa disebut miselium, berkembang biak dengan spora atau membelah diri. Khamir disebut juga ragi yaitu mikroba bersel tunggal berbentuk bulat-lonjong dan memperbanyak diri melalui pembentukan tunas atau askospora, tetapi tidak membentuk benang-benang miselium. Kebanyakan kapang dan khamir bersifat aerob (memerlukan oksigen bebas untuk pertumbuhan), persyaratan asam/basa untuk pertumbuhannya sangat lebar berkisar antara pH 2 sampai di atas pH 9. Kisaran suhunya ($10\text{ }^{\circ}\text{C} - 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) juga lebar, dan beberapa spesies mampu tumbuh di bawah atau di atas kisaran ini. Persyaratan kelembaban khamir relatif rendah; banyak spesies dapat tumbuh pada aktivitas air (a_w) 0,85 atau kurang, meskipun kapang biasanya memerlukan aktivitas air lebih tinggi.

Beberapa strain menghasilkan mikotoksin seperti aflatoksin pada kacang-kacangan dan okratoksin pada kopi dan coklat. Kapang dan khamir dapat menyebabkan kerusakan pada bahan pangan dan beberapa dapat menyebabkan reaksi alergi dan infeksi terutama pada populasi yang kekebalannya kurang, seperti manula, individu terinfeksi HIV dan orang yang menjalani kemoterapi atau pengobatan antibiotika. Seperti halnya bakteri,

kapang dapat menimbulkan penyakit yang dibedakan atas dua golongan yaitu, infeksi oleh kapang (*mikosis*) dan keracunan (*mikotoksikosis*). Mikotoksikosis disebabkan oleh tertelannya hasil metabolisme beracun (toksin) dari kapang yang tidak rusak karena proses pengolahan pangan. Keracunan biasanya disebabkan oleh konsumsi mikotoksin secara berulang-ulang dalam suatu periode waktu tertentu.

Cara pengolahan atau fermentasi yang salah dapat mengakibatkan kontaminasi yang tidak diinginkan. Kapang yang memproduksi mikotoksin terutama dari jenis *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Fusarium*. Kapang dan khamir menyebabkan berbagai tingkat pembusukan dan dekomposisi pangan dan dapat menyerang serta tumbuh di hampir tiap jenis pangan; menyerang tanaman seperti padi, kacang-kacangan, buncis, dan buah-buahan di lahan pertanian sebelum panen dan selama penyimpanan. Juga tumbuh dalam pangan olahan dan campuran pangan. Pangan tercemar yang sedikit rusak, sangat rusak, atau sepenuhnya didekomposisi, ditandai oleh noda dengan berbagai ukuran dan warna, berbau apek, miselium kapas putih, atau kapang dengan spora yang berwarna serta rasa, aroma dan bau tidak normal. Adakalanya, pangan tampaknya bebas kapang namun saat pengujian ditemukan kapang atau khamir jenis tertentu pada pangan tercemar. Pencemaran pangan oleh kapang dan khamir dapat mengakibatkan kerugian ekonomi substansial pada produsen, pengolah, dan konsumen.

5. Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus adalah bakteri bola berpasang-pasangan atau berkelompok seperti buah anggur dengan diameter antara 0,8 -1,0 mikron, non motil, tidak berspora dan bersifat gram positif. Namun kadang-kadang ada yang bersifat Gram negatif yaitu pada bakteri yang telah difagositosis atau pada biakan tua yang hampir mati. Bakteri *Staphylococcus* sering ditemukan sebagai mikroflora normal pada kulit dan selaput lendir pada manusia. Dapat menjadi penyebab infeksi baik pada manusia maupun pada hewan. Jenis bakteri ini dapat memproduksi enterotoksin yang menyebabkan pangan tercemar dan mengakibatkan keracunan pada manusia. Bakteri ini dapat diisolasi dari bahan-bahan klinik, carriers, pangan dan lingkungan.

S. aureus merupakan penyebab infeksi jaringan lunak, seperti *toxic shock syndrome* (TSS) dan *scalded skin syndrome* (SSS). Beberapa strain mampu menghasilkan protein toksin yang sangat stabil terhadap panas yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia. Bakteri ini tumbuh dengan baik pada suhu tubuh manusia dan juga pada pangan yang disimpan pada suhu kamar serta menghasilkan toksin pada suhu tersebut. Toksin ini disebut *enterotoxin* karena dapat menyebabkan gastroenteritis atau radang lapisan saluran

usus. Stafilococcus ada di udara, debu, limbah, air, susu, pangan, peralatan makan, lingkungan, manusia, dan hewan. Bakteri ini tumbuh dengan baik dalam pangan yang mengandung protein tinggi, gula tinggi dan garam. Manusia dan hewan adalah tempat pertumbuhan yang utama.

Staphylococcus ada dalam saluran hidung dan kerongkongan serta pada kulit dan rambut pada 50 % atau lebih individu yang sehat. Risiko lebih tinggi terjadi pada mereka yang sering berhubungan dengan individu yang sakit atau kontak dengan lingkungan rumah sakit. Walaupun pengolah pangan merupakan sumber pencemaran pangan yang utama, peralatan dan lingkungan dapat juga menjadi sumber pencemaran *S. aureus*. Enterotoksin *S. aureus* menyebabkan keracunan pangan dalam waktu singkat dengan gejala kram dan muntah yang hebat. Selain itu, mikroba ini juga mengeluarkan leukosidin, suatu toksin yang merusak sel darah putih dan mempercepat pembentukan nanah pada luka dan jerawat. *S. aureus* ditemukan sebagai penyebab beberapa penyakit seperti pneumonia, meningitis, melepuh, arthritis dan osteomyelitis (infeksi tulang kronis). Gejala keracunan pangan stafilokokal adalah mual, muntah, kejang perut, dan lesu.

Pemasakan yang benar dapat merusak bakteri *S. aureus*, namun toksinnya sangat tahan terhadap pemanasan, pendinginan, dan pembekuan. Pangan yang sering tercemar oleh stafilokokal antara lain daging dan produk daging, telur dan unggas, ikan tuna, ayam, kentang, makaroni, produk roti seperti kue kering berisi krim, pai krim, dan eclair coklat, sandwich isi, serta susu dan produk susu. Pada susu, jumlah *Staphylococcus* sebanyak 10^7 koloni/g akan memproduksi enterotoksin. Mencuci tangan dengan teknik yang benar, membersihkan peralatan dan permukaan penyiapan pangan diperlukan untuk mencegah masuknya bakteri kedalam pangan terutama pangan yang tidak dipanaskan sebelum disiapkan seperti selada. Pangan harus didinginkan sampai dikonsumsi dan tidak dibiarkan pada suhu kamar selama lebih dari dua jam.

6. *Vibrio cholerae*

Vibrio cholerae merupakan bakteri berbentuk koma, berukuran 2 - 4 μm , sangat motil karena mempunyai flagela monotrih, tidak membentuk spora, pada biakan tua berbentuk batang lurus, Gram negatif. Sifat biakan koloni cembung (*convex*), bulat, halus, opak dan tampak granuler, bersifat aerob atau anaerob fakultatif, suhu optimum 37 °C (18 °C – 37 °C), pH optimum 8,5 – 9,5, tumbuh baik pada media yang mengandung garam mineral dan asparagin sebagai sumber karbon dan nitrogen. Dalam keadaan normal hanya patogen untuk manusia. *Vibrio cholerae* menyebabkan penyakit kolera, yang ditandai

dengan diare hebat dengan warna seperti air beras. Diare ini menyebabkan 60% penderita kolera meninggal karena dehidrasi. Setelah mikroba kolera ini masuk ke dalam tubuh, turun ke saluran usus menempel pada epitelium dan melepaskan eksotoksin yang disebut koleragen. Koleragen merangsang hipersekresi air dan klorida dan menghambat absorpsi natrium. Akibat kehilangan banyak cairan dan elektrolit, terjadi dehidrasi, asidosis, syok, dan mati. Secara histologis jaringan usus tetap normal. Masa inkubasi 6 jam - 5 hari, gejala mual, muntah, diare dan kejang perut. Feses encer seperti air beras tersebut terdiri dari mukus, sel epitel dan kuman vibrio dalam jumlah besar.

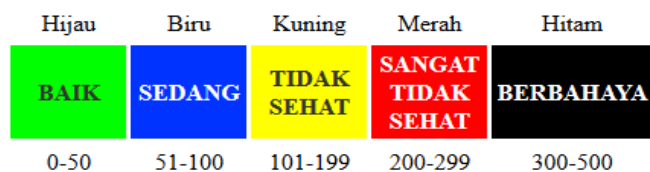
Dosis infeksi yang dapat menyebabkan penyakit pada orang sehat yaitu 10^7 koloni/g. Kolera dapat ditentukan hanya melalui isolasi mikroba penyebab dari feses individu yang terinfeksi. *V. cholerae* biasanya banyak terdapat di sungai dan perairan pantai serta laut yaitu pada kerang-kerangan, tiram, dan makanan laut lain dengan jumlah sel dibawah 10^3 koloni/g. Semua orang bisa terkena infeksi, terutama pada individu dengan kekebalan yang belum berkembang atau rendah, yang kadar asam lambungnya menurun, atau individu yang kekurangan gizi. Bakteri dapat rusak melalui pengolahan makanan laut secara sempurna. Pencegahan rekontaminasi makanan laut yang sudah diolah atau dimasak yaitu melalui penggunaan peralatan yang bersih. Jangan memakan makanan laut mentah termasuk tiram dan sushi.

D. Faktor yang Berpengaruh pada Sanitasi : Udara Bersih

Udara adalah campuran berbagai gas yg tidak berwarna dan tidak berbau (seperti oksigen dan nitrogen) yg memenuhi ruang di atas bumi yang kita hirup apabila kita bernapas.

Angka dan Kategori Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

Indeks	Kategori
1 - 50	Baik
51 - 100	Sedang
101 - 199	Tidak Sehat
200 - 299	Sangat Tidak Sehat
300 - lebih	Berbahaya



Pengaruh Indeks Standar Pencemar Udara untuk Setiap Parameter Pencemar

Kategori	Rentang	Carbon Monoksida (CO)	Nitrogen (NO ₂)	Ozon O ₃	Sulfur Dioksida (SO ₂)	Partikulat
Baik	0-50	Tidak ada efek	Sedikit berbau	Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat Kombinasi dengan SO ₂ (Selama 4 Jam)	Luka pada Beberapa spesies tumbuhan akibat kombinasi dengan O ₃ (Selama 4 Jam)	Tidak ada efek
Sedang	51 – 100	Perubahan kimia darah tapi tidak terdeteksi	Berbau	Luka pada Beberapa spesies tumbuhan	Luka pada Beberapa spesies tumbuhan	Terjadi penurunan pada jarak pandang
Tidak Sehat	101 – 199	Peningkatan pada kardiovaskular pada perokok yang sakit jantung	Bau dan kehilangan warna. Peningkatan reaktivitas pembuluh tenggorokan penderita asma	Penurunan kemampuan pada atlit yang berlatih keras	Bau, Meningkatnya kerusakan tanaman	Jarak pandang turun dan terjadi pengotoran debu di mana-mana
Sangat Tidak Sehat	200-299	Meningkatnya kardiovaskular pada orang	Meningkatnya sensitivitas pasien yang	Olah raga ringan mengakibatkan	Meningkatnya sensitivitas pada pasien	Meningkatnya sensitivitas pada pasien

		bukan perokok yang berpanyakit Jantung, dan akan tampak beberapa kelemahan nyata	berpenyaklt asma dan bronhitis	pengaruh parnafasan pada pasien berpenyaklt paru-paru kronis	berpenyakit asthma dan bronhitis	berpenyakit asthma dan bronhitis
Berbahaya	300 – lebih	Tingkat yang berbahaya bagi semua populasi yang terpapar				

Batas Indeks Standar Pencemar Udara dalam Satuan SI

Indeks Standar Pencemar Udara	24 jam PM10 ug/m ³	24 Jam SO ₂ ug/m ³	B jam CO ug/m ³	1 jam O ₃ mg/m ³	1 jam NO ₂ ug/m ³
10	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57.5	1200	3750

Parameter-Parameter Dasar untuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan Periode Waktu Pengukuran

No.	Parameter	Waktu Pengukuran
1.	Partikulat (PM10)	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
2.	Sulfur Dioksida (SO ₂)	24 jam (Periode pengukuran rata-rata)
3.	Carbon Monoksida (CO)	8 jam (Periode pengukuran rata-rata)
4.	Ozon (O ₃)	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)
5.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	1 jam (Periode pengukuran rata-rata)

E. Faktor yang Berpengaruh terhadap Sanitasi : Rumah Sehat

Rumah merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia, disamping kebutuhan sandang dan pangan. Rumah berfungsi sebagai tempat tinggal serta digunakan untuk berlindung dari gangguan iklim dan makhluk hidup lainnya. Rumah juga merupakan tempat berkumpulnya anggota keluarga untuk menghabiskan sebagian besar waktunya. Bahkan bayi, anak-anak, orang tua, dan orang sakit menghabiskan hampir seluruh waktunya di rumah.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1992, rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga. Sedangkan yang dimaksud dengan Sehat menurut World Health Organization (WHO) adalah suatu keadaan yang sempurna baik fisik, mental, maupun sosial budaya, bukan hanya keadaan yang bebas dari penyakit dan kelemahan (kecacatan). rumah sehat sebagai tempat berlindung atau bernaung dan tempat untuk beristirahat sehingga menumbuhkan kehidupan yang sempurna baik fisik, rohani maupun sosial budaya.

Rumah dikatakan sehat apabila memenuhi kriteria sebagai berikut : (Pedoman Teknis Penilaian Rumah Sehat, Depkes RI, 2007)

- a. Memenuhi kebutuhan psikologis antara lain privacy yang cukup, komunikasi yang sehat antar anggota keluarga dan penghuni rumah, adanya ruangan khusus untuk istirahat (ruang tidur), bagi masing-masing penghuni;
- b. Memenuhi persyaratan pencegahan penularan penyakit antar penghuni rumah dengan penyediaan air bersih, pengelolaan tinja dan limbah rumah tangga, bebas vektor penyakit dan tikus, kepadatan hunian yang tidak berlebihan, cukup sinar matahari pagi, terlindungnya makanan dan minuman dari pencemaran, disamping pencahayaan dan udara yang cukup;
- c. Memenuhi persyaratan pencegahan terjadinya kecelakaan baik yang timbul karena pengaruh luar dan dalam rumah, antara lain persyaratan garis sempadan jalan, konstruksi bangunan rumah, bahaya kebakaran dan kecelakaan di dalam rumah.

Syarat-syarat rumah yang sehat :

- a) Bahan bangunan lantai ; ubin atau semen baik, namun tidak cocok untuk kondisi ekonomi pedesaan. Lantai kayu sering terdapat pada rumah-rumah orang yang mampu di pedesaan, dan inipun mahal. Oleh karena itu, untuk lantai rumah pedesaan cukuplah tanah biasa yang dipadatkan. Syarat yang penting disini adalah tidak

- berdebu pada musim kemarau dan tidak basah pada musim hujan. Lantai yang basah dan berdebu merupakan sarang penyakit.
- b) Dinding; Tembok baik, namun disamping mahal tembok sebenarnya kurang cocok untuk daerah tropis, lebih-lebih bila ventilasinya tidak cukup. Dinding rumah di daerah tropis khususnya di pedesaan berupa papan. Sebab meskipun jendela tidak cukup, lubang-lubang pada dinding papan tersebut dapat merupakan ventilasi, dan dapat menambah penerangan alamiah.
 - c) Atap Genteng : Atap genteng umum dipakai baik di daerah perkotaan maupun pedesaan. Disamping atap genteng cocok untuk daerah tropis, juga dapat terjangkau oleh masyarakat dan bahkan masyarakat dapat membuatnya sendiri.
 - d) Bahan yang lain (tiang, kaso, dan reng)

1. Ventilasi

Udara merupakan kebutuhan pokok manusia untuk bernafas sepanjang hidupnya. Udara akan sangat berpengaruh dalam menentukan kenyamanan pada bangunan rumah. Kenyamanan akan memberikan kesegaran terhadap penghuni dan terciptanya rumah yang sehat, apabila terjadi pengaliran atau pergantian udara secara kontinyu melalui ruangan-ruangan, serta lubang-lubang pada bidang pembatas dinding atau partisi sebagai ventilasi. Ventilasi rumah mempunyai banyak fungsi. Fungsi pertama adalah untuk menjaga agar aliran udara di dalam rumah tersebut tetap segar. Hal ini berarti keseimbangan O_2 yang diperlukan oleh penghuni rumah tersebut tetap terjaga. Kurangnya ventilasi akan menyebabkan O_2 didalam rumah berkurang, yang berarti kadar CO_2 yang bersifat racun bagi penghuninya menjadi meningkat. disamping itu tidak cukupnya ventilasi akan menyebabkan kelembaban udara didalam ruangan naik karena terjadinya proses penguapan dari kulit dan penyerapan. Kelembaban ini akan merupakan media yang baik untuk bakteri-bakteri, patogen (bakteri-bakteri penyebab penyakit.) Fungsi kedua daripada ventilasi adalah untuk membebaskan udara ruangan-ruangan dari bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen, karena disitu selalu terjadi aliran udara yang terus-menerus. Bakteri yang terbawa oleh udara akan selalu mengalir. Fungsi lainnya adalah untuk menjaga agar ruangan selalu tetap didalam kelembaban (*humidity*) yang optimum. Ada 2 macam ventilasi, yaitu :

- a) Ventilasi alami.
- b) Ventilasi buatan, dengan mempergunakan alat-alat khusus untuk mengalirkan udara tersebut, misalnya AC, kipas angin, dan mesin penghisap udara.

2. Cahaya

Rumah sebagai tempat tinggal yang memenuhi syarat kesehatan dan kenyamanan harus memenuhi 3 aspek, yaitu pencahayaan, penghawaan, serta suhu udara dan kelembaban dalam ruangan.

Rumah yang sehat memerlukan cahaya yang cukup, tidak kurang dan tidak terlalu banyak. Kurangnya cahaya yang masuk kedalam ruangan rumah, terutama cahaya matahari di samping kurang nyaman, juga merupakan media atau tempat yang baik untuk hidup dan berkembangnya bibit-bibit penyakit. Sebaliknya terlalu banyak cahaya didalam rumah akan menyebabkan silau, dan akhirnya dapat merusak mata. Matahari merupakan pencahayaan alami pada siang hari. Kualitas pencahayaan alami siang hari yang masuk ke dalam ruangan ditentukan oleh:

- a. Kegiatan yang membutuhkan daya penglihatan (mata),
- b. Lamanya waktu kegiatan yang membutuhkan daya penglihatan mata),
- c. Tingkat atau gradasi kekasaran dan kehalusan jenis pekerjaan,
- d. Lubang cahaya minimum sepersepuluh dari luas lantai ruangan,
- e. Sinar matahari langsung dapat masuk ke ruangan minimum 1 (satu) jam setiap hari,
- f. Cahaya efektif dapat diperoleh dari jam 08.00 sampai dengan jam 16.00.

3. Suhu Udara dan Kelembaban

Rumah dinyatakan sehat dan nyaman, apabila suhu udara dan kelembaban udara ruangan sesuai dengan suhu tubuh manusia normal. Suhu udara dan kelembaban ruangan sangat dipengaruhi oleh penghawaan dan pencahayaan. Penghawaan yang kurang akan menjadikan ruangan terasa pengap atau sumpek dan akan menimbulkan kelembaban tinggi dalam ruangan. Untuk mengatur suhu udara dan kelembaban normal ruangan dan penghuni dalam melakukan kegiatannya, perlu memperhatikan:

- a. Keseimbangan penghawaan antara volume udara yang masuk dan keluar.
- b. Pencahayaan yang cukup pada ruangan dengan perabotan tidak bergerak.
- c. Menghindari perabotan yang menutupi sebagian besar luas lantai ruangan.

Pengukuran suhu udara dilakukan dengan mempergunakan alat *Psychrometer*, yang terbagi atas :

- a. Suhu Kering, merupakan suhu udara yang ditunjukkan oleh thermometer basah dengan pembacaan suhu setelah diukur selama ± 15 menit dan umumnya berkisar antara 29°C - 34°C

- b. Suhu Basah, merupakan suhu yang menunjukkan bahwa udara telah jenuh yaitu antara 25°C - 28°C

4. Luas Bangunan Rumah

Luas bangunan rumah sehat harus cukup untuk penghuni di dalamnya, artinya luas bangunan tersebut harus disesuaikan dengan jumlah penghuninya. Luas bangunan yang tidak sebanding dengan jumlah penghuninya akan menyebabkan perjubelan (*overcrowded*). Hal ini tidak sehat, sebab di samping menyebabkan kurangnya konsumsi O₂ juga bila salah satu anggota keluarga terkena penyakit infeksi, akan mudah menular kepada anggota keluarga yang lain. Luas bangunan yang optimum adalah apabila dapat menyediakan 2,5 – 3 m² untuk tiap orang (tiap anggota keluarga).

a. Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) ?

PHBS adalah semua perilaku kesehatan yang dilakukan atas kesadaran sehingga anggota keluarga dapat menolong dirinya sendiri di bidang kesehatan dan dapat berperan aktif dalam kegiatan kesehatan di masyarakat. Upaya sosialisasi dan pelebagaan PHBS, contohnya mencuci tangan dengan sabun, menggunakan jamban sehat dan menggunakan air bersih. Kementerian Kesehatan menjelaskan masyarakat dapat melakukan kegiatan sanitasi melalui upaya perilaku hidup bersih dan sehat, mencegah penyebaran penyakit berbasis lingkungan, meningkatkan kemampuan masyarakat, serta meningkatkan akses air minum dan sanitasi dasar.

b. Apa Manfaat PHBS ?

- a) Setiap anggota keluarga menjadi sehat dan tidak mudah sakit.
- b) Anak tumbuh sehat dan cerdas.
- c) Anggota keluarga giat bekerja.
- d) Pengeluaran biaya rumah tangga dapat ditujukan untuk memenuhi gizi keluarga, pendidikan dan modal usaha untuk menambah pendapatan keluarga.

c. PHBS di Rumah

Apakah Kalian merasa bahwa diri Kalian dan keluarga merupakan keluarga sehat? Mungkin mayoritas langsung menganggukkan kepala jika mendapat pertanyaan demikian. Namun, tahukah Kalian apa saja langkah menuju keluarga sehat? Mungkin juga banyak dari kita yang langsung menjawab macam-macam langkahnya. pengertian PHBS adalah sekumpulan perilaku yang dipraktikkan atas dasar kesadaran sebagai hasil pembelajaran yang menjadikan seseorang, keluarga,

atau masyarakat mampu menolong dirinya sendiri (mandiri) di bidang kesehatan dan berperan aktif dalam mewujudkan kesehatan. PHBS dalam lingkungan rumah tangga. PHBS rumah tangga adalah upaya untuk memberdayakan anggota rumah tangga, agar tahu, mau dan mampu melaksanakan perilaku hidup bersih dan sehat serta berperan aktif dalam gerakan kesehatan di masyarakat.



Sumber: <http://perilakuhidupbersihsehat.com/>

Gambar 2.1. PHBS di Rumah

d. PHBS di Sekolah

Memperkenalkan dunia kesehatan pada anak-anak di sekolah, seyogyanya tidak terlalu susah karena pada umumnya tiap sekolah sudah memiliki Usaha Kesehatan Sekolah (UKS).

UKS adalah usaha untuk membina dan mengembangkan kebiasaan serta perilaku hidup sehat pada peserta didik usia sekolah yang dilakukan secara menyeluruh dan terpadu. Dalam UU Nomor 36 Tahun 2009 pasal 79 tentang Kesehatan, ditegaskan bahwa "Kesehatan Sekolah" diselenggarakan untuk meningkatkan kemampuan hidup sehat peserta didik dalam lingkungan hidup sehat sehingga peserta didik dapat belajar, tumbuh dan berkembang secara harmonis dan setinggi-tingginya sehingga diharapkan dapat menjadi sumber daya manusia yang berkualitas.

UKS bertujuan untuk meningkatkan mutu pendidikan dan prestasi belajar peserta didik dengan meningkatkan perilaku hidup bersih dan sehat serta derajat kesehatan peserta didik dan menciptakan lingkungan yang sehat, sehingga memungkinkan pertumbuhan dan perkembangan yang harmonis dan optimal dalam rangka pembentukan manusia Indonesia seutuhnya.

Ruang lingkup dan tujuan UKS tidak lain mengarah pada praktik perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) di sekolah. Karena terdiri dari sekumpulan perilaku yang dipraktikkan oleh peserta didik, guru dan masyarakat lingkungan sekolah atas dasar kesadaran sebagai hasil pembelajaran. Sehingga secara mandiri mampu mencegah penyakit, meningkatkan kesehatannya, serta berperan aktif dalam mewujudkan lingkungan sehat.

e. Indikator PHBS di Sekolah

- a) Menyuci tangan dengan air yang mengalir dan memakai sabun.
- b) Mengonsumsi jajanan sehat di kantin sekolah.
- c) Menggunakan jamban yang bersih dan sehat.
- d) Olahraga yang teratur dan terukur
- e) Memberantas jentik nyamuk.
- f) Tidak merokok di sekolah
- g) Menimbang berat badan dan mengukur tinggi badan setiap bulan.
- h) Membuang sampah pada tempatnya.

f. PHBS di Tempat Umum

Perilaku Hidup Bersih dan Sehat di tempat – tempat umum adalah upaya untuk memberdayakan masyarakat pengunjung dan pengelola tempat-tempat umum agar tahu, mau dan mampu untuk mempraktikkan PHBS dan berperan aktif dalam mewujudkan tempat – tempat umum sehat, karena tempat – tempat umum adalah sarana yang diselenggarakan oleh pemerintah/swasta, atau perorangan yang

digunakan untuk kegiatan bagi masyarakat seperti sarana pariwisata, transportasi, sarana ibadah, sarana perdagangan, dan olahraga, rekreasi dan sarana sosial lainnya. Ada beberapa indikator yang dipakai sebagai ukuran untuk menilai PHBS di tempat – tempat umum yaitu :

- a) Menggunakan air bersih
- b) Menggunakan jamban.
- c) Membuang sampah pada tempatnya.
- d) Tidak merokok di tempat umum.
- e) Tidak meludah sembarangan.
- f) Memberantas jentik nyamuk.

g. PHBS di Tempat Kerja

Perilaku Hidup Bersih (PHBS) di tempat kerja adalah upaya untuk memberdayakan para pekerja agar tahu, mau, dan mampu mempraktikkan perilaku hidup bersih dan sehat serta berperan aktif dalam mewujudkan tempat kerja sehat.

Manfaat PHBS bagi setiap pekerja adalah untuk meningkat kesehatannya dan tidak mudah sakit, Produktivitas pekerja meningkat yang berdampak pada peningkatan penghasilan pekerja dan ekonomi keluarga, Pengeluaran biaya rumah tangga hanya ditujukan untuk peningkatan taraf hidup bukan untuk biaya pengobatan.

Manfaat PHBS bagi masyarakat agar tetap menjaga lingkungan tetap sehat walaupun berada di sekitar tempat kerja, dapat mencontoh perilaku hidup bersih dan sehat yang diterapkan oleh tempat kerja setempat.

Manfaat PHBS bagi tempat kerja adalah untuk meningkatnya produktivitas pekerja yang berdampak positif terhadap pencapaian target dan tujuan, menurunnya biaya kesehatan yang harus dikeluarkan, meningkatnya citra tempat kerja yang positif.

h. PHBS Bagi Pemerintah Provinsi dan Kabupaten/Kota

Peningkatan Tempat Kerja Sehat menunjukkan kinerja dan citra pemerintah provinsi dan kabupaten/kota yang baik, Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah dapat dialihkan untuk peningkatan kesehatan bukan untuk menanggulangi masalah kesehatan, dapat dijadikan pusat pembelajaran bagi daerah lain dalam pembinaan PHBS di Rumah Tangga.

Berikut adalah apa yang harus dilakukan di tempat kerja untuk menjalankan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat.



Sumber : <http://promkes.depkes.go.id/>

Gambar 2.2. Promo kesehatan

i. PHBS di Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Kebijakan pembangunan kesehatan ditekankan pada upaya promotif dan preventif agar orang yang sehat menjadi lebih sehat dan produktif. Pola hidup sehat merupakan perwujudan paradigma sehat yang berkaitan dengan perilaku perorangan, keluarga, kelompok, dan masyarakat yang berorientasi sehat dengan meningkatkan, memelihara, dan melindungi kualitas kesehatan baik fisik, mental, spiritual maupun sosial.

j. Perilaku Hidup Sehat Meliputi Perilaku Proaktif untuk:

- a) Memelihara dan meningkatkan kesehatan dengan cara olah raga teratur dan hidup sehat.
- b) Menghilangkan kebudayaan yang berisiko menimbulkan penyakit.
- c) Usaha untuk melindungi diri dari ancaman yang menimbulkan penyakit.
- d) Berpartisipasi aktif dalam gerakan kesehatan masyarakat.

Rumah sakit merupakan salah satu fasilitas pelayanan kesehatan, tempat berkumpulnya orang sakit dan sehat sehingga berpotensi menjadi sumber penularan penyakit bagi pasien, petugas kesehatan maupun pengunjung. Terjadinya infeksi

oleh bakteri atau virus yang ada di fasilitas pelayanan kesehatan, penularan penyakit dari penderita yang dirawat di fasilitas pelayanan kesehatan kepada penderita lain atau petugas di fasilitas pelayanan kesehatan ini disebut dengan infeksi rumah sakit.

Infeksi rumah sakit dapat terjadi karena kurangnya kebersihan fasilitas pelayanan kesehatan atau kurang higienis atau tenaga kesehatan yang melakukan prosedur medis tertentu kurang terampil. Penularan penyakit juga dapat terjadi karena tidak memadainya fasilitas sanitasi seperti ketersediaan air bersih, jamban, dan pengelolaan limbah.

Berdasarkan data Kementerian Kesehatan tahun 2004 ternyata infeksi rumah sakit merupakan salah satu penyumbang penyakit tertinggi. Persentase tingkat risiko terjangkitnya infeksi rumah sakit di Rumah Sakit Umum mencapai 93,4% sedangkan Rumah Sakit Khusus hanya 6,6%, 1,6-80,8 % diantaranya merupakan penyakit saluran pencernaan.

PHBS di fasilitas pelayanan kesehatan merupakan upaya untuk memberdayakan pasien, masyarakat pengunjung dan petugas agar tahu, mau dan mampu untuk mempraktikkan PHBS dan berperan aktif dalam mewujudkan fasilitas pelayanan kesehatan yang sehat dan mencegah penularan penyakit di fasilitas pelayanan kesehatan.

k. Beberapa Kegiatan yang Dapat Dilakukan Guna Efektivitas PHBS di Fasilitas Pelayanan Kesehatan yaitu :

- a) Mencuci tangan pakai sabun (*hand rub/hand wash*).
- b) Penggunaan air bersih dan penggunaan jamban sehat.
- c) Membuang sampah pada tempatnya.
- d) Larangan merokok.
- e) Tidak meludah sembarangan.
- f) Pemberantasan jentik nyamuk.

l. Tujuan PHBS di Fasilitas Pelayanan Kesehatan

- a) Membudayakan perilaku hidup bersih dan sehat
- b) Mencegah terjadinya penularan penyakit.
- c) Menciptakan lingkungan yang sehat.

m. Sasaran PHBS di Fasilitas Pelayanan Kesehatan

- a) Pasien
- b) Keluarga pasien,
- c) Pengunjung,

- d) Petugas kesehatan,
 - e) Karyawan.
- n. Manfaat PHBS di Fasilitas Pelayanan Kesehatan bagi Pasien/Keluarga Pasien/Pengunjung :**
- a. Memperoleh pelayanan kesehatan yang aman dan sehat,
 - b. Terhindar dari penularan penyakit,
 - c. Mempercepat proses penyembuhan penyakit dan
 - d. Peningkatan derajat kesehatan pasien.
- o. Fasilitas Pelayanan Kesehatan/Rumah Sakit :**
- a) Mencegah terjadinya penularan penyakit,
 - b) Meningkatkan citra fasilitas pelayanan kesehatan yang baik sebagai tempat untuk memberikan pelayanan kesehatan dan pendidikan kesehatan bagi masyarakat.

F. Rangkuman

1. Sanitasi lingkungan menurut Kementerian Lingkungan Hidup dapat diartikan sebagai kegiatan yang ditujukan untuk meningkatkan dan mempertahankan standar kondisi lingkungan yang mendasar yang mempengaruhi kesejahteraan manusia.
2. Sanitasi menurut *World Health Organization* (WHO) adalah suatu usaha pengawasan beberapa faktor lingkungan fisik yang berpengaruh kepada manusia terutama terhadap hal-hal yang mempengaruhi efek, merusak perkembangan fisik, kesehatan, dan kelangsungan hidup.
3. Air adalah semua air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil.
4. Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air.
5. Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.
6. Daftar Persyaratan Kualitas Air Minum diatur menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tanggal 3 September 1990
7. Pencegahan Pencemaran Air dapat dilakukan menggunakan metode 5R yaitu

Reduce, Reuse, Recycle, Recharge dan Recovery.

8. Volume rata-rata kebutuhan air setiap individu per hari berkisar antara 150-200 liter atau 35-40 galon.
9. Parameter Fisik air bersih antara lain harus memenuhi persyaratan secara fisik yaitu, tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh (jernih) dan tidak berwarna.
10. Parameter Kimia Air Bersih adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain Air raksa (Hg), Aluminium (Al), Arsen (As), Barium (Ba), Besi (Fe), Flourida (F), Calsium (Ca), Derajat keasaman (pH) dan zat-zat kimia lainnya.
11. Parameter Biologi Air Bersih adalah air yang tidak tercemar oleh *Total coliform* 10-50 sel/100 ml air
12. Makanan atau pangan adalah segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang diolah maupun yang tidak diolah, yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan dan bahan lain yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan atau pembuatan makanan atau minuman.
13. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1992, rumah adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau hunian dan sarana pembinaan keluarga.
14. Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS) adalah semua perilaku kesehatan yang dilakukan atas kesadaran sehingga anggota keluarga dapat menolong dirinya sendiri di bidang kesehatan dan dapat berperan aktif dalam kegiatan kesehatan di masyarakat.
15. Pengertian UKS adalah usaha untuk membina dan mengembangkan kebiasaan serta perilaku hidup sehat pada peserta didik usia sekolah yang dilakukan secara menyeluruh dan terpadu.

Uji Pemahaman

- 1 . Setelah mempelajari materi kualitas air bersih apakah kalian tidak menguasai, sedikit menguasai, menguasai, atau sangat menguasai untuk:
 - a. mendeskripsikan syarat-syarat untuk air bersih;
 - b. mendeskripsikan sayarat air minum
 - c. menghitung kebutuhan air minum satu orang dalam satu hari

2. Dari materi dan beberapa kegiatan tentang perilaku hidup bersih dan sehat, bagian mana yang paling kalian sukai? Mengapa?

Uji Kemampuan

- I. Pilihlah salah satu jawaban yang kamu anggap benar!
- Yang tidak termasuk dalam 5 R adalah
 - Recharge
 - Recycle
 - Recovery
 - Reduce
 - Remediation - Zat kimia yang aman bagi kesehatan adalah
 - Arsen
 - Barium
 - Kalsium
 - Kalium
 - Aluminium - Batas ambang Total Coliform yang diperkenankan bagi air minum adalah.....
 - 100 sel/100 ml
 - 1 sel/100 ml
 - 50 sel/100 ml
 - 0 sel/100 ml
 - 10 sel/100 ml - Air yang mengandung koliform dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan beberapa penyakit...
 - Tipus
 - Siare
 - Alergi
 - Pneumonia
 - Kolera - Salah satu contoh gas rumah kaca
 - Timbal
 - Flourida
 - Sulfur
 - Metana
 - Sianida - Upaya menjaga kesehatan dan pencegahan penyakit di suatu lingkungan yang berpengaruh terhadap kehidupan manusia yang mencakup lingkungan fisik yaitu tanah, air dan udara dikenal sebagai.....
 - Sanitasi lingkungan
 - Kesehatan lingkungan
 - Perilaku hidup bersih dan sehat
 - sanitasi
 - Baku mutu lingkungan

7. Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi Pertanian termasuk dalam kelas
 - a. Satu
 - b. Dua
 - c. Tiga
 - d. Empat
 - e. lima
8. Kapang yang memproduksi mikotoksin terutama dari jenis
 - a. *Aspergillus*
 - b. *Botrytis*
 - c. *Mucor*
 - d. *Neurospora*
 - e. *Rhizopus*
9. Ventilasi di rumah akan membuat
 - a. kadar O₂ akan turun
 - b. kadar CO₂ akan naik
 - c. kelembaman udara di ruangan akan naik
 - d. udara ruangan terbebas dari bakteri-bakteri
 - e. aliran udara akan berkurang
10. Berapakah indeks untuk kategori udara yang terbebas dari pencemar?
 - a. 1 - 50
 - b. 50 - 100
 - c. 101 - 199
 - d. 200 - 299
 - e. 300 - lebih

II. Pasangkan pernyataan di bawah ini dengan kata-kata yang sesuai di dalam kotak!

PHBS; Baku mutu; *Staphylococcus aureus*; karet; air bersih; Kapang; Lingkungan; Rantai makanan; limbah; Heterotrof; Pangan; kuman; Mikotoksin; rumah sehat; UKS

- 1 . Usaha Kesehatan Sekolah
- 2 . Mempercepat pembentukan nanah pada jerawat.
- 3 . Bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit, bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun, tidak berasa dan tidak berbau, dapat dipergunakan untuk mencukupi kebutuhan domestik dan rumah tangga.
- 4 . Limbah yang bukan berasal dari sisa makhluk hidup.
- 5 . Kandungan BOD kurang dari 1.500 ppm.

III. Jawablah pernyataan di bawah ini dengan jawaban setuju (S) dan tidak setuju (TS), dan berikan alasan singkatmu!

No.	Pernyataan	Pernyataan		Alasan
		S	TS	
1.	Perilaku hidup bersih sehat akan meningkatkan kesehatan tubuh			
2.	Bak mandi harus dikuras sebulan sekali			
3.	Yang harus disalahkan jika terjadi wabah penyakit bukan pemerintah, melainkan manusia itu sendiri.			
4.	Seluruh warga masyarakat harus saling bekerja sama untuk menjaga kesehatan lingkungan.			

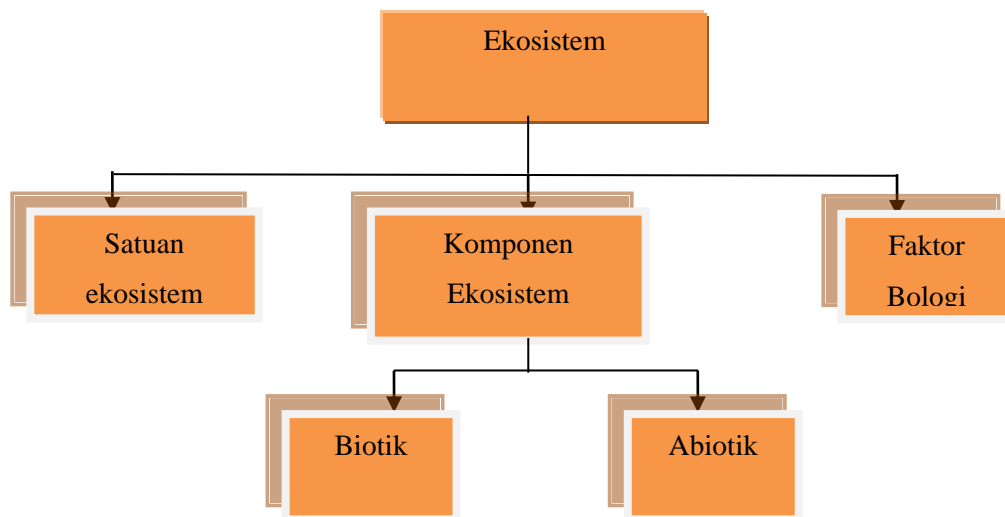
BAB 3

EKOSISTEM

Setelah mempelajari materi tentang ekosistem ini Kalian diharapkan dapat mendeskripsikan peran komponen ekosistem dalam aliran energi dan daur biogeokimia serta pemanfaatan komponen ekosistem bagi kehidupan manusia

Peta konsep dibawah ini merupakan bahasan materi dalam bab ini. Pelajari dan pahami agar kalian mempunyai gambaran sebelum membaca uraian materi tentang ekosistem.

Peta Konsep



Kata Kunci

Produsen	rantai makanan
Konsumen	jaring-jaring makanan
Abiotik	piramida makanan
Biotik	biogeokimia

Pernahkah kalian berjalan-jalan di suatu persawahan di pagi hari? Selain tanaman padi, apakah kalian menemukan makhluk hidup lain? Misalnya belalang, tikus, ular, katak, dan elang. Dapatkah kalian menemukan hubungan antara makhluk hidup tersebut? Lalu, bagaimana hubungan antara makhluk hidup tersebut dengan lingkungan hidupnya?



Sumber : Dokumentasi penulis
Gambar 3.1 Ekosistem persawahan

Lihatlah Gambar 3.1. Betapa indahnnya anugerah Tuhan ini. Bayangkan kalian berada di tengah-tengahnya. Sejujukkan udara yang kalian rasakan? Tahukah kalian bahwa tanaman melepaskan oksigen ketika berfotosintesis? Tahukah kalian bahwa karbon dioksida yang kalian keluarkan sangat diperlukan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis?

Ada hubungan timbal balik antara manusia, tumbuhan, dan tempat tumbuhnya. Interaksi atau hubungan antara makhluk hidup dengan lingkungannya yang membentuk suatu sistem ekologi inilah yang disebut dengan ekosistem.

Pada kenyataannya, makhluk hidup tidak dapat lepas dari lingkungannya, baik itu makhluk hidup lainnya (*biotik*) maupun makhluk tak hidup (*abiotik*). Dengan interaksi antara kedua komponen tersebut, ekosistem akan selalu tumbuh berkembang sehingga menimbulkan perubahan. Sumber utama ekosistem adalah cahaya matahari.

Ketika kalian berjalan-jalan ke laut, kalian akan menemukan ekosistem laut. Demikian juga ketika kalian berjalan-jalan ke kebun, pegunungan, sungai, dan kolam, kalian akan menemukan ekosistem kebun, pegunungan, sungai, dan kolam.

Apa sajakah satuan-satuan dalam ekosistem? Apa saja komponen penyusun ekosistem? Apakah keseimbangan ekosistem? Bagaimanakah saling ketergantungan antarmakhluk hidup? Mari kita simak uraian berikut ini.

Pengertian ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk karena hubungan timbal balik yang tidak dapat terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem dapat juga dikatakan sebagai suatu tatanan kesatuan secara utuh serta

menyeluruh antara unsur lingkungan hidup yang saling mempengaruhi.

Ekosistem merupakan penggabungan dari unit biosistem yang melibatkan hubungan interaksi timbal balik antara organisme serta lingkungan fisik sehingga aliran energi menuju struktur biotik tertentu sehingga terjadi siklus materi antara organisme dan anorganisme. Matahari adalah sumber dari semua energi yang ada dalam ekosistem.

Dalam suatu ekosistem, organisme dalam komunitas berkembang secara bersama-sama dengan lingkungan fisik. Organisme tersebut akan beradaptasi dengan lingkungan fisik dan sebaliknya organisme juga dapat mempengaruhi lingkungan fisik yang digunakan untuk keperluan hidup. Kehadiran suatu spesies dalam suatu ekosistem ditentukan oleh tingkat ketersediaan sumber daya dan kondisi faktor kimiawi serta fisis yang harus berada pada kisaran yang masih dapat ditoleransi oleh spesies itu sendiri, itulah yang disebut hukum toleransi. Berikut komponen pembentuk ekosistem dan tipe-tipe ekosistem.

Lingkungan hidup meliputi Komponen Biotik dan Komponen Abiotik. Komponen biotik meliputi berbagai jenis makhluk hidup mulai yang bersel satu (*uni seluler*) sampai makhluk hidup bersel banyak (*multi seluler*) yang dapat dilihat langsung oleh kita. Komponen abiotik meliputi iklim, cahaya, batuan, air, tanah, dan kelembaban. Ini semua disebut faktor fisik. Selain faktor fisik, ada faktor kimia, seperti salinitas (kadar garam), tingkat keasaman, dan kandungan mineral. Ekosistem bisa dikatakan juga suatu tatanan kesatuan secara utuh dan menyeluruh antara segenap unsur lingkungan hidup yang saling memengaruhi. Di dalam ekosistem, seluruh makhluk hidup yang terdapat di dalamnya selalu melakukan hubungan timbal balik, baik antar makhluk hidup maupun makhluk hidup dengan lingkungannya atau komponen abiotiknya. Hubungan timbal balik ini menimbulkan keserasian hidup di dalam suatu ekosistem. Ekosistem terdiri dari ekosistem alami dan ekosistem buatan. Ekosistem alami adalah suatu ekosistem yang dibentuk secara alami, tanpa ada campur tangan manusia. Ekosistem alami dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu ekosistem darat dan ekosistem perairan.

A. Komponen Ekosistem

Ekosistem tersusun atas makhluk hidup dan makhluk tak hidup. Sebagai contoh, ekosistem sawah terdiri atas hewan dan tumbuhan yang hidup bersama-sama. Pada ekosistem sawah tersebut, terdapat rumput, tanaman padi, belalang, ulat, tikus, burung pemakan ulat, burung elang, dan masih banyak lagi.

Dalam ekosistem, terdapat satuan-satuan makhluk hidup. Individu, populasi,

komunitas, biosfer yang merupakan satuan makhluk hidup dalam satu ekosistem, dan sinar matahari sangat berperan terhadap kelangsungan hidup satuan-satuan ekosistem tersebut.

1. Individu

Pernahkah kalian melihat seekor domba atau seekor ayam atau sebatang pohon mangga? Seekor domba atau seekor ayam dinamakan individu. Demikian juga dengan sebatang pohon mangga. Individu adalah satuan makhluk hidup tunggal. Dapatkah kalian menyebutkan individu- individu yang lainnya yang ada di sekitarmu?

2. Populasi

Sekumpulan tanaman cabai disebut dengan populasi cabai. Sekumpulan ikan bandeng di dalam kolam air payau disebut dengan populasi ikan bandeng. Jika di dalam suatu sawah ditumbuhi sekumpulan tumbuhan Azolla selain padi, berarti dalam sawah tersebut juga terdapat populasi tumbuhan Azolla. Kumpulan individu-individu yang sama dapat membentuk populasi. Populasi adalah sekumpulan individu sejenis yang hidup dalam suatu habitat tertentu. Dari contoh di atas, coba kalian cari contoh-contoh populasi yang lain?



Sumber : Dokumentasi penulis
Gambar 3.2 Populasi tanaman cabai

a. Kepadatan Populasi

Besarnya populasi ditunjukkan oleh jumlah individu di dalam suatu populasi per satuan luas. Besarnya populasi per satuan luas ini disebut kepadatan populasi. Misalkan, satu areal perkebunan tomat luasnya 1.000 m^2 . Dalam kebun tersebut terdapat 1.000 pohon tomat dan 10.000 ekor ulat. Itu berarti kepadatan populasi pohon tomat adalah $1.000 \text{ pohon}/1.000 \text{ m}^2$ atau $1 \text{ pohon}/\text{m}^2$ dan kepadatan populasi ulat adalah $10.000 \text{ ekor}/1.000 \text{ m}^2$ atau $10 \text{ ekor}/\text{m}^2$.

Populasi adalah sekumpulan individu sejenis yang hidup dalam suatu habitat tertentu. Kepadatan populasi adalah besarnya populasi per satuan luas. Perubahan populasi terjadi karena adanya penambahan atau pengurangan jumlah populasi.

b. Perubahan Populasi

Perubahan populasi dapat terjadi dari waktu ke waktu. Perubahan ini terjadi karena adanya penambahan atau pengurangan jumlah populasi. Berkurang atau bertambahnya populasi ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, misalnya, perubahan musim, imigrasi, ataupun emigrasi. Imigrasi adalah penambahan populasi

3. Komunitas

Coba kalian perhatikan kolam ikan yang ada di rumah kalian atau di rumah teman kalian. Di dalam kolam ikan air tawar, terdapat sekumpulan ikan nila, sekumpulan tumbuhan teratai, sekumpulan ganggang hijau, dan sekumpulan katak. Sekumpulan populasi yang hidup dalam air tawar ini disebut sebagai komunitas kolam air tawar. Komunitas adalah sekumpulan berbagai macam populasi makhluk hidup yang hidup dalam suatu wilayah tertentu. Suatu komunitas tersusun dari semua populasi yang hidup dan saling berinteraksi antara satu dengan yang lain dalam suatu wilayah dan waktu tertentu. Komunitas ikan air tawar selalu berhubungan dengan kolam ikan, air, udara, tanah, dan sinar matahari.

Komunitas tidak dapat terlepas dari pengaruh lingkungan yang tidak hidup di sekitarnya. Antara komunitas dan lingkungan tak hidupnya terbentuk suatu interaksi atau hubungan yang saling mempengaruhi satu sama lain dalam membentuk suatu sistem ekologi yang disebut ekosistem.

4. Ekosistem

Ekosistem adalah kesatuan komunitas dan lingkungan hidupnya yang saling berinteraksi dan membentuk hubungan timbal balik. Oleh karena itu, ekosistem disebut juga sistem lingkungan.

Berdasarkan proses terjadinya, ekosistem dapat dibedakan menjadi dua, yaitu ekosistem alami dan ekosistem buatan. Ekosistem alami adalah ekosistem yang terbentuk karena pengaruh alam sekitar dan bukan karena campur tangan manusia, contohnya, sungai, laut, danau, hutan, dan gunung, sedangkan ekosistem buatan adalah ekosistem yang dibentuk oleh manusia, contohnya, kolam ikan, akuarium, waduk, dan sawah.

Ekosistem mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Ekosistem yang kecil akan

membentuk ekosistem yang lebih besar. Seluruh ekosistem di muka bumi ini akan membentuk satu ekosistem yang lebih besar yang disebut biosfer.

B. Komponen Penyusun Ekosistem

Ekosistem tersusun dari komponen hidup (biotik) dan komponen tak hidup (abiotik). Antara kedua komponen tersebut saling berinteraksi.

1. Komponen Biotik

Komponen biotik merupakan bagian ekosistem yang terdiri atas makhluk hidup, seperti tumbuhan, hewan, ataupun makhluk hidup pengurai. Berdasarkan fungsinya di dalam ekosistem, komponen biotik dibedakan menjadi tiga macam, yaitu produsen, konsumen, dan dekomposer (pengurai). Masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Produsen berfungsi sebagai penghasil makanan, konsumen sebagai pemakan, dan dekomposer menjadi pengurainya.

a. Produsen

Produsen merupakan makhluk hidup yang dapat menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup lainnya. Ingatkah kalian tentang foto sintesis yang dilakukan oleh tumbuhan? Semua tumbuhan berklorofil merupakan produsen karena dapat mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui proses foto sintesis. Foto sintesis dapat terjadi dengan bantuan cahaya matahari. Hasil foto sintesis berupa gula yang kemudian dapat diurai menjadi lemak, protein, karbohidrat, dan vitamin yang merupakan sumber energi bagi makhluk hidup lainnya.

b. Konsumen

Konsumen merupakan makhluk hidup yang berperan sebagai pemakan bahan organik atau energi yang dihasilkan oleh produsen yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan hidupnya. Singkatnya, konsumen adalah pemakan manusia, hewan, dan tumbuhan tak berklorofil merupakan konsumen karena tidak dapat mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik sehingga manusia, hewan, dan tumbuhan tak berklorofil disebut konsumen. Dengan demikian, kehidupan konsumen sangat bergantung kepada produsen. Konsumen dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan, yaitu sebagai berikut.

- a) Konsumen tingkat pertama (konsumen primer) merupakan konsumen yang memakan tumbuhan secara langsung, misalnya, hewan pemakan tumbuhan (*herbivor*), seperti zooplankton, ulat, belalang, tikus, sapi, kerbau, kambing, dan kuda.

- b) Konsumen tingkat kedua (konsumen sekunder) merupakan konsumen yang memakan konsumen tingkat pertama, misalnya, burung pemakan ulat dan ular pemakan tikus. Biasanya adalah hewan pemakan daging (*karnivora*).
- c) Konsumen tingkat ketiga (konsumen tersier) merupakan konsumen yang memakan konsumen tingkat kedua, misalnya, burung elang pemakan ular atau burung alap-alap pemakan burung pemakan ulat.
- d) Konsumen tingkat keempat (konsumen puncak) merupakan konsumen yang memakan konsumen tingkat ketiga.

Manusia sebagai pemakan tumbuhan dan daging (*omnivora*) berada pada tingkatan konsumen.

c. Dekomposer (Pengurai)

Pernahkah kalian bayangkan bagaimana jika di alam ini tidak terdapat mikroorganisme pengurai (dekomposer)? Sampah tidak terurai, bangkai binatang akan teronggok begitu saja hingga menimbulkan bau yang tidak sedap. Menakutkan bukan? Namun, jangan khawatir.

Semua itu tidak akan terjadi karena Tuhan telah menciptakan makhluk hidup kecil yang sangat berguna bagi kehidupan manusia.

Makhluk hidup kecil ini adalah mikroorganisme pengurai atau sering disebut dengan dekomposer. Onggokan sampah yang menumpuk akan diurai oleh bakteri pembusuk dan jamur. Sisa-sisa makanan, bangkai binatang, dan sisa bahan organik lainnya akan menjadi makanan bagi bakteri pembusuk. Setelah diurai oleh bakteri, sisa bahan organik tersebut membusuk menjadi komponen penyusun tanah. Tanah menjadi subur dan baik untuk ditanami. Begitu seterusnya sehingga tanaman sebagai produsen dikonsumsi oleh konsumen primer dan sampai pada akhirnya konsumen akhir mati dan diuraikan oleh dekomposer. Untuk mengamati kerja bakteri pembusuk, cobalah kalian buat suatu percobaan. Pernahkah kalian membuat pupuk kompos? Pupuk kompos ini adalah hasil kerja bakteri pembusuk. Selain kalian dapat belajar biologi, kalian juga dapat memanfaatkan hasil kerja bakteri ini untuk menambah penghasilan. Bukankah sekarang banyak sekali toko-toko tanaman hias yang membutuhkan? Kalian dapat mencobanya. Nah, menarik bukan, belajar biologi sambil berwirausaha?

Setelah kalian memerhatikan semua komponen abiotik, kalian juga harus mengetahui sumber makanan yang diperoleh. Berdasarkan sumber makanan makhluk hidup, komponen biotik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

- a) Makhluk Hidup *Autotrof* merupakan makhluk hidup yang mampu membuat makanan sendiri dengan cara mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik. Makhluk hidup ini merupakan semua makhluk hidup yang mengandung klorofil sehingga dengan bantuan sinar matahari dapat melakukan fotosintesis. Contohnya, produsen atau tumbuhan hijau.
- b) Makhluk Hidup *Heterotrof* adalah makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanan sendiri karena tidak dapat mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik. Makhluk hidup ini dapat memperoleh makanan dengan cara memakan makhluk hidup lain. Contohnya makhluk hidup *herbivor*, *karnivor*, dan *omnivor*.

2. Komponen Abiotik

Abiotik (bahasa Inggris: *Abiotic*) adalah salah satu komponen atau faktor lingkungan. Abiotik adalah istilah yang biasanya digunakan untuk menyebut sesuatu yang tidak hidup. Komponen abiotik merupakan komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari benda-benda tak hidup. Secara terperinci, komponen abiotik merupakan kondisi fisik dan kimia di sekitar makhluk hidup yang menjadi tempat/medium/substrat untuk menunjang berlangsungnya kehidupan makhluk hidup tersebut. Komponen abiotik misalnya adalah tanah, udara, air, iklim atau suhu, kelembaban, cahaya matahari, bunyi, topografi dan pH.

3. Faktor-Faktor Abiotik

a. Tanah

Makhluk hidup bertempat tinggal di atas tanah. Kehidupan organisme dan ekosistem dipengaruhi oleh kondisi tanah. Tanah merupakan tempat hidup berbagai macam hewan, tumbuhan dan mikroorganisma. Keberadaan tumbuhan merupakan sumber makanan bagi organisme pemakan tumbuhan (*herbivora*) dan organisme lain pemakan *herbivora*. Dapatkah kamu melihat perbedaan kondisi lingkungan dan organisme penyusun tanah yang subur dan tanah yang tandus? Kualitas tanah bisa dilihat dari derajat keasaman (pH), komposisi tanah dan kandungan hara serta mineral tanah.

b. Suhu atau Temperatur

Suhu merupakan syarat yang diperlukan organisme untuk hidup. Temperatur lingkungan adalah ukuran dari intensitas panas dalam unit standar dan biasanya dinyatakan dalam skala derajat Celsius. Pada umumnya makhluk hidup rata-rata dapat bertahan hidup hanya pada kisaran suhu 0°C – 40°C . hanya makhluk hidup tertentu saja

yang dapat hidup dibawah 0°C atau diatas 40°C . hewan berdarah panas mampu hidup pada suhu dibawah titik beku karena memiliki bulu dan memiliki suhu tubuh yang konstan (tetap).

Berdasarkan atas kemampuan hewan pada suhu tertentu maka mereka dibagi menjadi dua golongan, yaitu poikilotherm dan homoiterm. Poikilotherm adalah hewan yang suhu tubuhnya dipengaruhi oleh lingkungan. Dengan demikian suhu tubuh bagian dalam lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tubuh luar. Hewan seperti ini juga disebut hewan berdarah dingin. Yang termasuk dalam poikilotherm adalah bangsapisces (ikan), reptil dan mamalia. Sebaliknya hewan homoiterm sering disebut hewan berdarah panas karena dapat menjaga suhu tubuhnya. Hewan yang termasuk dalam homoiterm adalah bangsa aves dan mamalia.

Keadaan pergerakan molekul pada tumbuhan juga ditentukan oleh temperatur atau suhu. Semakin tinggi suhu, proses kehilangan air dari tumbuhanakan semakin cepat dan demikian sebaliknya.Selama musim hujan, rata-rata temperatur udara lebih rendah, sedangkan temperatur akan tinggi pada musim panas. Pada saat ini suhu cenderung menjadi semakin panas syang disebabkan oleh pemanasan global. Pemanasan global adalah suatu proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut dan daratan.Suhu rata-rata pada permukaan Bumi secara globaltelah meningkat $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ($1.33 \pm 0.32^{\circ}\text{F}$) selama seratus tahun terakhir. Sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 dimungkinkan disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia.

c. Sinar / Cahaya Matahari

Sinar matahari menentukan suhu sehingga akan berpengaruh terhadap sistem secara global. Namun sinar matahari juga merupakan unsur yang penting bagi makhluk hidup khususnya tumbuhan karena digunakan untuk berfotosintesis.Selain menjadi sumber kehidupan bagi makhluk hidup di bumi, sinar matahari kini telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai hal untuk kepentingan manusia. Untuk mengetahui mengenai apa saja manfaat energy matahari, berikut kami sajikan pembahasannya untuk Anda. Adapun manfaat-manfaat energy matahari tersebut antara lain sbb :

- a) Sebagai sumber energi
Energy matahari dapat menjadi sumber energi panas yang tak terbatas karena tidak akan pernah habis meskipun dipakai berulang-ulang
- b) Sebagai pembangkit listrik tenaga matahari

Matahari merupakan salah satu sumber energi panas yang kekal di bumi. Dengan semakin berkembangnya teknologi yang diciptakan manusia, energy matahari dapat dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik tenaga matahari. Listrik dari energy matahari ini cukup aman dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi udara. Selama cahaya matahari masih ada, pembangkit listrik tenaga matahari ini akan selalu dapat dihasilkan.

c) Sebagai pengatur tata surya

Matahari merupakan pusat tata surya kita sakti. Planet-planet, termasuk bumi, serta satelit yang berada di dalam tata surya ini akan berevolusi mengelilingi matahari. Hal ini dikarenakan adanya gravitasi yang terdapat pada matahari yang dapat membuat planet-planet tersebut mengelilingi matahari dan membentuk tatanan tata surya pada galaksi bimasakti.

d) Membantu kesehatan tulang

Sinar matahari dapat berguna untuk menjaga kesehatan. Sinar matahari ini dapat mengubah pro vitamin D dalam tubuh menjadi vitamin D yang sangat berguna untuk kesehatan tulang.

d. Air

Tubuh makhluk hidup tersusun atas air Sekitar 80-90 %. Air mempunyai berbagi fungsi dalam tubuh antara lain digunakan sebagai pelarut di dalam sitoplasma, untuk menjaga suhu tubuh, untuk menjaga tekanan osmosis sel, dan mencegah sel dari kekeringan. Air dibutuhkan untuk kelangsungan hidup organisme. Bagi tumbuhan, air diperlukan dalam pertumbuhan, perkecambahan dan penyebaran biji, bagi hewan dan manusia air diperlukan untuk minum dan sarana hidup lain seperti transportasi bagi manusia dan tempat hidup bagi hewan perairan.

e. UDARA

Udara berfungsi mengatur kelembaban. Komposisi udara di atmosfer terdiri dari nitrogen (N_2 , 78 %), oksigen (O_2 , 21 %), karbon dioksida (CO_2 , 0,03 %), dan gas lainnya. Atmosfer melindungi kehidupan di bumi dengan menyerap radiasi sinar ultraviolet Matahari dan mengurangi suhu ekstrem antara siang dan malam.

a) Nitrogen

Nitrogen merupakan gas yang diperlukan oleh makhluk hidup untuk membentuk protein, dan persenyawaan lainnya. Tumbuhan, hewan, dan manusia tidak mampu memanfaatkan nitrogen yang ada di udara secara langsung. Mikroorganisme seperti bakteri ada yang mempunyai kemampuan untuk menambat nitrogen bebas dari udara

misalnya, bakteri *Rhizobium radisicolay* yang hidup bersimbiosis dalam akar tanaman tanaman kacang-kacangan, atau ganggang biru *Anabaena* yang hidup bersimbiosis dengan *Azollapinata* (tumbuhan air). Tumbuhan lainnya memperoleh nitrogen dalam bentuk nitrit atau nitrat. Nitrit dan nitrat secara alami terbentuk dari nitrogen diudara yang terkena petir, sehingga tanah menjadi subur.

b) Oksigen dan karbon dioksida

Oksigen (O_2) merupakan gas pembakar dalam proses pernapasan atau respirasi. Makanan, misalnya karbohidrat yang ada di dalam sel, mengalami pembakaran (oksidasi) guna mendapatkan energi. Senyawa lain yang dihasilkan dalam pernapasan dihasilkan pula karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). baik manusia, tumbuhan maupun hewan memerlukan oksigen dari udara bebas untuk pernapasannya untuk memperoleh energi. Tumbuhan bernafas menghasilkan oksigen sedangkan manusia dan hewan akan menghasilkan karbondioksida.

c) Angin

Angin berperan membantu penyerbukan tumbuhan, menyebarkan spora dan biji tumbuhan. Tumbuhan yang mempunyai penyerbukan dengan cara demikian disebut anemogami. Kelembaban berperan menjaga makhluk hidup agar tidak kehilangan air karena penguapan. Kelembaban adalah jumlah uap air dalam udara. Kelembaban udara penting, karena mempengaruhi kecepatan kehilangan panas dari ternak. Kelembaban dapat menjadi kontrol dari evaporasi kehilangan panas melalui kulit dan saluran pernafasan. Pada saat kelembaban tinggi, evaporasi atau penguapan terjadi secara lambat.

f. **Mineral**

Mineral adalah senyawa kimia padat, homogen, non-organik, yang memiliki bentuk teratur (kristal) dan terbentuk secara alami. **Mineral adalah** substansi anorganik yang diperlukan tubuh makhluk hidup dalam jumlah sedikit untuk terlaksananya berbagai fungsi tubuh. Mineral yang diperlukan tumbuhan misalnya belerang (S), fosfat atau fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), besi (Fe), natrium (Na), dan khlor (Cl). Mineral-mineral itu diperoleh tumbuhan dalam bentuk ion-ion yang larut didalam air tanah. Mineral tersebut digunakan untuk berlangsungnya metabolisme tubuh dan untuk menyusun tubuh. Hewan dan manusia pun memerlukan mineral untuk menyusun tubuh dan reaksi-reaksi metabolismenya. Selain itu, mineral juga berfungsi untuk menjaga keseimbangan asam basa dan mengatur fungsi psikologi (faal) tubuh. Kalsium disebut juga zat kapur. Kalsium merupakan mineral yang paling banyak terdapat dalam tubuh

manusia. Kalsium berfungsi sebagai bahan pembentuk tulang, kontraksi otot, dan membantu proses pembekuan darah bila terjadi luka. . Kekurangan kalsium dapat menyebabkan tulang menjadi rapuh, pembentukan tulang tidak sempurna dan menimbulkan kekejangan otot. Fosfor (P) berfungsi sebagai bahan pembentuk tulang bersama kalsium. Selain itu, fosfor juga berperan penting dalam berbagai reaksi kimia di dalam tubuh, misalnya untuk mengatur kinerja enzim. Zat besi (Fe) berfungsi sebagai pembentuk hemoglobin (zat warna merah darah). Kekurangan zat besi mengakibatkan penyakit anemia (kekurangan sel-sel darah). Yodium adalah mineral yang berfungsi sebagai pembentuk hormon tiroksin yang mengatur bermacam-macam aktivitas alat-alat tubuh dan mengontrol kecepatan pertumbuhan seseorang. Kekurangan hormon tiroksin akan mengakibatkan kretinisme (tubuh kerdil). Kekurangan yodium pada orang dewasa dapat menimbulkan pembengkakan gondok (penyakit gondok). Di dalam tubuh manusia, natrium berfungsi mengatur denyut jantung dan membantu proses perambatan impuls saraf. Natrium bersama-sama klorin berfungsi memelihara keseimbangan cairan tubuh. Selain itu, klorin di dalam lambung merupakan komponen penyusun asam lambung atau asam klorida (HCl). Kekurangan natrium dapat menyebabkan kekejangan dan kelelahan otot. Kelebihan konsumsi natrium dalam bentuk garam dapur dapat meningkatkan tekanan darah. Mineral seng (Zn) berperan dalam metabolisme protein, penyembuhan luka, dan kesehatan kulit. Selain itu, seng juga berfungsi penting untuk pertumbuhan dan perkembangan janin dalam kandungan.

g. Derajat Keasaman [*pH*]

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Skala *pH* mempunyai nilai 1 sampai 14 yang bukan merupakan skala absolut. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang *pH*-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Larutan dengan *pH* kurang daripada tujuh disebut bersifat asam, dan larutan dengan *pH* lebih daripada tujuh dikatakan bersifat basa. Derajat keasaman berpengaruh terhadap makhluk hidup. Biasanya makhluk hidup memerlukan lingkungan yang memiliki *pH* netral. Makhluk hidup tidak dapat hidup di lingkungan yang terlalu asam atau basa.

h. Kadar Garam [Salinitas]

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah. Kandungan garam pada sebagian besar danau dan sungai, dan saluran air alami sangat kecil sehingga dikategorikan sebagai air tawar dengan konsentrasi kurang dari 0,05%. Jika lebih dari itu, air

dikategorikan sebagai air payau atau menjadi *saline* bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Makhluk hidup membutuhkan air minum untuk cairan tubuhnya dengan kadar garam nol. Meskipun demikian beberapa makhluk hidup hidup pada kondisi lingkungan dengan kadar garam tinggi misalnya organisme yang tumbuh di laut.

i. Topografi

Topografi artinya keadaan naik turunnya permukaan bumi disuatu daerah. Topografi berkaitan dengan kelembaban, cahaya, suhu, serta keadaan tanah disuatu daerah. Interaksi berbagai faktor itu membentuk lingkungan yang khas. Sebagai contoh keanekaragaman hayati di dataran tinggi berbeda dengan dataran rendah. Topografi juga mempengaruhi penyebaran makhluk hidup.

j. Garis Lintang

Garis lintang yang berbeda menunjukkan kondisi lingkungan yang berbeda pula. Garis lintang secara tidak langsung menyebabkan perbedaan distribusi organisme dipermukaan bumi. Ada organisme yang mampu hidup pada garis lintang tertentu saja.

Indonesia yang terletak di daerah khatulistiwa, di antara dua benua dan dua samudra, memiliki curah hujan yang cukup tinggi, rata-rata 200-225 cm/tahun. Dengan curah hujan yang tinggi dan merata, cahaya matahari sepanjang tahun, dan suhu yang cukup hangat dengan suhu rata-rata 27⁰ C. Rata-rata curah hujan di Indonesia untuk setiap tahunnya tidak sama. Namun masih tergolong cukup banyak, yaitu rata-rata 2000 – 3000 mm/tahun. Begitu pula antara tempat yang satu dengan tempat yang lain rata-rata curah hujannya tidak sama.

4. Oksigen dan Karbon Dioksida

Oksigen diperlukan oleh hewan, tumbuhan, dan manusia dalam proses respirasi. Pada respirasi dikeluarkan gas karbon dioksida. Karbon dioksida diperlukan oleh tumbuhan untuk proses fotosintesis. Dalam proses fotosintesis akan dilepaskan oksigen. Dengan demikian, terjadi siklus oksigen dan karbon dioksida dalam proses pernapasan dan fotosintesis.

5. Air

Untuk mempertahankan hidupnya, setiap makhluk hidup memerlukan air. Tubuh makhluk hidup terdiri dari 90% air. Air berfungsi sebagai pelarut zat makanan yang dimakan oleh makhluk hidup. Air juga diperlukan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis. Bagi hewan air, seperti ikan, katak, dan buaya, air diperlukan untuk tempat

hidupnya.

6. Kelembapan

Daerah yang berhawa dingin seperti pegunungan lebih lembap daripada daerah yang berhawa panas seperti pantai. Tumbuhan yang hidup di dua daerah tersebut juga berbeda. Pada daerah lembap, lebih banyak terdapat tumbuhan yang memerlukan sedikit sinar matahari, seperti paku-pakuan, lumut, dan anggrek-anggrekan yang biasanya hidup secara epifit pada batu-batu lembap, batang kayu basah, dan lainnya. Di daerah panas, misalnya pantai, lebih banyak ditumbuhi tumbuhan, seperti bakau dan pohon kelapa.

Latihan

1. Apa sajakah komponen abiotik yang berpengaruh terhadap ekosistem?
2. Bandingkan antara makhluk hidup autotrof dan heterotrof!
3. Siapakah yang dikatakan sebagai produsen?
4. Apa yang dimaksud dengan konsumen?
5. Bagaimana jika di dalam suatu ekosistem tidak Terdapat dekomposer?

Tugas

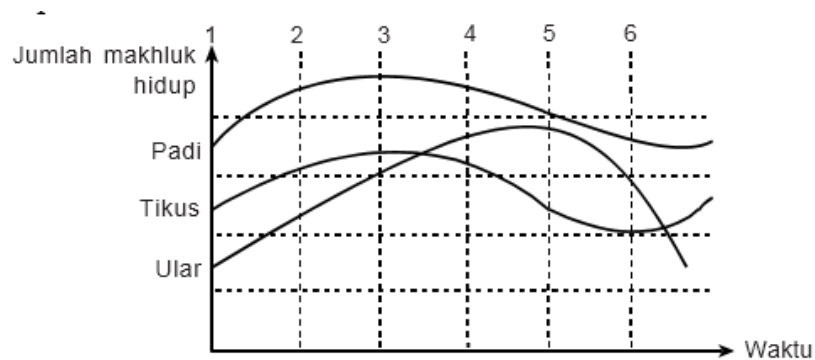
Coba pergilah ke kebun sekolahmu. Amati dan catatlah apa saja yang kalian temui di sana. Dari data tersebut, sebutkan manakah yang merupakan produsen, konsumen, dekomposer, dan komponen abiotiknya. Diskusikan hasilnya dengan teman-teman sekelasmu! Dan buat laporan tertulis.

C. Keseimbangan Ekosistem

Ekosistem yang tersusun dari komponen biotik dan komponen abiotik merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisah-pisahkan. Dalam suatu ekosistem, terdapat suatu keseimbangan yang disebut dengan homeostatis, yaitu kemampuan ekosistem untuk menahan berbagai perubahan dalam sistem secara keseluruhan.

Perubahan ekosistem karena perubahan jumlah populasi komponen biotiknya sangat berpengaruh terhadap suatu ekosistem. Perubahan komponen biotik tersebut dapat disebabkan oleh adanya pertumbuhan, perkembangbiakan, ataupun kematian.

Sebagai contoh, jika musim kemarau tidak ada petani yang menanam padi, ulat, dan tikus pemakan batang padi tidak mendapat makanan yang cukup sehingga jumlahnya menurun. Demikian juga dengan burung pemakan ulat dan ular pemakan tikus, sebagian masih mendapat makanan untuk bertahan hidup dan sebagian lagi akan mati karena tidak kebagian makanan. Akan tetapi, pada saat musim penghujan, petani mulai menanam padi maka ulat pemakan daun padi dan tikus pengerat batang padi akan meningkat jumlahnya karena adanya peningkatan jumlah makanan tersebut, yang diikuti juga dengan kenaikan jumlah burung pemakan ulat, dan ular pemakan tikus akan berkembang pesat pula. Dari contoh di atas dapat dikatakan bahwa perubahan jumlah komponen biotik tidak mengalami perubahan dengan adanya perubahan musim atau keseimbangan ekosistem tetap.



Dasar-Dasar Ekologi, 2003

Sumber : <http://pustakamateri.web.id/>

Gambar 3.3. Grafik Perubahan jumlah komponen biotik

Keterangan: 2 3 4 adalah musim penghujan dan 5 6 1 adalah musim kemarau.

Dalam suatu ekosistem terdapat suatu keseimbangan yang disebut dengan homeostatis, yaitu kemampuan ekosistem untuk menahan berbagai perubahan dalam sistem secara keseluruhan. Betapa kuatnya pertahanan ekosistem terhadap perubahan. Biasanya, batas mekanisme homeostatis dapat dengan mudah diterobos oleh kegiatan manusia. Misalnya, pembuangan sampah beracun yang terlalu banyak di dalam perairan sungai sehingga melampaui batas homeostatis alami sungai yang mengakibatkan kerusakan yang parah terhadap ekosistem sungai. Contoh lainnya adalah penebangan hutan lindung yang melampaui batas homeostatis sehingga dapat merusak mekanisme homeostatis ekosistem hutan.

D. Saling Ketergantungan (*Interdependensi*)

Dari uraian yang terdahulu jelas terlihat bahwa ada saling ketergantungan di antara komponen penyusun ekosistem, baik itu komponen biotik maupun komponen abiotik. Hewan dan manusia bergantung kepada tumbuhan. Tumbuhan, hewan, dan manusia sangat bergantung pada lingkungannya. Berikut diuraikan hubungan saling ketergantungan tersebut.

1. Saling Ketergantungan antara Komponen Penyusun Ekosistem terbagi menjadi:
 - a. Saling ketergantungan antara komponen biotik dan komponen abiotik;
 - b. Saling ketergantungan antarkomponen biotik:
 - 1) Saling ketergantungan antara makhluk hidup sejenis (*interspesies*);
 - 2) Saling ketergantungan antara makhluk hidup yang berbeda jenis (*antarspesies*).

2. Saling Ketergantungan antara Komponen Biotik dan Komponen Abiotik

Peran dan fungsi komponen biotik dan komponen abiotik dalam suatu ekosistem telah banyak dibahas di bagian depan bab ini. Selanjutnya, pada subbab ini akan dibahas tentang hubungan saling ketergantungan antardua komponen penyusun ekosistem tersebut.

Sebagai contoh adalah aktivitas cacing tanah yang dapat menyuburkan tanah karena pada saat berada dalam tanah, cacing meninggalkan bekas berupa rongga udara. Rongga udara tersebut dapat membantu tumbuhan dalam memperoleh oksigen untuk bernapas. Selain contoh di atas, ada beberapa contoh yang lain, misalnya, bintil akar kacang tanah yang mengandung bakteri *Rhizobium* yang dapat membantu menyuburkan tanah karena dapat menangkap nitrogen, oksigen yang dihasilkan pada fotosintesis yang menyejukkan udara, dan air yang sangat diperlukan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis. Selain itu, keberadaan air banyak dipengaruhi oleh tumbuhan karena tumbuhan dapat menahan keberadaan air tanah. Dapatkah kalian menyebutkan contoh yang lain?

3. Saling Ketergantungan Antarkomponen Biotik

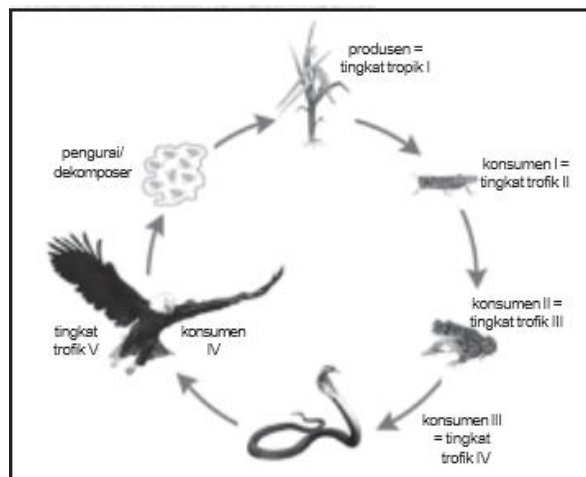
Saling ketergantungan antarkomponen biotik ini terjadi antara makhluk hidup yang satu dengan makhluk hidup yang lain dalam suatu ekosistem. Saling ketergantungan antarkomponen biotik ini dibagi lagi menjadi saling ketergantungan antara makhluk hidup yang sejenis dan saling ketergantungan antara makhluk hidup yang tidak sejenis.

Contoh saling ketergantungan yang terjadi antara makhluk hidup yang sejenis, misalnya, adanya ketergantungan orang utan kepada induknya, bayi kepada ibunya, dan kerja sama semut dalam memperoleh makanan. Selain itu, saling ketergantungan

antarmakhluk hidup sejenis ini terjadi pada saat akan melakukan perkawinan, hewan jantan memerlukan hewan betina, demikian juga hewan betina memerlukan hewan jantan. Contoh saling ketergantungan yang terjadi antarmakhluk hidup yang berbeda jenis terjadi pada produsen, konsumen, dan dekomposer.

4. Saling Ketergantungan antara Produsen, Konsumen, dan Dekomposer

Saling ketergantungan antara produsen konsumen, dan dekomposer terjadi dalam suatu ekosistem. Gejala ini terjadi pada peristiwa makan dan dimakan. Peristiwa ini akan membentuk rantai makanan, jaring-jaring makanan, dan piramida makanan. Peristiwa ini erat kaitannya dengan pengalihan energi dari produsen kekonsumen. Energi adalah kemampuan untuk melakukan pekerjaan.



Dasar-Dasar Ekologi, 2003

Sumber : <https://sampahartikel.wordpress.com/>

Gambar 3.4 Saling ketergantungan antara produsen, konsumen, dan dekomposer

Energi matahari merupakan sumber energi bagi segala kehidupan. Hanya organisme autotrof yang dapat menangkap dan memanfaatkan energi matahari melalui proses fotosintesis. Organisme autotrof mengubah energi matahari menjadi gula dan oksigen.

Dalam suatu ekosistem, energi mengalir dari matahari hingga ke pengurai. Produsen mendapatkan energi dari matahari yang oleh tumbuhan diubah menjadi energi kimia. Energi kimia kemudian berpindah ke konsumen I, lalu ke konsumen II, ke konsumen III, dan seterusnya.

Ini yang disebut dengan aliran energi di dalam ekosistem. Aliran energi ini akan berakhir pada proses penguraian. Dalam proses ini, energi dilepaskan dalam bentuk panas yang tersebar di lingkungan dan tidak dimanfaatkan lagi.

Produsen menempati tingkat trofik I, konsumen I menempati tingkat trofik II, dan seterusnya. Semakin jauh jarak transfer energi dari matahari, semakin kecil aliran

energinya. Berarti konsumen III pada tingkat trofik IV mendapatkan transfer energi yang paling kecil sehingga rawan punah. Mengapa semakin jauh dari matahari, energi yang didapatkan semakin kecil? Pada setiap trofik, energi yang dilepaskan ke lingkungan sekitar 90%, yang dimanfaatkan organ hanya 10%. 90% panas yang dilepas ke lingkungan ini tidak dapat didaur ulang karena energi tidak dapat didaur ulang. Akibatnya, pemborosan energi telah terjadi di dalam ekosistem.

E. Rantai Makanan dan Jaring - Jaring Makanan

1. Rantai Makanan

Untuk kelangsungan hidupnya, makhluk hidup memerlukan makanan. Dalam satu ekosistem terdapat hubungan makan dan dimakan sehingga terbentuklah rantai makanan. Rantai makanan dapat diartikan pula sebagai pengalihan energi dari tumbuhan melalui beberapa makhluk hidup yang makan dan dimakan.

Sebagai contoh, kita menuju ke dalam ekosistem sawah. Di sawah terdapat tanaman padi, tanaman padi dimakan oleh belalang, belalang dimakan oleh katak, katak dimakan ular, setelah ular mati, bangkainya akan dimakan dan diuraikan oleh dekomposer, dekomposer akan menyuburkan tanah dan memberikan makanan bagi tumbuh - tumbuhan. Begitu seterusnya hingga siklus berulang kembali.

2. Jaring - Jaring Makanan

Jika dalam rantai makanan dapat ditarik satu garis lurus, pada jaring-jaring makanan ini, peristiwa makan dan dimakan tidak sesederhana yang kalian bayangkan karena satu makhluk hidup dapat memakan lebih dari satu jenis makanan dan satu makhluk hidup dapat dimakan oleh lebih dari satu makhluk hidup sehingga garis yang terjadi saling bersilangan.

Dalam kehidupan ini, rantai makanan dapat saling berhubungan satu dengan yang lain sehingga dapat membentuk suatu jaring-jaring yang sangat kompleks. Keadaan inilah yang disebut dengan jaring-jaring makanan.

Mari mencoba menyusun jaring-jaring makanan

Tujuan: Mengetahui bentuk diagram jaring-jaring makanan dalam suatu ekosistem.

Alat dan Bahan:

- 1) gunting dan lem,
- 2) gambar-gambar aneka jenis hewan tumbuhan danau air tawar, dan

3) kertas karton.

Cara Kerja:

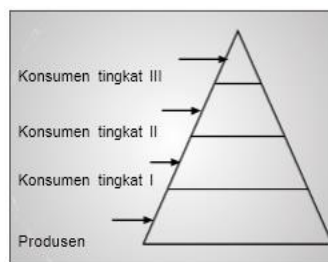
- 1) Potonglah gambar-gambar jenis hewan dan tumbuhan yang hidup di danau air tawar.
- 2) Susunlah potongan gambar tersebut hingga membentuk suatu diagram atau bagan jaring - jaring makanan yang terdapat pada ekosistem air tawar.
- 3) Setelah diagram tersusun, berilah uraian singkat mengenai aliran energi yang terjadi pada ekosistem tersebut.

Pertanyaan:

1. Bagaimanakah energi mengalir atau berpindah dari satu makhluk hidup ke makhluk hidup lainnya dalam suatu ekosistem?
2. Adakah dari setiap makhluk hidup dalam ekosistem tersebut menempati tingkatan yang ganda, misalnya, makhluk hidup "Y" dapat menempati tingkatan konsumen I atau konsumen II sekaligus? Sebutkan!
3. Jelaskan perbedaan antara rantai makanan dan jaring-jaring makanan!

3. Piramida Makanan

Piramida makanan adalah piramida yang menggambarkan jumlah berat dan energi mulai dari produsen sampai konsumen puncak. Piramida ini dibuat dengan satu asumsi bahwa pada saat terjadi peristiwa makan dan dimakan telah terjadi perpindahan energi dari makhluk hidup yang dimakan ke makhluk hidup pemakannya. Misalnya, dari produsen ke konsumen I, dari konsumen I ke konsumen II, dari konsumen II ke konsumen III, dan seterusnya.



Dasar-Dasar Ekologi, 2003

Sumber : <https://sampahartikel.wordpress.com/>

Gambar 3.5. Piramida makanan

Akan tetapi, harus diingat bahwa tidak semua energi dari makhluk hidup yang dimakan akan berpindah ke makhluk hidup pemakan, sehingga terbentuk piramida makanan yang semakin ke atas semakin mengecil. Selain energi dalam bentuk makanan, tubuh organisme juga memerlukan air, oksigen, dan mineral. Jaring-jaring makanan

muncul dengan diawali terjadinya proses perputaran zat dari tubuh organisme menuju tanah dan reaksi kimia. Proses ini sering disebut dengan daur biogeokimia.

4. Daur Biogeokimia

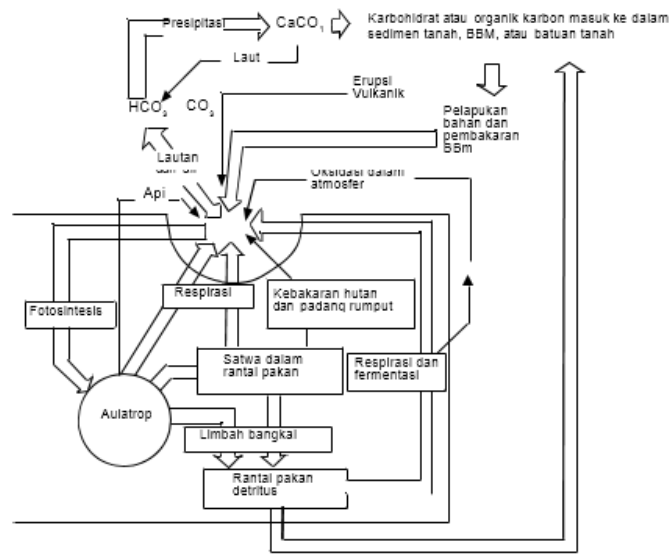
Daur biogeokimia adalah daur materi melalui makhluk hidup, tanah, dan reaksi kimia. Berfungsinya daur biogeokimia menentukan kelestarian makhluk hidup. Pernahkah kalian membayangkan bahwa dalam nasi atau makanan yang kalian makan ada molekul zat yang berasal dari molekul zat yang pernah dikeluarkan oleh tubuh kalian sendiri? Mungkin itu satu molekul air atau satu molekul hidrogen yang pernah singgah di dalam tubuh kalian mengikuti daur materi hingga akhirnya singgah lagi di dalam tubuh kalian. Bagian tubuh itu mungkin berasal dari bagian tubuh hewan yang telah punah berjuta tahun yang lalu atau mungkin juga bagian tubuh kalian yang sudah kalian keluarkan besok menjadi bagian tubuh makhluk hidup di masa yang akan datang. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa aliran materi yang dibutuhkan dunia kehidupan pada dasarnya berasal dari dua arah karena keterbatasan bahan kimia sehingga harus dimanfaatkan lagi melalui proses perputaran (siklus).

Aliran bahan kimia dalam tubuh makhluk hidup terjadi melalui rantai makanan mengikuti arus aliran oksigen dalam makhluk hidup, kemudian mengikuti siklus abiotik. Ada dua siklus abiotik yaitu fase atmosfer seperti nitrogen dan fase sedimen seperti fosfor.

Daur biogeokimia sangat diperlukan untuk kelestarian makhluk hidup dan ekosistem. Jika daur ulang ini berhenti, makhluk hidup akan mati dan ekosistem akan punah. Daur biogeokimia yang akan disajikan adalah daur karbon, daur nitrogen, daur belerang, dan daur fosfor.

a) Daur karbon

Semua karbon memasuki makhluk hidup melalui daun-daun hijau dan keluar melalui respirasi hingga menjadi siklus yang lengkap. Akan tetapi, sebagian ada yang difermentasikan dan atau membentuk jaringan lain menjadi karbon terikat. Lautan juga dapat menjadi sumber pemasok karbon. Sumber karbon ada yang senyawa anorganik karbonat (CO_3^{2-}) dan tidak dalam bentuk organik terikat. Proses ini dapat terjadi pada ekosistem laut, misalnya, dalam pembuatan kulit kerang satwa laut (kerang, tiram, beberapa protozoa, dan ganggang)



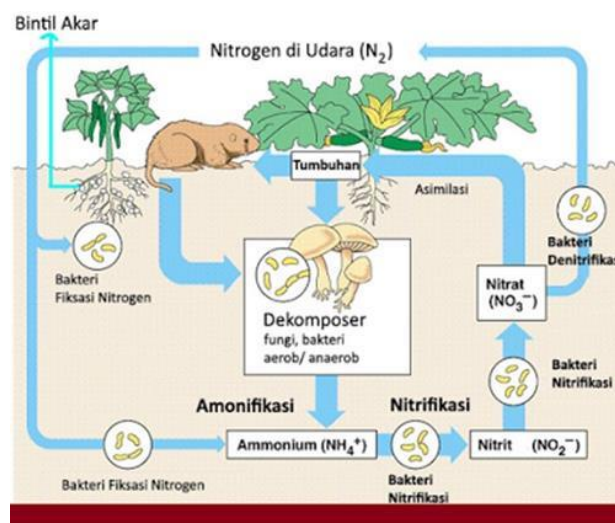
Dasar-Dasar Ekologi, 2003

Sumber : <https://sampahartikel.wordpress.com/>

Gambar 3.6. Daur Karbon

b) Daur nitrogen

Cadangan nitrogen di atmosfer terdapat dalam bentuk nitrogen molekuler (N_2) yang mulia dan hanya bakteri yang dapat memanfaatkannya. Nitrogen memasuki rantai makanan melalui akar tumbuhan vaskuler atau dinding sel tumbuhan, nonvaskuler yang diikat menjadi molekul organik, seperti asam amino, protein, pigmen, asam nukleat, dan vitamin yang masuk dalam rantai makanan. Dalam rantai makanan, nitrogen dikeluarkan melalui urine dan kotoran, bukan dari respirasi atmosfer, kecuali pada peristiwa kebakaran hutan atau padang rumput.



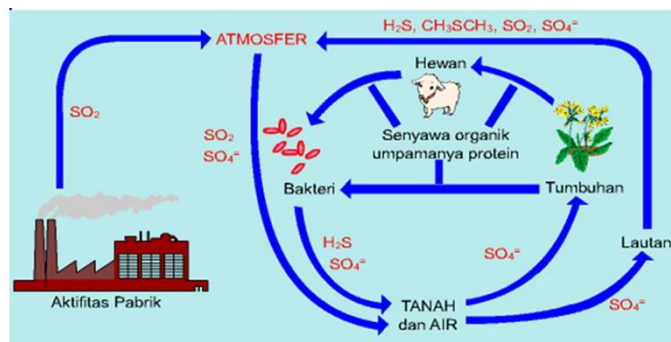
Sumber: <http://salam-pengetahuan.blogspot.co.id/>

Gambar 3.7. Daur nitrogen

Daur ulang nitrogen terjadi melalui proses deaminisasi, yaitu rantai makan detritur oleh nitrosoman menjadi senyawa amino (NH_2) dan membebaskan amonia (NH_3) yang oleh bakteri nitrosomonas dioksidasi menjadi nitrit, kemudian oleh bakteri nitrobaktum diubah menjadi nitrat yang dibutuhkan dan tersedia bagi tanaman. Proses terbentuknya nitrat disebut dengan nitrifikasi, kemudian nitrat memasuki rantai makanan. Ketika tumbuhan sudah mulai membusuk, nitrat kembali dibebaskan, proses ini disebut denitrifikasi.

c) **Daur belerang**

Fase atmosfer daur ini kurang terkenal karena fase sedimennya lebih dominan. Akan tetapi, seiring dengan adanya peningkatan peristiwa belerang di udara, fase atmosfer mulai mengemuka. Belerang diserap oleh tumbuhan sebagai SO_4 yang diikat dalam asam amino dan protein. Seperti pada daur nitrogen dan daur lainnya, belerang mengikuti rantai makanan secara umum dengan limbah berupa feses. Penyimpangan terjadi hanya karena adanya kebakaran hutan yang menyebabkan oksidasi menjadi dioksida.



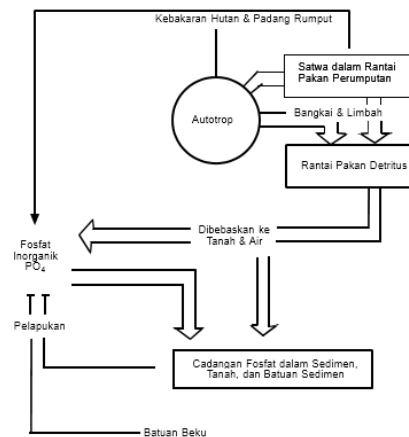
Sumber: <http://www.zonabiokita.web.id/>

Gambar 3.8. Daur belerang

Pada lingkungan aerobik dan anaerobik sedimen atau dasar laut, peranan bakteri menjadi sangat besar untuk tersedianya belerang bagi makhluk hidup lain. Secara garis besar, fase sedimen dan fase atmosfer pada daur belerang peranannya sama penting karena mengikuti rantai makanan makhluk hidup.

Peningkatan fase atmosfer pada daur ini terjadi karena adanya pelepasan belerang organik dan hidrogen sulfida akibat kebakaran hutan, pembakaran batu bara, dan BBM yang menyebabkan terbentuknya SO_2 yang bereaksi menjadi SO_3 dengan air, kemudian menjadi asam sulfat. Pada saat turun hujan, yang terjadi adalah hujan asam yang kurang menguntungkan bagi manusia.

d) Daur fosfor



Sumber: Dasar-Dasar Ekologi, 2003

Gambar 3.9. Daur fosfor

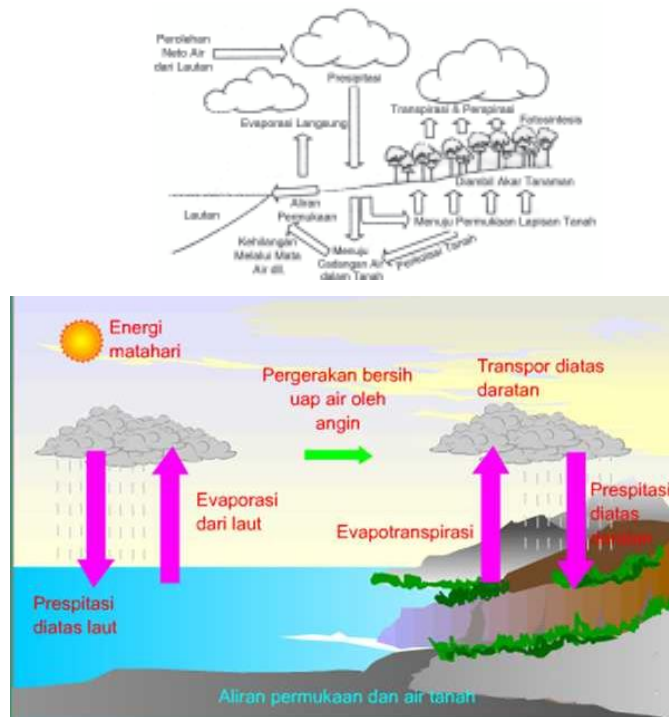
Di alam, fosfor dapat dijumpai sebagai PO_4 , HPO_4 , atau H_2PO_4 berbentuk ion fosfat anorganik, larutan fosfat organik, fosfat partikulat, atau fosfat mineral dalam batuan atau sedimen. Sumber fosfat utama adalah batuan kristal yang lapuk atau hanyut karena erosi. Fosfat tersedia di alam sebagai ion fosfat dan masuk ke dalam tanaman melalui perakaran ke jaringan hidup. Selanjutnya, mengikuti rantai makanan. Fosfat dapat lepas ke atmosfer melalui peristiwa kebakaran hutan. Pada daur detritus, molekul yang lebih besar berisi fosfat dipisahkan menjadi ion fosfat anorganik yang diendapkan sebagai butir sedimen ekosistem perairan. Daur fosfor sangat sederhana. Daur ini bersifat fase sedimen yang lambat dan ditambah dengan fosfor tidak dapat larut dalam air sehingga sering kali terjadi kekurangan fosfor bagi pertumbuhan tanaman.

e) Daur hidrologik

Air sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup meskipun air tidak melewati reaksi kimia menjadi senyawa organik maupun anorganik. Air masuk dalam daur ini secara utuh. Di dalam jaringan hidup, air relatif tidak terikat sebagai senyawa kimia meskipun hampir 3/4 jaringan hidup mengandung air. Di dalam jaringan, air mempunyai banyak fungsi, antara lain, sebagai medium hara tanaman yang menjadi pengantar ke tanaman autotropik, sebagai cairan dari molekul organik, menjadi regulator panas tubuh, menjadi medium sedimen, sumber utama nutrisi di muka bumi, dan sangat penting bagi ekosistem akuatik.

Daur hidrologi didukung oleh energi matahari dan gaya tarik bumi. Jika terdapat cukup butir-butir hujan, uap air itu segera turun kembali sebagai hujan karena cukup berat untuk ditarik oleh gaya tarik bumi. Penyebaran air di muka bumi tidak merata,

paling besar diserap oleh bebatuan dan tidak ikut dalam sirkulasi. Sebagian besar dari sisa yang diikat batuan tersimpan di lautan, sebagian kecil berbentuk gunung es di kutub bumi dan sisanya lagi berupa air segar dalam bentuk uap air atmosfer, air bumi, air tanah, atau air permukaan di daratan. Daur hidrologi didukung oleh energi matahari dan gaya tarik bumi. Jika terdapat cukup butir-butir hujan, uap air itu segera turun kembali sebagai hujan karena cukup berat untuk ditarik oleh gaya tarik bumi. Penyebaran air di muka bumi tidak merata, paling besar diserap oleh bebatuan dan tidak ikut dalam sirkulasi. Sebagian besar dari sisa yang diikat batuan tersimpan di lautan, sebagian kecil berbentuk gunung es di kutub bumi dan sisanya lagi berupa air segar dalam bentuk uap air atmosfer, air bumi, air tanah, atau air permukaan di daratan.



Sumber: <http://www.informasibelajar.com/>

Gambar 3.10. Daur air

Mari mencoba proses Siklus Air

Tujuan: Membentuk model siklus air.

Alat dan Bahan:

- 1) plastik bening,
- 2) karet atau tali rafia,
- 3) mangkuk besar,
- 4) mangkuk kecil,
- 5) air, dan

6) pemberat.

Cara Kerja:

- 1) Isilah mangkuk besar dengan air kira-kira $\frac{1}{3}$ bagian dan letakkan mangkuk kecil di tengah-tengah mangkuk besar.
- 2) Tutuplah mangkuk besar dengan plastik transparan dan ikatlah penutup plastik tersebut dengan kuat.
- 3) Letakkan pemberat di atas plastik penutup tepat di bagian tengah-tengah.
- 4) Letakkan alat tersebut di bawah terik matahari, selama 2 jam.
- 5) Amatilah apa yang terjadi, apakah terdapat tetes-tetes air di dalam mangkuk kecil.

Pertanyaan:

1. Mengapa di dalam mangkuk kecil terdapat air?
2. Jika di alam, siklus air terjadi diawali dari proses transpirasi dan evaporasi. Jelaskan secara singkat siklus air di alam!
3. Jika terjadi pencemaran air, misalnya, adanya tumpahan minyak di laut, bagaimanakah proses siklus air?

5. Bentuk Interaksi Makhluk Hidup

Ada berbagai macam bentuk interaksi antarmakhluk hidup, ada yang saling menguntungkan, ada yang salah satu diuntungkan, dan ada pula yang merugikan. Macam-macam bentuk interaksi makhluk hidup itu adalah simbiosis, netralisme, antibiosis, predatorisme, dan kompetitif.

a. Simbiosis

Simbiosis adalah hidup bersama antara dua makhluk hidup yang berbeda jenis. Simbiosis dapat dibagi menjadi tiga, yaitu simbiosis mutualisme, simbiosis parasitisme, dan simbiosis komensalisme.

- a) Simbiosis Mutualisme adalah hidup bersama antara dua makhluk hidup yang keduanya saling diuntungkan, misalnya, simbiosis antara bunga dan lebah, jamur dan ganggang, burung jalak dan badak, serta kacang tanah dan bakteri *Rhizobium*.
- b) Lebah dengan bunga mendapatkan madu sebagai makanannya, sedangkan bunga terbantu penyerbukannya oleh lebah. Pada saat mengisap madu, benang sari akan terbawa oleh lebah sehingga pada saat lebah mengisap madu bunga lain, benang sari yang menempel tadi akan menempel di kepala putik bunga lain sehingga terjadilah penyerbukan.

- c) Jamur dan ganggang memiliki klorofil untuk melakukan fotosintesis sehingga menghasilkan energi atau makanan yang dibutuhkan oleh jamur. Pada proses fotosintesis diperlukan air dari dalam tanah. Untuk memperolehnya, dibantu oleh jamur yang memiliki rizoid (bukan akar sejati). Tanpa air, tidak akan terjadi fotosintesis dan tanpa klorofil juga tidak akan terjadi fotosintesis. Dapat dikatakan bahwa antara jamur dan ganggang saling diuntungkan.
- d) burung jalak dan badak, burung jalak akan memakan kutu-kutu yang terdapat pada kulit badak sehingga badak terhindar dari rasa gatal yang disebabkan oleh kutu tersebut, sedangkan burung jalak juga diuntungkan karena dapat memperoleh makanan dengan memakan kutu tersebut.
- e) Kacang tanah dan bakteri *Rhizobium* saling diuntungkan. Bakteri *Rhizobium* dapat mengikat nitrogen dari udara yang kemudian dimanfaatkan oleh tanaman kacang tanah, sedangkan bakteri terlindungi dan mendapatkan air dan nutrisi dari bintil-bintil akar kacang tanah.

b. Simbiosis Parasitisme

Simbiosis parasitisme adalah hidup bersama antara dua makhluk hidup berbeda jenis, tetapi satu makhluk hidup diuntungkan (*parasit*) dan satu makhluk hidup dirugikan (*inang*). Misalnya, simbiosis antara cacing pita dengan tubuh manusia, jamur dengan tubuh manusia, kutu kepala dengan tubuh manusia, dan benalu dengan tubuh manusia. Makhluk hidup yang diuntungkan biasa disebut parasit dan makhluk hidup yang dirugikan disebut inang. Parasit yang hidup di luar tubuh inang disebut dengan ektoparasit, sedangkan parasit yang tumbuh di dalam tubuh inang disebut endoparasit. Contoh lain simbiosis parasitisme adalah sebagai berikut.

- a) Cacing pita dan tubuh manusia. Cacing pita hidup secara endoparasit di dalam usus manusia. Manusia dirugikan karena cacing pita mengisap darah dan sari makanan yang dibutuhkan manusia sehingga manusia menjadi kurus dan pucat karena kekurangan darah dan sari makanan. Cacing pita menjadi diuntungkan karena mendapat makanan untuk kelangsungan hidupnya.
- b) Jamur dan tubuh manusia. Jamur seperti jamur panu hidupnya menempel pada kulit manusia. Jamur diuntungkan karena mendapat makanan dari tubuh manusia. Manusia dirugikan karena selain merasakan gatal, manusia juga kehilangan zat makanan yang diambil oleh jamur.
- c) Kutu kepala dan tubuh manusia. Kutu kepala hidup secara ektoparasit di kepala manusia. Kutu diuntungkan karena mendapat makanan atau mengisap darah

manusia. Manusia dirugikan karena kehilangan darah dan rasa gatal yang ditimbulkan karena gigitan kutu tersebut.

- d) Benalu dan pohon avokad. Benalu diuntungkan karena mendapat makanan dengan mengisap sari makanan dari tubuh pohon avokad, sedangkan pohon avokad dirugikan karena kehilangan sari makanan yang diambil oleh benalu.

c. Simbiosis Komensalisme

Simbiosis komensalisme adalah hidup bersama antara dua makhluk hidup berlainan jenis, salah satu makhluk hidup diuntungkan dan makhluk hidup yang lain tidak dirugikan, misalnya, simbiosis antara anggrek dan pohon mangga; antara ikan hiu dan ikan remora.

- a) Anggrek dan pohon mangga. Anggrek dapat hidup dengan menempel pada batang pohon mangga dan pohon mangga yang ditemelinya tidak dirugikan karena anggrek dapat membuat makanan sendiri sehingga tidak mengisap makanan dari pohon mangga yang ditumpanginya.
- b) Ikan hiu dan ikan remora. Ikan remora yang selalu berdekatan dengan ikan hiu dapat memperoleh makanan dari sisa-sisa makanan yang dimakan ikan hiu. Selain itu, ikan remora mendapat tempat berlindung dari hewan-hewan pemangsa. Ikan hiu tidak dirugikan karena keberadaan kawanan remora kecil ini

d Antibiosis

Antibiosis adalah interaksi antara makhluk hidup, salah satu makhluk hidupnya mengeluarkan zat antibiotik yang dapat membahayakan makhluk hidup yang lain. Contohnya, interaksi antara jamur *Penicillium* dengan mikroorganisme lainnya. Jamur ini mengeluarkan racun yang dapat menghambat atau mematikan makhluk hidup yang lainnya. Antibiosis pada tumbuhan disebut alelopati, contohnya, tumbuhan kamboja dan gamal. Tumbuhan ini dapat mengeluarkan racun yang bisa membunuh tumbuhan di sekitarnya sehingga tumbuhan ini dapat memenangkan kompetisi dalam memperoleh makanan dan cahaya matahari.

e. Predatorisme

Predatorisme adalah hubungan antara makhluk hidup yang satu dengan makhluk hidup yang lain. Makhluk hidup yang satu memangsa makhluk hidup yang lain. Misalnya, kucing memangsa tikus, elang memangsa ular, dan harimau memangsa zebra.

f. Kompetisi

Kompetisi adalah hubungan antara makhluk hidup dalam satu ekosistem di saat makhluk hidup yang satu dengan makhluk hidup yang lain saling bersaing untuk

mendapatkan makanannya. Persaingan ini disebabkan makhluk hidup tersebut mempunyai kesamaan bahan makanannya. Contohnya, domba, sapi, kuda, zebra, dan rusa yang hidup di dalam ekosistem padang rumput saling bersaing untuk mendapatkan rumput sebagai bahan makanannya.

Tugas evaluasi

Jawablah pertanyaan dibawah ini dengan jelas untuk mengukur apakah kalian sudah memahami materi pada Bab 3 ini dengan baik.

1. Sebutkan pengertian simbiosis!
2. Apakah yang dimaksud dengan simbiosis mutualisme, parasitisme, dan komensalisme? Berikan contoh!
3. Simbiosis apakah yang terjadi pada kerbau dan burung jalak ?
4. Jelaskan perbedaan antara antibiosis dan predatorisme!
5. Jelaskan contoh hubungan antara benalu dan pohon mangga !

Tugas: Ayo Mencoba

- 1 . Datalah contoh lain dari simbiosis yang terjadi pada makhluk hidup!
- 2 . Sajikan dalam bentuk tabel!
- 3 . Jika dalam suatu kolam ikan yang tidak ada ikannya ditebarkan benih ikan, apakah yang akan terjadi jika dalam kolam tersebut hanya terdapat ganggang hijau dan pengurai saja. Apakah dalam waktu yang lama populasi ikan akan terus meningkat dan kolam akan dipenuhi ikan? Bagaimana menurut pendapatmu? Jelaskan alasan-alasanmu dan diskusikan dengan teman-teman sekelasmu! Buat laporan tertulis dari hasil diskusi kalian

F. Rangkuman

1. Interaksi atau hubungan antara makhluk hidup dengan lingkungannya yang membentuk suatu sistem ekologi disebut dengan ekosistem.
2. Keseimbangan ekosistem harus selalu dijaga agar setiap makhluk hidup dapat melakukan aktivitas dengan baik.
3. Daur biogeokimia meliputi daur karbon, daur nitrogen, daur belerang, daur fosfor, dan daur hidrologik.
4. Saling ketergantungan antara komponen penyusun ekosistem tersebut terbagi menjadi saling ketergantungan antara komponen biotik dan komponen abiotik serta saling ketergantungan antarkomponen biotik. Saling ketergantungan antarkomponen

biotik terbagi lagi menjadi saling ketergantungan antara makhluk hidup sejenis (interspecies) dan saling ketergantungan antara makhluk hidup yang berbeda jenis (antarspecies).

5. Saling ketegantungan antara produsen, konsumen, dan dekomposer terjadi dalam suatu ekosistem. Gejala ini terjadi pada peristiwa makan dan dimakan. Dari peristiwa ini, akan terbentuk rantai makanan, jaring-jaring makanan, dan piramida makanan.
6. Dalam suatu ekosistem, fotosintesis oleh tumbuhan hijau dan pernapasan oleh makhluk hidup berperan penting dalam penyediaan makanan bagi makhluk hidup.
7. Rantai makanan dan jaring-jaring makanan merupakan proses pemindahan makanan dan energi ke dalam tubuh makhluk hidup.
8. Bentuk interaksi antarmakhluk hidup berupa simbiosis, antibiosis, predatorisme, dan kompetisi.
9. Bentuk interaksi simbiosis dibedakan menjadi simbiosis mutualisme, simbiosis parasitisme, dan simbiosis komensalisme.

Refleksi Diri

1. Setelah mempelajari materi tentang ekosistem dan peran manusia dalam ekosistem, apakah kalian tidak menguasai, sedikit menguasai, menguasai, atau sangat menguasai untuk:
 - a. mendeskripsikan satuan ekosistem dan komponen ekosistem;
 - b. mendeskripsikan peran komponen ekosistem dalam aliran energi dan daur biogeokimia serta pemanfaatan ekosistem bagi kehidupan;
 - c. mendeskripsikan bentuk-bentuk interaksi makhluk hidup?
2. Dari materi dan beberapa kegiatan tentang ekosistem, bagian mana yang paling kalian sukai? Mengapa?

G. Uji Kompetensi

I. Pilihlah salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

1. Sumber energi suatu ekosistem yang merupakan komponen abiotik adalah
 - a. matahari
 - b. tanah
 - c. air
 - d. udara
 - e. suhu

2. Berat total populasi ditunjukkan oleh piramida
 - a. piramida energi
 - b. piramida normal
 - c. piramida jumlah individu
 - d. piramida biomassa
 - e. piramida terbalik
3. Puncak piramida makanan adalah
 - a. produsen
 - b. konsumen tersier
 - c. konsumen sekunde
 - d. konsumen primer
 - e. dekomposer
4. Berikut ini yang merupakan produsen dalam area persawahan adalah
 - a. tikus
 - b. tanaman padi
 - c. Ular
 - d. Elang
 - e. belalang
5. Dalam ekosistem air laut, alga merupakan
 - a. konsumen II
 - b. konsumen I
 - c. produsen
 - d. Dekomposer
 - e. konsumen III
6. Dalam rantai makanan yang terdiri atas tumbuhan-tikus-ular-elang mati dimakan pengurai. Jumlah energi terbesar berada pada
 - a. pengurai
 - b. tumbuhan
 - c. tikus
 - d. Ular
 - e. Elang
7. Persaingan makhluk hidup dengan makhluk hidup lain disebut ...
 - a. parasit
 - b. epifit
 - c. kompetisi
 - d. Predatorisme
 - e. Herbivora
8. Kesatuan komunitas dan lingkungan hidupnya yang saling berinteraksi dan membentuk hubungan timbal balik disebut
 - a. ekologi
 - b. habitat
 - c. populasi
 - d. Ekosistem
 - e. Biosfer
9. Contoh saling ketergantungan antara komponen biotik dan komponen abiotik adalah
 - a. Aktivitas cacing yang menyuburkan tanah
 - b. Lebah yang mengisap madu

- c. Kutu pada kerbau
 - d. Cacing pita dan manusia
 - e. Tali putri dan inangnya
10. Peristiwa makan dan dimakan pada tingkatan tertentu disebut
- a. Rantai makanan
 - b. Piramida makanan
 - c. Jaring makanan
 - d. Konsumen
 - e. Produsen

Untuk menjawab soal nomor 11 – 15, perhatikan ilustrasi singkat berikut.

Dalam suatu ekosistem sawah terdapat tanaman padi, belalang, ulat, tikus, katak, burung, ular, elang, musang, azolla, bakteri, dan hama penggerek daun.

11. Berikut ini yang merupakan konsumen I adalah ...
- a. Padi
 - b. Katak, burung, dan ular
 - c. bakteri
 - d. Hama, ulat, dan tikus
 - e. Musang
12. Berikut ini yang merupakan produsen adalah
- a. Hama dan ulat
 - b. Katak, burung, dan ular
 - c. Bakteri
 - d. Padi dan azolla
 - e. Bakteri
13. Berikut ini yang mendapatkan aliran energi terkecil adalah
- a. Elang
 - b. Katak, burung, dan ular
 - c. Jamur dan bakteri
 - d. Padi dan azolla
 - e. Musang dan kelinci
14. Di bawah ini yang termasuk dalam konsumen II adalah
- a. Katak, burung, dan ular
 - b. Kelinci dan tikus
 - c. Elang dan musang
 - d. Hama dan ulat
 - e. Padi dan azolla
15. Makhluk hidup yang dapat membuat makanan sendiri karena mengandung klorofil dan dapat melakukan fotosintesis disebut
- a. Heterotrof
 - b. Autorof
 - c. Mikroskopis
 - d. Uniseluler
 - e. Saprofit

II. Pasangkan pernyataan di bawah ini dengan kata-kata yang sesuai di dalam kotak!

Mutualisme; Antibiosis; Biotik; Populasi; Rantai makanan; Karnivor; Heterotrof; Biosfer; Komensalisme; Parasitisme; Cahaya matahari.

1. Interaksi antara makhluk hidup yang salah satu makhluk hidupnya mengeluarkan zat antibiotik yang dapat membahayakan makhluk hidup yang lain.
2. Kumpulan seluruh ekosistem yang ada di permukaan bumi yang saling berinteraksi satu dengan lainnya.
3. Sekumpulan individu sejenis yang hidup dalam suatu habitat tertentu.
4. Simbiosis ganggang hijau dan jamur.
5. Energi utama dalam suatu ekosistem.

III. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!

1. Apa yang dimaksud dengan ekosistem, populasi, dan komunitas?
2. Mengapa populasi dapat berubah?
3. Apakah perbedaan jaring makanan dan rantai makanan?
4. Apa yang dimaksud dengan produsen, konsumen, dan dekomposer?
5. Apakah kamu dapat memberi contoh simbiosis mutualisme dan simbiosis komensalisme?

IV. Jawablah pernyataan di bawah ini dengan jawaban setuju (S) dan tidak setuju (TS), dan berikan alasan singkatmu!

No.	Pernyataan	Pernyataan		Alasan
		S	TS	
1.	Menanam pohon akan mencegah banjir			
2.	Banjir semata-mata karena hutan sudah alih lahan sehingga tidak mampu menyimpan air			
3.	Penggunaan pupuk yang berlebihan akan merusak ekosistem dan mengganggu kesehatan lingkungan.			
4.	Yang harus disalahkan jika terjadi banjir masyarakat yang tinggal di sekitar daerah tersebut			

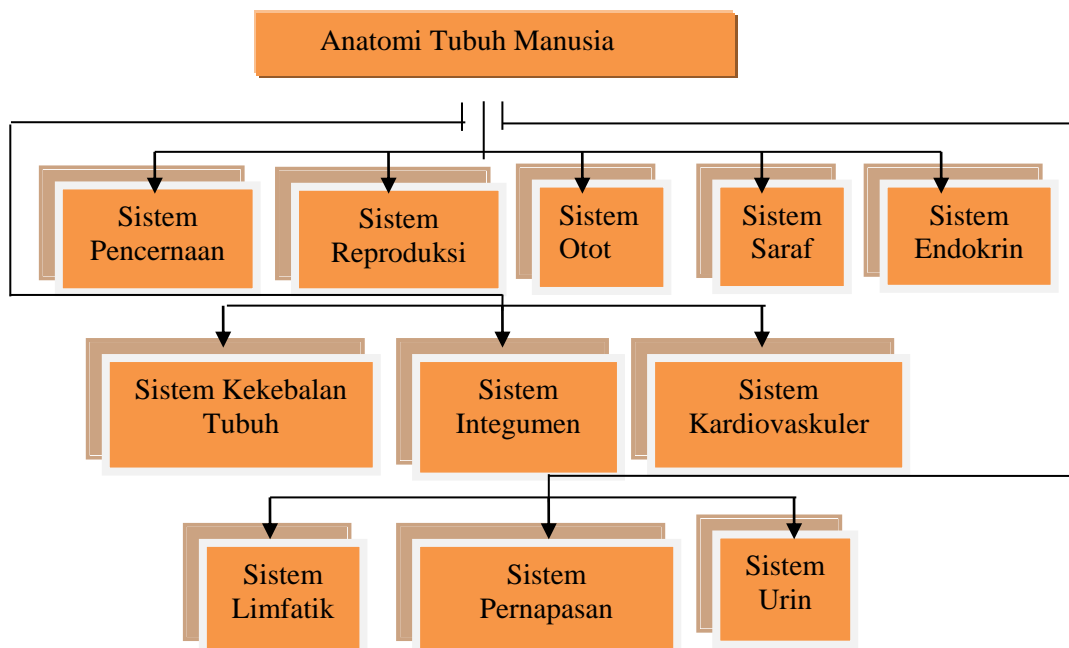
5.	Warga masyarakat yang mengambil keuntungan dari hutan harus saling bekerja sama mencegah alih lahan hutan			
----	---	--	--	--

BAB 4

ANATOMI TUBUH MANUSIA

Pada Bab ini, kalian akan mempelajari pengertian anatomi, sejarah anatomi dan berbagai sistem yang terdapat dalam anatomi tubuh manusia

Peta Konsep



Kata kunci : Anatomi, sistem dan manusia

Tahukah kalian, apa saja yang menyusun tubuh manusia? Pada bab ini kalian akan mempelajari tentang anatomi tubuh manusia yang terdiri atas beberapa sistem. Anatomi manusia adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur dan sistem yang menyusun tubuh manusia. Anatomi adalah cabang dari ilmu biologi. Para ilmuwan mempelajari tentang

struktur tubuh dengan membedah tubuh manusia, hewan, tanaman, atau bentuk kehidupan lain seperti virus dan bakteri. Para ilmuwan mengidentifikasi struktur dalam bentuk kehidupan dan bagaimana mereka disatukan. Para ilmuwan mengembangkan anatomi untuk mempelajari ukuran, bentuk, dan posisi bagian tubuh yang berbeda, misalnya kulit, otot, tulang, dan organ manusia. Studi tentang anatomi manusia penting dalam dunia kesehatan khususnya kedokteran, mereka mempelajari bagaimana bagian-bagian dari tubuh manusia sehat yang terdiri atas berbagai sistem saling bekerjasama dan bagaimana bagian-bagian tubuh tersebut berfungsi.

Anatomi manusia atau antropotomi adalah sebuah bidang khusus dalam anatomi yang mempelajari struktur tubuh manusia, sedangkan jaringan dipelajari di histologi dan sel di sitologi. Tahukah kalian arti berbagai istilah yang berkaitan dengan anatomi serta sejarah anatomi manusia. Sitologi dan Histologi membahas mengenai struktur-struktur terkecil bagian tubuh pada tingkat sel dan jaringan. Osteologi membahas mengenai sistem kerangka manusia yang meliputi sistem yang tersusun oleh sejumlah tulang dan tulang rawan. Arthrologi mempelajari tentang persambungan dan persendian serta kelainan yang mungkin terjadi pada sendi. Miologi mempelajari mengenai otot baik struktur biologis maupun kimiawi otot, serta miologi khusus. Neurologi membahas sistem pemantauan/pemotoran dan pengontrolan setiap kegiatan tubuh, baik dalam keadaan tidur maupun dalam keadaan bangun dilakukan oleh jaringan saraf yang kompleks. Sistem Pencernaan mempelajari proses penerimaan, pengeluaran dan penyimpanan makanan agar dapat diserap (*absorpsi*) oleh tubuh yang disalurkan ke seluruh tubuh dengan bantuan/peredaran darah agar zat-zat makanan sampai di jaringan-jaringan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel-sel. Sistem Pernafasan mempelajari penyediaan oksigen untuk jaringan sel dan membuang CO₂ dari udara luar dengan cara inspirasi dan ekspirasi melalui saluran pernafasan. Sistem Peredaran Darah mempelajari fungsi dan struktur jantung serta peredaran darah manusia. Beberapa sistem lain akan melengkapi dalam pembelajaran anatomi tubuh manusia.

A. Sejarah Ilmu Anatomi

Anatomi berasal dari bahasa Yunani *anatomia*, dari *anatemnein*, yang berarti memotong adalah cabang dari biologi yang berhubungan dengan struktur dan organisasi dari makhluk hidup. Terdapat juga anatomi hewan atau *zootomi* dan anatomi tumbuhan atau *fitotomi*. Beberapa cabang ilmu anatomi adalah anatomi perbandingan, histologi, dan anatomi manusia.

Para ilmuwan juga membandingkan anatomi dari berbagai jenis makhluk hidup. Mereka mengamati persamaan dan perbedaan struktur makhluk hidup. Ini membantu mereka menentukan bagaimana jenis makhluk hidup yang berbeda berkaitan satu sama lain dan bagaimana mereka berkembang dari waktu ke waktu. Ilmu anatomi mulai dipelajari pada permulaan tahun 1600 SM, saat dikeluarkannya Papyrus Mesir kuno oleh ilmuwan peradaban Mesir kuno. Pada saat itu telah dapat dikenali beberapa Organ. dan pengetahuan dasar akan Pembuluh darah. Hipokrates adalah ilmuwan Kedokteran Yunani kuno yang karyanya masih diakui hingga sekarang. Ia adalah seorang Dokter pada akhir abad ke-6 SM atau awal abad ke-5 SM. Hippokrates telah dapat memahami ilmu dasar mengenai Sistem Rangka dan Otot dan awal pemahaman lebih dalam akan kerja organ seperti Ginjal. Namun, banyak karya lainnya yang didasarkan pada spekulasi bukan pada penelitian keilmuan. Penggunaan tubuh mati manusia atau mayat untuk penelitian ilmu anatomi dimulai pada abad ke-4 SM, saat Herophilos dan Erasistratus mempertunjukkan pembedahan mayat di Iskandariyah di bawah bantuan Dinasti Ptolemaios.

Herophilos adalah orang yang pertama kali mengembangkan ilmu anatomi berdasarkan struktur asli tubuh manusia sehingga dikenal Bapak Anatomi. Ilmuwan Yunani yang cukup penting dalam masa anatomi kuno adalah Galen (abad ke-2 M). Dokter Yunani kuno, Galen, kemudian menulis banyak buku tentang anatomi manusia. Buku-buku tersebut merupakan sumber utama informasi anatomi di Eropa selama berabad-abad meskipun mengandung banyak kesalahan. Banyak dari ide-idenya tidak didasarkan pada pengamatan langsung terhadap tubuh manusia. Ilmu anatomi modern mulai berkembang pada tahun 1500-an.

Pada tahun 1543, seorang dokter bernama Andreas Vesalius menulis buku anatomi pertama yang rinci dan berilustrasi berdasarkan fakta yang sudah diamati. Dia melakukan pembedahan hati pada tubuh manusia untuk mempelajarinya. Mikroskop kuat pertama dikembangkan pada akhir 1600-an. Instrumen ini memungkinkan para ilmuwan untuk mempelajari struktur kecil di dalam tubuh seperti sel dan bagian-bagiannya. Ketika teknologi semakin meningkat selama bertahun-tahun, para ilmuwan telah mampu mempelajari lebih banyak hal tentang anatomi, dan ilmu anatomi kian berkembang pesat. Ilmu anatomi banyak dipelajari pada abad ke-17 dan 18. Pada abad ke-19, banyak ilmuwan yang memberikan gambaran anatomi lebih mendalam dibandingkan abad sebelumnya. Selain itu, dikembangkan pula ilmu mengenai anatomi mikro yaitu histologi pada manusia dan hewan.

Penelitian anatomi berkembang dimana-mana Inggris sebagai pusatnya. Permintaan akan mayat semakin meningkat. Untuk itu berbagai cara dilakukan, bahkan pembunuhan. Melihat perkembangan yang tidak baik ini, parlemen Inggris mengeluarkan Undang-Undang Anatomi 1832, yang memberikan batas-batas hukum untuk penyediaan jenazah. Pembatasan ini membuat dimulainya pengerjaan sebuah buku teks ilmu anatomi yang akhirnya terkenal, Gray's Anatomy. Penelitian anatomi pada ratusan tahun lalu banyak membantu perkembangan pemahaman pada ilmu-ilmu baru seperti biologi molekuler. Berbagai perkembangan juga terjadi pada alat-alat canggih untuk memahami tubuh manusia (terutama tubuh hidup), yakni melalui alat *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan pemindaian *computer-assisted translation* (CAT).

Pada abad ke-16, Vesalius melalui penelitiannya pada anatomi mayat manusia. Karya monumental Vesalius di tahun 1547, *On the Fabric of the Human Body*, bertentangan dengan pikiran Aristoteles yang percaya bahwa jantung adalah pusat syaraf. Vesalius percaya bahwa otak dan sistem syaraf adalah pusat pikiran dan emosi, berbeda dengan para pengikut Aristoteles yang percaya bahwa jantung adalah pusat dari tubuh.

Ketika Islam mencapai kejayaannya, studi anatomi dikembangkan para saintis Muslim. Ilmuwan bernama Abu Bakar Muhammad Ibnu Zakariya Razi atau al-Razi (865 M- 925 M) berhasil mematahkan teori humorism yang dikemukakan oleh Galen. Al-Razi melakukan sebuah percobaan. Ia memasukkan suatu cairan dengan temperatur berbeda ke dalam tubuh dengan peningkatan atau penurunan panas tubuh, yang mirip dengan suhu cairan tertentu. Al-Razi mencatat bahwa minuman hangat akan meningkatkan panas tubuh ke derajat lebih tinggi dari suhu alami. Sehingga minuman akan memicu respons dari tubuh, bukan hanya mentransfer sendiri hangat atau dingin. Dokter Muslim legendaris lainnya melakukan percobaan dalam bidang anatomi adalah Ibnu Sina (980 M – 1037 M).

"Kontribusi Ibnu Sina dalam studi fisiologi adalah mengenalkan eksperimen secara sistematis yang dituangkan dalam *The Canon of Medicine*," papar Katharine Park dalam karyanya berjudul *Avicenna in Renaissance Italy: The Canon and Medical Teaching in Italian Universities after 1500* by Nancy G Siraisi. Studi anatomi kemudian dikembangkan oleh dokter Muslim agung bernama Ibnu Nafis (1210 M -1288 M). Ia merupakan orang pertama yang secara akurat mendeskripsikan peredaran darah dalam tubuh manusia. Ibnu Nafis juga secara detil menjelaskan tentang denyut, tulang, otot, panca indera, perut, terusan empedu, dan anatomi tubuh lainnya. Guna memperjelas

pemahaman maka al-Nafsi juga menggambar diagram yang melukiskan bagian-bagian tubuh.



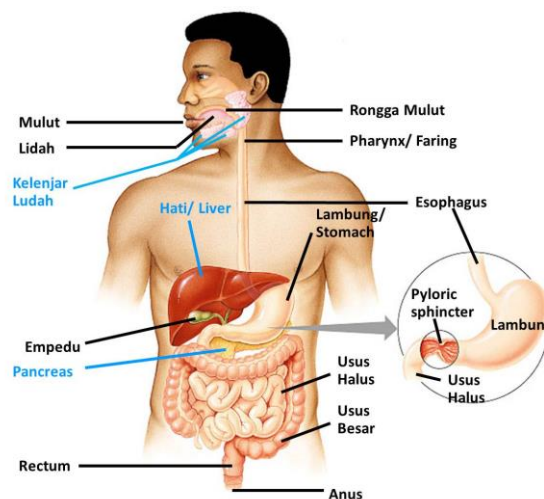
Sumber : www.google.com

Gambar 4.1. Ahli anatomi Islam Ibnu Sina

Anatomi tubuh manusia terdiri dari apa saja ? Anatomi Tubuh Manusia disusun kedalam beberapa bagian sistem tubuh, yaitu:

B. Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan atau sistem gastrointestinal adalah sistem organ dalam tubuh manusia yang berfungsi untuk menerima makanan dan mengolahnya menjadi zat-zat gizi dan energi, menyerap zat-zat gizi ke dalam aliran darah serta membuang bagian makanan yang tidak dapat dicerna atau merupakan sisa proses pencernaan. Sistem pencernaan dimulai dari mulut sampai ke anus. Saluran pencernaan terdiri dari mulut, tenggorokan (*faring*), kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum dan anus. Sistem pencernaan juga meliputi organ-organ yang terletak diluar saluran pencernaan, yaitu pankreas, hati, dan kandung empedu.



Source : *Biology – Concepts & Connection – Campbell (Fourth edition)*

Gambar 4.2. Sistem Pencernaan Manusia

a. Rongga mulut

Rongga mulut merupakan suatu rongga terbuka tempat masuknya makanan dan air. Mulut biasanya terletak di kepala dan umumnya merupakan bagian awal dari sistem pencernaan lengkap yang berakhir di anus. Bagian dalam dari mulut dilapisi oleh selaput lendir. Pengecapan dirasakan oleh organ perasa yang terdapat di permukaan lidah. Pengecapan terdiri dari manis, asam, asin, pahit dan gurih. Makanan dipotong-potong oleh gigi depan (*incisivus*) dan di kunyah oleh gigi belakang (molar, geraham), menjadi bagian-bagian kecil yang lebih mudah dicerna. Ludah dari kelenjar ludah akan membungkus bagian-bagian dari makanan tersebut dengan enzim-enzim pencernaan dan mulai mencernanya. Rongga mulut dimulai dari celah mulut dan berakhir di belakang pada lubang tekak. Rongga mulut dibagi dua bagian berdasarkan atas lengkung gigi yaitu beranda yang terletak di luar lengkung gigi dan rongga mulut yang terdapat di belakangnya. Beranda dibatasi ke luar oleh bibir dan pipi yang mengandung otot-otot mimik dan karena itu gerakannya amat luas.



Sumber: <https://www.konsultasikedokteran.com>

Gambar 4.3. Anatomi gigi

b. Gigi

Setiap baris gigi merupakan suatu garis melengkung rahang atas bentuknya berbeda dengan rahang bawah. Setiap gigi rahang atas tepat menempati sela antara dua buah gigi rahang bawah dan sebaliknya. Struktur gigi pada manusia terbagi dalam dua bagian yaitu bagian mahkota dan bagian akar. Bagian mahkota merupakan bagian gigi yang terlihat dalam mulut, sedangkan bagian akar merupakan bagian yang tertanam di dalam tulang rahang. Gigi merupakan salah satu jaringan keras tubuh yang terdiri dari enamel/email, dentin dan sementum. Gigi tumbuh di dalam lesung pada rahang dan memiliki jaringan seperti pada tulang. Dalam pertumbuhannya, gigi mengalami dua fase pergantian. Diawali dari pertumbuhan gigi susu yang lengkap pada kisaran umur tiga tahun dengan jumlah 20 gigi, kemudian diganti dengan fase gigi tetap yang diawali pada kisaran umur

13 tahun keatas. Pertumbuhan gigi tetap ini menjadi lengkap setelah jumlah gigi menjadi 32, sekitar umur 17 sampai dengan umur 21 tahun. Fase diantara awal fase gigi tetap sampai gigi tetap yang lengkap disebut fase gigi campuran, yaitu antara umur 13 sampai dengan umur 17 tahun.

c. Lambung



Sumber : <https://lh6.ggpht.com/imgmax=800>

Gambar 4.4. Anatomi lambung

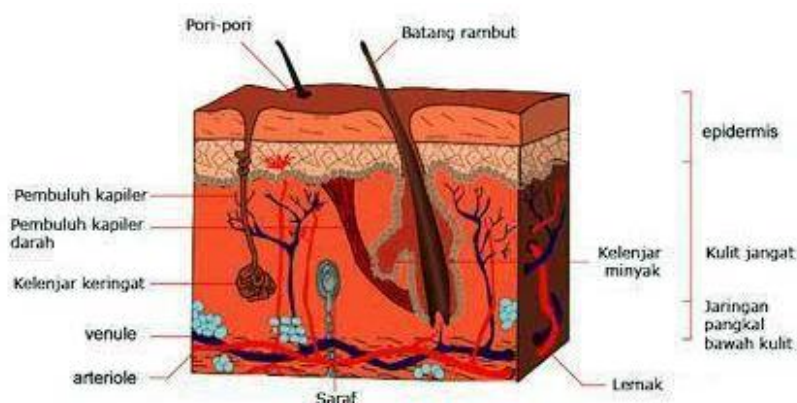
Lambung adalah bagian saluran pencernaan makanan yang melebar seperti kantong, terletak di bagian atas rongga perut sebelah kiri, dan untuk sebagian tertutup oleh alat-alat yang letaknya berdekatan seperti hati, usus besar dan limpa. Lambung berbentuk seperti huruf J. Bagian superior lambung merupakan kelanjutan dari esofagus. Bagian inferior berdekatan dengan duodenum yang merupakan bagian awal dari usus halus. Pada setiap individu, posisi dan ukuran lambung bervariasi. Jika lambung berada dalam keadaan kosong bentuknya menyerupai sosis yang besar, tetapi lambung dapat meregang untuk menampung makanan dalam jumlah yang sangat besar.

Lambung dibagi menjadi empat bagian, yaitu bagian fundus, kardiak, “body” atau badan, dan pilorus. Ketika lambung berada dalam keadaan kosong, mukosa berada dalam bentuk lipatan-lipatan besar yang dinamakan *rugae*. Pada bagian bawah lubang adalah mulut atau lubang dari kelenjar lambung (*gastric glands*). Setiap kelenjar terdiri dari empat tipe sel sekretori, yaitu : *zymogenic*, *parietal*, *mucous*, dan *enterendocrine*. *Zymogenic (peptic)* atau sel kepala (*chief cells*) mengeluarkan prekursor utama enzim lambung, pepsinogen. Asam klorida (HCl) terlibat dalam perubahan pepsinogen menjadi enzim aktif yaitu pepsin, dan faktor intrinsik, terlibat dalam penyerapan vitamin B12 untuk produksi sel darah merah, yang diproduksi oleh sel parietal.

C. Sistem Integumen

Seluruh tubuh manusia bagian terluar terbungkus oleh suatu sistem yang disebut sebagai sistem integumen. Sistem ini terdiri atas kulit dan aksesorisnya, termasuk kuku, rambut, kelenjar (keringat dan sebaceous), dan reseptor saraf khusus (untuk stimulasi perubahan internal atau lingkungan eksternal). Kulit adalah organ sensorik dalam hal ini memiliki reseptor untuk mendeteksi panas dan dingin, sentuhan, tekanan dan nyeri. Komponen kulit termasuk rambut, kuku, kelenjar keringat, kelenjar minyak, pembuluh darah, pembuluh getah bening, saraf dan otot. Anatomi kulit terdiri dari lapisan jaringan epitel/kulit ari (*epidermis*) yang didukung oleh lapisan jaringan ikat/kulit jangat (*dermis*) dan lapisan pangkal bawah kulit/lapisan subkutan (*hypodermis* atau *subcutis*). Selain kulit, ada pula rambut, dan kuku yang termasuk kedalam sistem integumen. Rambut adalah organ seperti benang yang tumbuh di kulit.

Rambut muncul dari epidermis (kulit luar), walaupun berasal dari folikel rambut yang berada jauh di bawah dermis. Kuku tumbuh dari sel mirip gel lembut yang mati, mengeras, dan kemudian terbentuk saat mulai tumbuh dari ujung jari. Kulit ari terdiri atas beberapa lapis, yang teratas adalah lapis tanduk yang terdiri dari sel-sel gepeng, sedangkan lapis terdalam disebut lapis benih yang senantiasa membuat sel-sel epitel baru. Kulit ari pada pangkal kuku berfungsi melindungi dari kotoran. Fungsi utama kuku adalah melindungi ujung jari yang lembut dan penuh urat saraf, serta mempertinggi daya sentuh. Secara kimia, kuku sama dengan rambut yang antara lain terbentuk dari keratin protein yang kaya akan sulfur.



Sumber : <https://lh4.googleusercontent.com/>
Gambar 4.5. Anatomi Kulit dan rambut

D. Sistem Kekebalan Tubuh / Sistem Imun

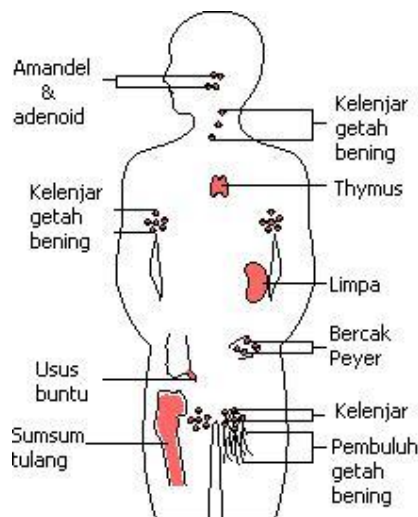
Tahukah kalian, bagaimana cara tubuh menghadapi serangan penyakit? Didalam tubuh kita terdapat mekanisme perlindungan yang dinamakan sistem imun dirancang untuk melawan berbagai kuman dan penyakit yang setiap saat menyerang tubuh kita.

Sistem imun terdiri dari ratusan mekanisme dan proses yang berbeda, semuanya siap bertindak begitu tubuh kita diserang oleh berbagai bibit penyakit. Sistem Imun adalah sistem pertahanan tubuh manusia dalam melawan infeksi dan penyakit. Fungsi sistem kekebalan tubuh adalah :

1. Melindungi tubuh dari serangan penyakit, menghancurkan & menghilangkan kuman yang masuk ke dalam tubuh.
2. Menghilangkan jaringan atau sel yang mati atau rusak.
3. Mengenali dan menghilangkan sel yang abnormal.

a. Sumsum tulang

Semua sel sistem kekebalan tubuh berasal dari sel-sel induk dalam sumsum tulang. Sumsum tulang adalah tempat asal sel darah merah, sel darah putih (termasuk limfosit dan makrofag) dan platelet. Sel-sel dari sistem kekebalan tubuh juga terdapat di tempat lain.



Sumber : <http://medicastore.com/>

Gambar 4.6. Anatomi sistem kekebalan tubuh

b. Timus

Dalam kelenjar timus sel-sel limfoid mengalami proses pematangan sebelum lepas ke dalam sirkulasi. Proses ini memungkinkan sel T untuk mengembangkan toleransi diri terhadap serangan penyakit.

c. Getah bening

Kelenjar getah bening berbentuk kacang kecil terbaring di sepanjang perjalanan limfatik. Kelenjar tersebut terkumpul dalam situs tertentu seperti leher, axillae, selangkangan dan para-aorta daerah.

d. Sistem limfoid

Sistem limfoid manusia terdiri dari organ utama yaitu tulang sumsum dan kelenjar timus, serta organ tempat masuknya patogen yaitu kelenjar gondok, amandel, limpa, kelenjar getah bening (disepanjang pembuluh limfatik dengan konsentrasi di leher, ketiak, perut, dan pangkal paha), *Peyer's patch* (dalam usus), dan usus buntu.

E. Sistem Endokrin

Sistem endokrin adalah sistem yang bekerja dengan perantara zat-zat kimia (hormon) yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin. Kelenjar endokrin merupakan kelenjar buntu yang mengirim hasil ekresinya langsung kedalam darah dan cairan limfa. Hasil sekresinya beredar dalam jaringan kelenjar tanpa melewati saluran (*duktus*). Kelenjar endokrin merupakan kelompok sel yang terdiri atas deretan sel berbentuk lempengan atau gumpalan yang disokong oleh jaringan ikat halus yang banyak mengandung pembuluh kapiler sinusoid yang berasal dari embrional. Sistem endokrin terdiri atas kelenjar-kelenjar endokrin yang bekerja sama dengan sistem saraf dan berperan dalam pengendalian organ tubuh. Hasil sekresi kelenjar endokrin disebut hormon. Hormon adalah penghantar kimiawi yang dilepas dari sel-sel khusus kedalam aliran darah ke tempat tujuannya. Tubuh manusia mempunyai enam kelenjar endokrin yaitu hipofisis, tiroid, paratiroid, kelenjar adrenal (anak ginjal), pankreas, dan kelenjar reproduksi.

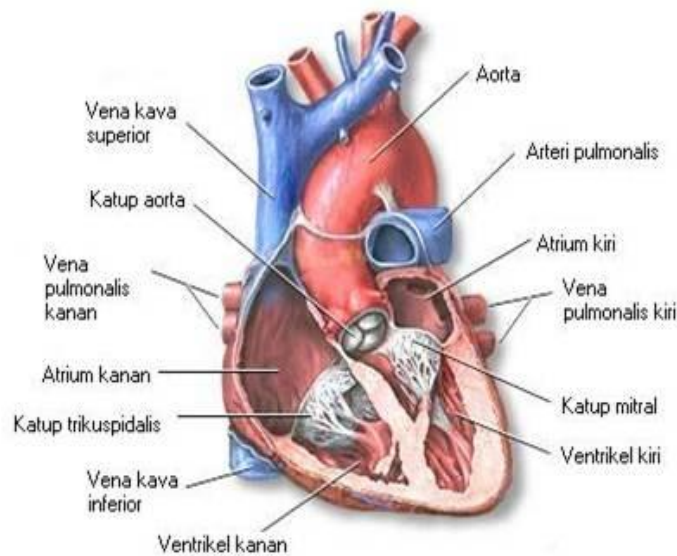
1. Kelenjar *Hipofisis* : terletak di otak besar yang disebut *master of gland*, karena menghasilkan bermacam-macam hormon yang mengatur kegiatan kelenjar lainnya. Kelenjar hipofisis dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian anterior, bagian tengah, dan bagian posterior. Kelenjar hipofisis bekerja sama dengan hipotalamus mengendalikan organ-organ tubuh.
2. Kelenjar *Tiroid* : terletak di daerah leher, di bagian depan kerongkongan. Kelenjar tiroid menghasilkan hormon tiroksin dan triiodotironin yang mengatur metabolisme organik, mengatur pertumbuhan dan perkembangan, serta mengatur aktivitas saraf. Sintesis hormon tiroksin membutuhkan konsumsi iodium. Kekurangan hormon dari kelenjar tiroid dapat menyebabkan *Hipotiroidisme* dan *Kretinisme* (kerdil).

3. Kelenjar *Paratiroid* (Kelenjar Anak Gondok) : menghasilkan hormon *parathormon* yang berperan menjaga keseimbangan kalsium dalam darah. Kelebihan hormon ini menyebabkan pengendapan kalsium dalam tulang, tulang mudah patah dan dapat menyebabkan gangguan batu ginjal. Kekurangan hormon ini akan menyebabkan kejang tangan dan kaki, kesemutan, dan sukar tidur.
4. Kelenjar *Adrenal* (Kelenjar Anak Ginjal) : Pada setiap ginjal terdapat satu kelenjar suprarenal yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian luar (*korteks*) dan bagian tengah (*medula*). Kelenjar bagian korteks menghasilkan hormon kortison dan glukokortikoid. Kelenjar bagian medula menghasilkan hormon adrenalin dan hormon noradrenalin. Kerusakan pada bagian korteks mengakibatkan penyakit Addison.
5. Kelenjar *Pankreas* : menghasilkan hormon insulin yang berfungsi mengurangi kadar gula darah dengan mengubahnya menjadi gula otot (*glikogen*). Kekurangan hormon insulin menyebabkan gula darah tinggi dikenal dengan penyakit kencing manis (*Diabetes Mellitus*).
6. Kelenjar *Reproduksi* (Kelenjar Gonad) : Ovarium menghasilkan hormon estrogen dan hormon progesteron. Hormon estrogen berfungsi untuk menimbulkan dan mempertahankan tanda-tanda kelamin sekunder pada wanita. Hormon progesteron berfungsi menyiapkan dinding uterus agar dapat menerima telur yang sudah dibuahi, atau menyebabkan penebalan dinding uterus. Testis akan menghasilkan hormon androgen, yaitu testosteron. Testosteron berfungsi menimbulkan ciri-ciri seksual pada pria.

F. Sistem Kardiovaskular

Sistem Kardiovaskular adalah suatu sistem transport tertutup yang terdiri atas beberapa komponen yaitu (1) jantung, sebagai pemompa darah (2) komponen darah, sebagai pembawa O₂ dan nutrisi, (3) Pembuluh darah, sebagai wahana. Jantung (Yunani *cardia*=jantung) adalah sebuah rongga yang memompa darah melalui pembuluh darah oleh kontraksi berirama yang berulang. Jantung pada tubuh manusia menempati diantara kedua paru-paru tepatnya pada bagian tengah rongga toraks. Jantung memiliki empat buah ruang berongga. Jantung manusia terletak di sebelah kiri bagian dada, di antara paru-paru, terlindungi oleh tulang rusuk. Pada bagian luar terdiri dari otot-otot yang saling berkontraksi. Otot-otot inilah yang berperan penting dalam memompa darah melalui pembuluh arteri.

Bagian dalam jantung terdiri atas empat ruang: atrium/serambi kiri, ventrikel/bilik kiri, serambi kanan dan bilik kanan. Serambi kiri dan bilik kiri satu sama lain berhubungan, demikian juga serambi kanan dan bilik kanan. Bagian kiri jantung dipisahkan dari bagian kanan oleh sekat rongga jantung.



Sumber : <https://www.google.co.id/imgres/>

Gambar 4.7. Anatomi jantung

Sirkulasi darah terbagi menjadi dua yaitu sirkulasi sistemik dan sirkulasi pulmonal. Sirkulasi pulmonal adalah peredaran darah antara jantung dengan paru-paru. Sirkulasi pulmonal diawali dengan keluarnya darah dari ventrikel kanan ke paru-paru melalui arteri pulmonalis dan kembali ke atrium kiri melalui vena-vena pulmonalis. Sirkulasi sistemik merupakan peredaran darah dari jantung ke seluruh tubuh (kecuali paru-paru). Sirkulasi sistemik dimulai dari keluarnya darah dari ventrikel kiri ke aorta kemudian ke seluruh tubuh melalui berbagai percabangan arteri. Selanjutnya kembali ke jantung (atrium kanan) melalui vena kava. Darah dari tubuh bagian atas kembali ke jantung melalui vena cava superior dan darah dari tubuh bagian bawah kembali ke jantung melalui vena kava inferior.

G. Sistem Limfatik

Sistem limfatik adalah sekumpulan jaringan dan organ yang membantu membersihkan tubuh dari racun, kuman dan bahan yang berbahaya terhadap tubuh. Fungsi utama dari sistem limfatik adalah untuk mengangkut getah bening, cairan yang mengandung sel-sel darah putih untuk melawan infeksi. Sistem limfatik atau sistem getah

bening merupakan sistem sirkulasi sekunder yang berfungsi mengalirkan limfa atau getah bening di dalam tubuh. Sistem limfatik terutama terdiri dari pembuluh limfatik, yang mirip dengan pembuluh darah pada sistem peredaran darah vena dan kapiler.

Pembuluh limfatik terhubung ke kelenjar getah bening dan menghubungkan antar kelenjar getah bening satu dengan lainnya. Limfa berasal dari plasma darah yang keluar dari sistem kardiovaskular ke dalam jaringan sekitarnya. Cairan ini kemudian dikumpulkan oleh sistem limfa melalui proses difusi ke dalam kelenjar limfa dan dikembalikan ke dalam sistem sirkulasi. Contoh kelenjar getah bening adalah kelenjar amandel, kelenjar adenoid, ada juga organ limpa dan timus, yang semuanya adalah bagian dari sistem limfatik.

Fungsi sistem limfa yaitu:

1. Mengembalikan cairan & protein dari jaringan ke sirkulasi darah.
2. Mengangkut limfosit.
3. Membawa lemak emulsi dari usus.
4. Menyaring dan menghancurkan mikroorganisme untuk menghindarkan penyebaran.
5. Menghasilkan zat antibodi.

Apabila ada virus atau bakteri yang menyerang bagian tubuh tertentu dan menimbulkan infeksi, maka kelenjar getah bening yang berdekatan bertanggung jawab atas wilayah tersebut akan mengalami pembengkakan sebagai upaya untuk melawan infeksi.

H. Sistem Rangka

Rangka (*skelet*) merupakan susunan tulang-tulang yang berkesinambungan, tidak dapat dilihat dari luar tubuh karena ditutupi oleh daging (otot) yang berperan dalam melindungi organ dalam tubuh yang lunak. Jumlah tulang pembentuk rangka pada manusia lebih kurang 206 ruas tulang. Sistem Rangka adalah sistem yang terdiri dari tulang (rangka) dan struktur yang membangun hubungan (sendi) di antara tulang-tulang tersebut. Secara umum fungsi dari sistem skeletal adalah:

1. Menyediakan bentuk untuk menopang tubuh.
2. Sebagai alat gerak pasif.
3. Melindungi organ-organ internal dari trauma mekanik.
4. Menyimpan dan melindungi sumsum tulang selaku sel hemopoietic (*red bone marrow*).
5. Menyediakan tempat untuk menyimpan kelebihan kalsium.

6. Menyimpan lemak (*yellow bone marrow*).

Rangka dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu rangka aksial (membentuk sumbu tubuh, meliputi tengkorak, columna vertebra, dan toraks) dan rangka apendikular (meliputi ekstremitas superior dan inferior).

Berdasarkan bentuk dan ukurannya, tulang dapat dibagi menjadi beberapa penggolongan yaitu :

1. Tulang panjang, yaitu tulang lengan atas, lengan bawah, tangan, tungkai, dan kaki (kecuali tulang-tulang pergelangan tangan dan kaki). Badan tulang ini disebut diafisis, sedangkan ujungnya disebut epifisis.
2. Tulang pendek, yaitu tulang-tulang pergelangan tangan dan kaki
3. Tulang pipih, yaitu tulang iga, bahu, pinggul, dan kranial.
4. Tulang tidak beraturan, tulang vertebra dan tulang wajah
5. Tulang sesamoid, antara lain tulang patella dan tulang yang terdapat di metakarpal 1-2, dan metatarsal 1.

Kerangka tubuh manusia terdiri dari susunan berbagai macam tulang yang satu sama lainnya saling berhubungan, terdiri dari:

1. Tulang kepala: 8 buah
2. Tulang kerangka dada: 25 buah
3. Tulang wajah: 14 buah
4. Tulang belakang dan pinggul: 26 buah
5. Tulang telinga dalam: 6 buah
6. Tulang lengan: 64 buah
7. Tulang lidah: 1 buah Tulang kaki: 62 buah

Fungsi kerangka adalah :

- a. Menahan seluruh bagian-bagian tubuh agar tidak rubuh
- b. Melindungi alat tubuh yang halus seperti otak, jantung, dan paru-paru
- c. Tempat melekatnya otot-otot
- d. Untuk pergerakan tubuh dengan perantara otot
- e. Tempat pembuatan sel-sel darah terutama sel darah merah
- f. Memberikan bentuk pada bangunan tubuh buah

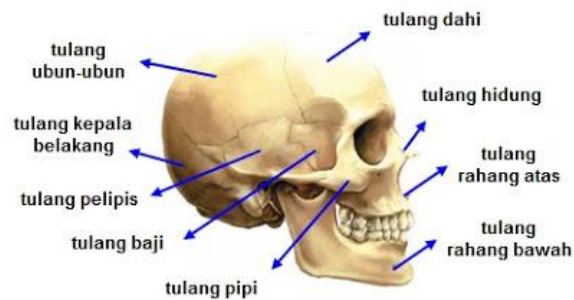
Sendi Lutut adalah ujung bawah tulang paha mempunyai dua buah benjolan sendi yang bertopang pada bidang atas tulang kering. Dengan demikian terbentuklah sebuah sendi yang dinamakan sendi lutut. Pada dinding depan sendi lutut terdapat tempurung lutut.

Rangka tubuh manusia dibedakan menjadi dua macam, yaitu rangka aksial dan rangka apendikular. Berikut ulasan lanjut mengenai kedua macam rangka tersebut, yaitu:

a. Rangka Aksial, merupakan susunan tulang yang letaknya sejajar dengan sumbu tubuh.

Rangka Aksial terdiri atas:

a) Tulang tengkorak (*Cranium*), terdiri dari tulang tempurung kepala, tulang wajah, dan tulang telinga.



Sumber . <http://gubukpengajarmuda.blogspot.co.id/>

Gambar 4.8. Tulang tengkorak

Tulang tempurung kepala terdiri dari:

- (a) 1 tulang dahi
- (b) 2 tulang ubun-ubun
- (c) 2 tulang pelipis
- (d) 1 tulang kepala belakang
- (e) 2 tulang baji
- (f) 2 tulang tapis

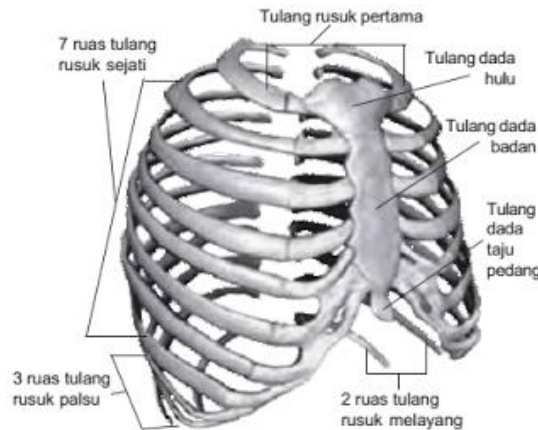
Tulang-tulang penyusun tulang wajah, meliputi:

- (a) 2 tulang rahang atas
- (b) 2 tulang rahang bawah
- (c) 2 tulang air mata
- (d) 2 tulang langit-langit
- (e) 2 tulang pipi
- (f) 2 tulang hidung

b) Tulang belakang (*Vertebrae*), terdiri dari 7 ruas tulang leher (*servikal*), 12 ruas tulang punggung (*toraks*), 5 ruas tulang pinggang (*lumbal*), 5 ruas tulang kelangkang (*sacrum*), dan 4 ruas tulang ekor (*coccigeus*). Meskipun tulang

kelangkang dan tulang ekor terdiri atas beberapa ruas, namun masing- masing tulang menyatu seakan membentuk satu ruas.

- c) Tulang rusuk (*Costae*) dan tulang dada (*Sternum*), kedua tulang ini berperan dalam melindungi struktur lunak yang terletak di dalam rongga dada (*thoraks*).



Sumber : <http://4.bp.blogspot.com/>

Gambar 4.9. Tulang rusuk

Tulang rusuk terdiri atas 7 pasang tulang rusuk sejati (*costae vera*), 3 pasang tulang rusuk palsu (*costae spuria*), dan 2 pasang tulang rusuk melayang (*costae fluctuantes*). Sedangkan tulang dada terdiri atas tiga bagian yakni taju pedang (*xifoid*), bagian hulu (*manubrium*) yang berfungsi sebagai tempat melekatnya tulang selangka, dan bagian badan (*gladiolus*) yang berfungsi sebagai tempat melekatnya tulang rusuk sejati.

- b. Rangka Apendikular, merupakan susunan tulang anggota tubuh yang terdiri atas rangka apendikular bagian atas dan bagian bawah.
- a) Rangka apendikular atas, terdiri atas gelang bahu (*pectoral girdle*) dan tulang tangan. gelang bahu terdiri atas 2 tulang belikat (*scapula*) yang berhubungan dengan tulang rusuk dan 2 tulang selangka (*clavicula*) yang menghubungkan tulang selangka dengan tulang dada. Tulang tangan sendiri terdiri dari 2 tulang tangan atas (*humerus*), 2 tulang hasta (*ulna*), 2 tulang pengumpil (*radius*), 16 tulang pergelangan tangan (*carpal*), 10 tulang telapak tangan (*metacarpal*), dan 28 tulang jari tangan (*phalanges*).
- b) Rangka apendikular bawah, terdiri atas tulang panggul (*pelvic girdle*) dan tulang kaki. Gelang panggul tersusun atas 5 ruas tulang, meliputi 2 tulang usus (*illium*), 2 tulang kemaluan (*pubis*), dan 2 tulang duduk (*ischium*). Sedangkan tulang kaki terdiri atas 60 ruas tulang, diantaranya 2 tulang paha (*femur*), 2

tulang lutut (*patella*), 2 tulang betis (*fibula*), 2 tulang kering (*tibia*), 14 tulang pergelangan kaki (*tarsal*), 10 tulang telapak kaki (*metatarsal*), dan 28 tulang jari kaki (*phalanges*).

I. Sistem Urin

Sistem urin merupakan sistem pengeluaran cairan yaitu

- a. Ginjal adalah suatu kelenjar berbentuk seperti kacang yang terletak pada dinding belakang rongga perut setinggi ruas-ruas tulang belakang sebelah atas, ginjal kiri letaknya lebih tinggi daripada ginjal kanan. Sisi ginjal yang menghadap ke dalam berbentuk cekung. Di sini masuk nadi ginjal (dari aorta) ke dalam ginjal. Nadi ini bercabang-cabang dalam jaringan ginjal.
- b. Kandung kemih merupakan tempat berkumpulnya semua air kemih yang terpancar dari saluran ginjal. Dinding kandung kemih yang terdiri atas jaringan otot polos dapat menyesuaikan diri terhadap banyaknya air kemih di dalam kandung kemih, karena dapat mengendor apabila diisi perlahan-lahan dengan air kemih.

J. Sistem Otot

Otot punggung sejati merupakan dua buah jurai yang amat rumit susunannya, terletak di sebelah belakang kanan dan kiri tulang belakang, mengisi ruang antara taju duri dan taju lintang. Otot-otot punggung sejati itu hampir sama sekali tertutup oleh otot-otot punggung sekunder yang sebenarnya termasuk otot-otot anggota gerak atas dan bawah. Kedua jurai otot tersebut dinamakan penegak batang badan dan amat penting, artinya untuk sikap dan gerakan tulang belakang.

K. Sistem Pernapasan

Paru – paru merupakan sebuah alat tubuh yang sebagian besar terdiri dari gelembung (gelembung hawa/alveoli). Gelembung-gelembung hawa terdiri dari sel-sel epitel dan endotel. Banyaknya gelembung paru-paru kurang lebih 700.000.000 buah (paru-paru kanan dan kiri).

Paru-paru terletak pada rongga dada. Pada rongga dada tengah terletak paru-paru sedangkan pada rongga dada depan terletak jantung. Paru-paru terdiri dari dua bagian yaitu paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Paru-paru kanan terbagi atas tiga belah paru (lobus) yaitu belah paru atas, belah paru tengah dan belah paru bawah. Paru-paru kiri terbagi atas dua belah paru yaitu belah paru atas dan belah paru bawah.

L. Sistem Indra

Alat penglihatan terdiri atas bola mata, saraf penglihatan, dan alat-alat tambahan mata. Bola mata berbentuk bulat, hanya bidang depannya menyimpang dari bentuk bola sempurna karena selaput bening lebih menonjol ke depan, bagian ini lebih melengkung dari pada bagian lain bola mata. Titik pusat bidang depan dan bidang belakang dinamakan kutub depan dan kutub belakang. Garis penghubungnya adalah sumbu mata atau sumbu penglihat.

Bola mata dapat dibedakan dinding dan isinya. Dindingnya terdiri atas tiga lapis. Lapis luar adalah selaput keras, yang di depan beralih menjadi selaput bening. Lapis tengah dinamakan selaput koroid yang melapisi selaput keras dari dalam. Ke depan selaput koroid tidak mengikuti selaput bening. Di tempat peralihan selaput koroid dan selaput pelangi terdapat bentuk yang lebih tebal dan dikenal sebagai badan siliar. Di tengah selaput pelangi ada lubang yang disebut manik mata.

Alat pendengaran terdiri atas pendengar luar, pendengar tengah dan pendengar dalam. Pendengar luar terdiri atas daun telinga dan liang telinga luar. Daun telinga adalah sebuah lipatan kulit yang berupa rangka rawan kuping kenyal. Bagian luar liang telinga luar berdinding rawan, bagian dalamnya mempunyai dinding tulang. Ke sebelah dalam liang telinga luar dibatasi oleh selaput gendangan terhadap rongga gendangan. Pendengar tengah terdiri atas rongga gendangan yang berhubungan dengan tekak melalui tabung pendengar *Eustachius*. Rongga gendang memiliki tulang-tulang pendengar, yaitu martil, landasan dan sanggurdi. Martil melekat pada selaput gendangan dan dengan sebuah sendi kecil juga berhubungan dengan landasan. Landasan mengadakan hubungan dengan sanggurdi melekat pada selaput yang menutup tingkap jorong pada dinding dalam rongga gendangan.

M. Sistem Reproduksi

1. Alat Reproduksi Laki-Laki

Alat-alat reproduksi laki-laki dibagi atas bagian pembuat mani dan bagian penyalur mani. Bagian pertama berupa kelenjar kelamin, yaitu buah zakar yang membentuk sel-sel mani. Buah zakar kanan dan kiri tergantung di dalam sebuah lipatan kulit yang berbentuk kantong dan terletak di bawah tulang kemaluan yang dinamakan kantung buah zakar (*skrotum*). Pada sisi belakang setiap buah zakar terdapat anak buah zakar yang tergolong sebagai jalan penyalur.

Sel-sel mani keluar dari buah zakar dan masuk ke dalam anak buah zakar. Di sini sel-sel mani melalui suatu saluran halus yang berliku-liku dan di bagian bawah anak buah zakar beralih menjadi pipa mani, yang berjalan di depan tulang kemaluan ke atas, diiringi oleh nadi buah zakar dan anyaman pembuluh balik. Buah zakar, anak buah zakar dan tali mani diselubungi oleh beberapa kerudung dan juga selapis otot yang bernama otot pegantung yang dapat menarik buah zakar dan anak buah zakar ke atas.

2. Alat Reproduksi Perempuan

Alat-alat reproduksi perempuan terdiri atas indung telur, tabung rahim, rahim, liang senggama dan alat-alat kelamin luar. Indung telur berjumlah dua, terletak pada dinding sisi panggul kecil di sebelah kanan dan di sebelah kiri. Masing-masing indung telur tergantung pada beberapa ikat dan lipatan salut perut. Indung telur adalah kelenjar kelamin perempuan yang menghasilkan sel telur. Selubung sel telur yang terdiri atas sel-sel yang dinamakan folikel atau gelembung Graaf. Pada perempuan dewasa, folikel yang berkembang merupakan tonjolan pada permukaan indung telur, yang menyerupai permukaan buah srikaya. Setelah folikel masak, maka akan pecah sambil melemparkan ke luar sel telurnya yang kini terapung dalam rongga perut dan dikenal sebagai ovulasi.

N. Sistem Syaraf

1. Otak

Sistem saraf pusat adalah otak yang berkembang dari suatu struktur yang berbentuk bumbung. Pada bumbung tersebut dapat dilihat sebuah dasar, sebuah atap dan dua dinding sisi sebagai pembatas suatu terusan yang terletak di tengah. Dalam perkembangan selanjutnya pada beberapa tempat bumbung tadi menjadi tebal, sedangkan pada tempat-tempat lain dindingnya tetap tinggal seperti semula.

Di sebelah depan berkembang dua gelembung yang setangkup letaknya. Gelembung-gelembung ini kemudian menjadi kedua belahan otak besar. Di sebelah belakang terbentuk otak kecil, oleh karena itu atap bumbung di sini menjadi semakin tebal.

2. Sumsum Belakang

Sumsum belakang menyerupai batang kelubi yang penampangnya jorong. Letaknya dalam terusan tulang belakang antara rongga tengkorak dan daerah pinggang.

Penampangnya dari atas ke bawah semakin kecil, kecuali pada dua tempat, yaitu di daerah leher dan di daerah pinggang. Di tempat-tempat ini sumsum belakang agak melebar.

Tahukah Kamu ?

Apakah itu stem cell (sel punca)?

Tubuh manusia memiliki ratusan jenis sel yang berbeda yang penting untuk kesehatan kita setiap hari. Sel-sel ini bertanggung jawab untuk menjaga tubuh kita bekerja setiap harinya, seperti membuat jantung kita berdetak, otak kita berpikir, ginjal membersihkan darah, mengganti kulit yang terkelupas, dan seterusnya. Tugas khusus dari stem cell adalah untuk menciptakan berbagai jenis sel tersebut. *Stem cell* adalah sumber untuk sel-sel baru. Pada saat stem cell membelah, mereka dapat memperbanyak diri sendiri. Stem cell memiliki berbagai macam jenis. Contohnya, darah kita tercipta dari stem cell darah (dikenal juga sebagai *stem cell hematopoietik*). Namun, stem cell juga terdapat pada tahap terawal dari perkembangan manusia dan saat para ilmuwan menumbuhkan mereka, mereka disebut "*stem cell embrionik*". Stem cell embrionik bertugas membangun setiap organ dan jaringan di tubuh kita selama perkembangan manusia sehingga dapat berubah menjadi hampir semua ratusan jenis sel manusia lainnya. Stem cell embrionik secara alami dapat menciptakan darah, tulang, kulit, otak, jaringan dan organ yang tidak dibuat oleh stem cell dewasa. Secara alami stem cell memiliki tugas untuk menggantikan sel yang tua atau sakit, sehingga para ilmuwan menggagas berbagai ide untuk menggunakan stem cell sebagai terapi untuk pasien yaitu dengan memberi pasien stem cell atau sel terdiferensiasi yang terbuat dari stem cell, sehingga dapat menggunakan kemampuan alami sel untuk menyembuhkan pasien hingga sehat kembali. Sebagai contoh, apabila pasien memiliki serangan jantung, dengan memberi pasien sebuah transplantasi stem cell sebagai terapi, tujuan kita adalah untuk membuat stem cell yang ditransplantasi memperbaiki kerusakan di jantung. Stem cell yang dimiliki jantung sendiri tidak mampu untuk melaksanakan tugas memperbaiki kerusakan dari serangan jantung, tetapi transplantasi dari jutaan stem cell jauh lebih kuat. Sehingga, dengan memberikan pasien transplantasi stem cell, kita meningkatkan kemampuan tubuh untuk penyembuhan melebihi kapasitas dari stem cell yang terdapat secara alami yang jumlahnya terbatas. Stem cell memberikan peluang untuk menyembuhkan penyakit-penyakit utama yang dihadapi orang-orang, seperti kanker, tumor, diabetes tipe I, anemia, radang sendi, penyakit jantung, penyakit Parkinson, sklerosis, stroke, penyakit Huntington, cedera tulang belakang, dan banyak lagi.

Kerjakan tugas dibawah ini untuk mengetahui sejauh mana kalian memahami materi tentang organ dan fungsinya :

Coba sebutkan semua organ yang kalian miliki, dapatkah kalian menjelaskan fungsi dari masing-masing organ tersebut? Agar dapat lebih mudah dalam mempelajarinya coba gambarkan organ-organ tersebut dengan bagian-bagiannya. Setelah itu bandingkan hasil yang kalian peroleh dengan temanmu.

O. Rangkuman

1. Anatomi Tubuh Manusia terdiri atas berbagai sistem yaitu:

- Sistem Pencernaan
- Sistem Integumen
- Sistem Kekebalan Tubuh
- Sistem Endokrin
- Sistem Kardiovaskular
- Sistem limfatik
- Sistem Rangka
- Sistem Pernapasan
- Sistem Indra
- Sistem Reproduksi
- Sistem Syaraf

Latihan

Uji Kompetensi

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Berdasarkan atas bentuk dan ukurannya tulang dibagi menjadi....
 - a. tulang panjang, tulang pendek, tulang pipih, tulang tidak beraturan dan tulang sesamoid
 - b. tulang panjang, tulang pendek, tulang pipih,
 - c. tulang panjang, tulang pendek, tulang pipih, tulang tidak beraturan dan tulang sesamoid,
 - d. tulang panjang, tulang pendek,
 - e. tulang pipih, tulang tidak beraturan dan tulang sesamoid.
2. Darah dari tubuh bagian atas kembali ke jantung melalui :
 - a. vena cava inferior
 - b. vena cava superior
 - c. vena cava pulmonalis
 - d. vena cava limfatik
 - e. vena cava sistemik
3. Kejang pada tangan dan kaki, kesemutan dan sukar tidur disebabkan kekurangan hormon yang berasal dari kelenjar :
 - a. Adrenal
 - d. Paratiroid

- b. Tiroid
 - c. Hipofisis
 - e. Pankreas
4. Pertumbuhan gigi tetap menjadi lengkap setelah jumlah gigi menjadi
- a. 32
 - b. 30
 - c. 28
 - d. 20
 - e. 24
5. Sel sekretori pada Kelenjar lambung yang mengeluarkan prekursor utama enzim lambung, pepsinogen, adalah tipe .
- a. zymogenic,
 - b. parietal,
 - c. mucous
 - d. sinistral
 - e. Enterendocrine
6. Tulang metakarpal termasuk dalam tulang....
- a. pendek
 - b. panjang
 - c. pipih
 - d. tidak beraturan
 - e. Sesamoid
7. Organ tempat masuknya patogen pada sistem limfoid adalah
- a. kelenjar gondok, amandel, limpa, kelenjar getah bening
 - b. Peyer's patch dan usus buntu dan para-aorta
 - c. leher, axillae, selangkangan
 - d. sumsum tulang
 - e. kelenjar timus
8. Tulang ekor terdiri dari.....
- a. 1 ruas
 - b. 2 ruas
 - c. 3 ruas
 - d. 4 ruas
 - e. 5 ruas
9. Sel punca dapat digunakan untuk mengobati penyakit.....
- a. diabetes
 - b. mata
 - c. diare
 - d. paru-paru
 - e. usus
10. Ovarium, oviduk, uterus, tuba falopi adalah organ-organ yang menyusun sistem...
- a. Reproduksi
 - b. Koordinasi
 - c. Sirkulasi
 - d. Hormon
 - e. Respirasi

II. Jawablah Pertanyaan di Bawah Ini dengan Benar!

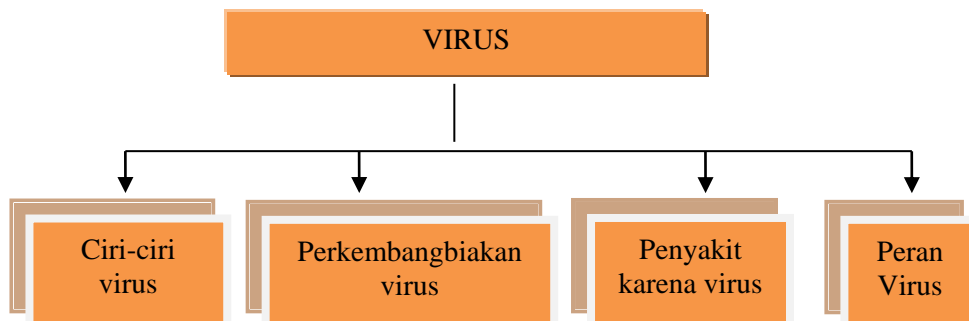
1. Jelaskan perbedaan sistem reproduksi pria dan wanita!
2. Bagaimanakah cara pengaturan produksi keringat?
3. Bagaimanakah cara sistem organ saling bekerja sama dalam menjalankan fungsinya?
4. Apakah semua sistem organ bekerja dalam waktu yang bersamaan?
5. Sistem organ manakah yang paling berpengaruh pada masa pertumbuhan seorang remaja?

BAB 5

VIRUS

Setelah mempelajari materi tentang virus diharapkan kalian dapat mendeskripsikan ciri-ciri virus; dapat mendeskripsikan replikasi virus; dan dapat mendeskripsikan peran virus dalam kehidupan kalian.

Peta Konsep

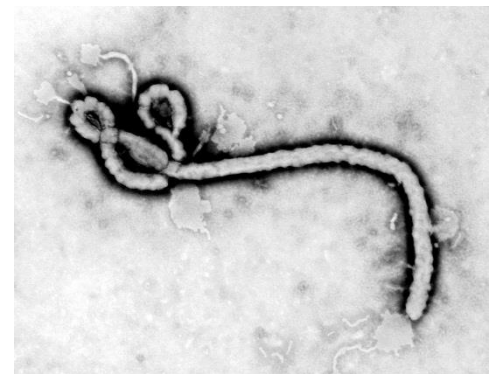


Kata kunci : virus, litik, dan lisogeni

Virus merupakan parasit sejati yang hanya mampu bereproduksi dengan cara memasuki dan memanfaatkan perangkat sel dalam tubuh inangnya. Hal ini dikarenakan virus tidak memiliki perlengkapan selular untuk bereproduksi sendiri. Tubuh virus terdiri dari selubung (semacam bahan pelindung) protein yang disebut kapsid dan asam nukleat yaitu DNA atau RNA saja. Ketika virus dikristalkan, virus

mirip benda tak hidup. Namun, jika dimasukkan ke dalam lingkungan yang cocok, virus akan hidup kembali. Istilah virus biasanya merujuk pada partikel-partikel yang menginfeksi sel-sel eukariota (organisme multisel dan banyak jenis organisme sel tunggal). Adapun istilah yang digunakan untuk jenis yang menyerang jenis-jenis sel prokariota (bakteri dan organisme lain yang tidak berinti sel) disebut *bakteriofag* atau *fag*.

Virus sering diperdebatkan statusnya sebagai makhluk hidup karena ia tidak dapat menjalankan fungsi biologisnya secara bebas. Karena karakteristik khasnya ini virus



Sumber: <http://edition.cnn.com/2014/>
Gambar 5.1 Virus Ebola pada pengamatan menggunakan mikroskop TEM.

selalu terasosiasi dengan penyakit tertentu, baik pada manusia (virus influenza dan HIV), hewan (virus flu burung), atau tanaman (virus mosaik tembakau/TMV).

A. Ciri-Ciri Virus

Sejarah penemuan virus berawal dengan penemuan mikroskop pada tahun 1632 oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Belanda, Antony Van Leewenhoek. Penemuan mikroskop ini kemudian mendorong penelitian-penelitian serupa tentang objek-objek yang tidak kasat mata, yaitu berukuran mikro dan sangat kecil. Bagi ilmuwan pada masa itu, hal ini menjadi sebuah kegemaran tersendiri. Semakin berkembangnya pemutakhiran susunan lensa dan teknik pembesaran, mikroskop kemudian memiliki kemampuan pembesaran hingga 1.000 kali ukuran asli (mikroskop cahaya) dan 10.000 kali ukuran asli (mikroskop elektron). Sehingga para ilmuwan di masa itu semakin mudah dalam menemukan dan mengidentifikasi jasad mikro yang ukurannya jauh lebih kecil dari sel, bakteri, jamur, dan hal ini pula yang membuka jalan bagi sejarah baru dalam penemuan virus. Cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang virus disebut dengan *virologi*.

Penemuan virus pertama kali pada tahun 1886 saat Adolf Meyer menemukan suatu penyakit yang menyerang tanaman tembakau, ditandai daunnya berbintik-bintik (*mosaik*) kekuningan. Daun yang terinfeksi kemudian diekstrak dan disemprotkan ke daun tembakau yang sehat, ternyata daun yang sehat dapat tertulari penyakit tersebut. Selanjutnya tahun 1892 Dmitri Ivanowsky melakukan penyaringan getah tanaman tembakau menggunakan filter lalu dioleskan pada daun tanaman yang sehat, ternyata tanaman yang sehat menjadi tertular juga. Organisme tersebut tidak dapat ditumbuhkan dalam medium bakteri. Kesimpulan mereka, organisme yang menyerang tanaman tembakau adalah patogen yang berukuran sangat kecil atau zat kimia yang diproduksinya dan lolos dari penyaringan. Pada tahun 1898 Martinus Beijerinck, selanjutnya menemukan bahwa organisme yang menyerang tembakau hanya dapat berkembang biak kembali dalam tanaman tembakau. Beijerinck menamai organisme tersebut dengan "virus". Ilmuwan Amerika, Wendell Stanleika pada tahun 1935 berhasil mengkristalkan partikel penyebab penyakit bintik kuning yang menyerang tembakau dan diberi nama Tobacco Mosaic Virus (TMV).



Sumber :
<http://materiviruskelasx.blogspot.co.id/>
Gambar 5.2 Virus pada Tembakau

Infeksi virus yang baru-baru ini muncul dan menjadi wabah adalah penyakit yang ditularkan oleh nyamuk Aedes disebabkan oleh virus Zika. Virus Zika anggota genus Flavivirus, terkait dengan demam dengue, demam kuning, encephalitis, dan virus West Nile. Virus Zika berbentuk ikosahedral dan memiliki materi genetik RNA untai tunggal. Para dokter di beberapa negara mengatakan virus Zika terkait dengan penyakit saraf langka, yaitu *Sindrom Guillain-Barre*, yang bisa menimbulkan lumpuh sementara. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia Virus, berdasarkan penelitian terbaru Zika juga mempunyai keterkaitan dengan hasil kehamilan yang merugikan (*mikrosefali*) dan komplikasi saraf otak serta penyakit autoimun seperti sindrom Guillain-Barré (*Guillain-Barré syndrome-GBS*). Mikrosefali adalah bayi yang lahir dengan memiliki lingkaran kepala yang lebih kecil dari ukuran lingkaran kepala yang normal dan yang paling dikhawatirkan bisa memengaruhi perkembangan otak si bayi. Cara penularan Virus Zika terutama ditularkan pada manusia melalui gigitan nyamuk *Aedes Aegypti* yang terinfeksi. Spesies lain dari nyamuk Aedes seperti *Aedes Albopictus* yang banyak berada di daerah setempat juga dianggap sebagai perantara potensial.

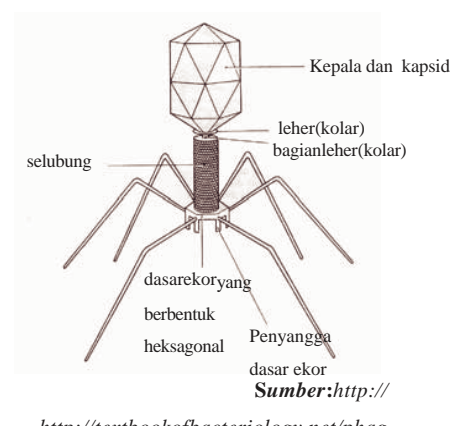
Beberapa tahun setelah penemuan Avery, banyak muncul bukti kuat bahwa DNA merupakan materi genetik pada beberapa organisme. Bukti terkuat itu diperoleh dari penelitian mengenai virus. Pada tahun 1952, Alfred Hershey dan Martha Chase melakukan beberapa percobaan pada bakteriofage (atau disingkat Fag). Virus yang menyerang bakteri.

Sebagian besar virus membawa sekitar lima puluh materi genetik di dalam selubung protein, meskipun beberapa virus hanya memiliki tiga dan ada pula yang tiga ratus. Virus merupakan penyebab beberapa penyakit pada manusia, hewan, maupun tumbuhan.

Menurut keadaan fisiknya benda dibedakan menjadi dua macam yaitu benda mati (abiotik) dan benda hidup (biotik). Biotik dapat melakukan metabolisme di antaranya nutrisi, sintesis, ekskresi, reproduksi, regulasi, respon terhadap rangsang. Adapun abiotik tidak dapat melakukan hal tersebut.

INFO
(kebenarankonsep)

- Virus dicirikan: aseluler, dapat dikristalkan, hanya dapat berkembangbiak di dalam sel hidup.
- Reproduksi virus dapat secara litika atau lisogenik.
- Virus dapat dimanfaatkan untuk pembuatan vaksin, guna merangsang terbentuknya anti bodi organisme yang di masuki vaksinasi.



Gambar 5.3 Struktur Bakteriofag

Berdasarkan ciri tersebut virus dikategorikan sebagai bentuk peralihan antara benda mati dengan makhluk hidup. Mengapa demikian? Virus oleh para ilmuwan dikatakan sebagai benda mati, jika virus tersebut di luar sel hidup. Namun, jika virus mendapatkan tempat pada sel hidup atau organisme, virus akan menunjukkan aktivitas layaknya sel hidup, yaitu mampu bereproduksi sehingga dapat bertambah banyak.

Ciri-ciri virus adalah sebagai berikut:

1. Tidak memiliki bentuk sel (*aseluler*).
2. Ukurannya antara (20–300) milimikron.
3. Memiliki satu macam asam nukleat saja yaitu ADN (*asam deoksiribonukleat*) atau ARN (*asamribonukleat*).
4. ADN (*asamdeoksiribonukleat*) atau ARN (*asamribonukleat*) berbentuk linier (seperti garis) atau sirkuler (lingkara)
5. ADN (*asamdeoksiribonukleat*) atau ARN (*asamribonukleat*) dapat berupa rantai tunggal atau rantai ganda
6. Berupa kristal dengan bentuk yang bervariasi; oval, memanjang, silindris, kotak dan lain-lainnya.
7. Tubuhnya tersusun atas kepala, kulit selubung (kapsid) berisi AND atau ARN, dan serabutekor.

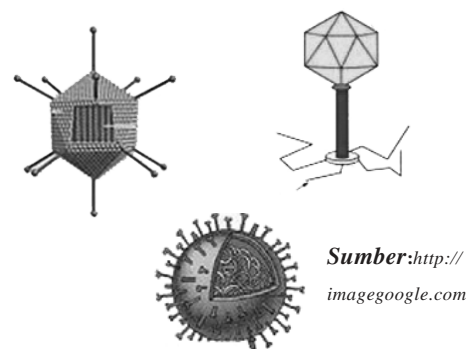
Sebagai contoh kita akan mempelajari morfologi dan struktur dari Bakteriofag, yaitu virus yang mampu menyerang bakteri *Escherichiacoli*. Tubuh Bakteriofag tersusun atas tiga bagian yaitu kepala, isi tubuh, dan ekor.

a. Kepala dan kapsid

Bagian ini dibungkus oleh selubung protein yang disebut kapsid, sebagai pemberi bentuk tubuh virus sekaligus pelindung bagi materi genetik yang dimilikinya. Kapsid berupa selubung yang terdiri dari monomer identik yang masing- masing terdiri atas rantai polipeptida.

b. Isi tubuh

Tubuh virus tersusun atas materi genetik atau molekul pembawa sifat-sifat yang dapat diwariskan berupa ADN atau ARN. Virus dengan ADN antara lain: *Papova virus*, *Herpes virus*, *Adeno virus*, dan *Pox virus*. Virus yang berisi ARN antara lain: *Paramyxo*



Gambar 5.4 Berbagai bentuk jenis virus

Sumber: <http://imagegoogle.com>

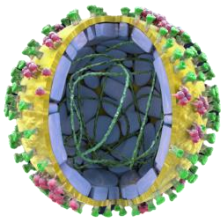

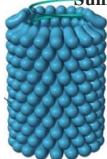
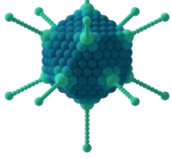
virus, Rhabdo virus, Reovirus, Picorna virus, dan Toga virus. Tubuh virus tidak memiliki organel-organel sel seperti mitokondria, ribosom dan lain-lainnya.

c. Ekor

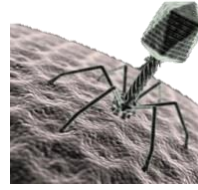
Ekor merupakan alat untuk kontak ke tubuh organisme yang diserangnya. Ekor terdiri atas tabung bersumbat yang dilengkapi dengan serabut-serabut atau benang-benang. Bentuk virus bervariasi, seperti gambar di samping.

Meskipun virus tersusun atas struktur tubuh yang sama, ternyata virus juga memiliki bentuk tubuh yang sangat bervariasi. Sedikitnya ada 5 jenis bentuk tubuh virus yang telah berhasil diidentifikasi oleh para ilmuwan. Jenis-jenis bentuk virus tersebut antara lain oval, bulat, batang, polihedral, dan huruf T. Perhatikan tabel 5.1 berikut!

Tabel 5.1 Variasi bentuk virus.

Bentuk	Contoh Virus	Gambar
Bulat	virus-virus penyebab penyakit Zika, HIV AIDS, ebola, flu babi dan influenza.	 <p>Sumber:scientificanimations.com, 2015</p>
Oval	virus penyebab penyakit rabies	 <p>Sumber:Wikipedia.org, 2016</p>
Batang	virus TMV (Tobacco Mosaic Virus).	 <p>Sumber:drkhaninamagha.blogspot.com, 2016</p>
Polihedral	virus Adenovirus penyebab demam, virus flu babi.	 <p>Sumber:Wikipedia.org, 2016</p>

Huruf T bakteriofag, virus menyerang bakteri *E. coli*.

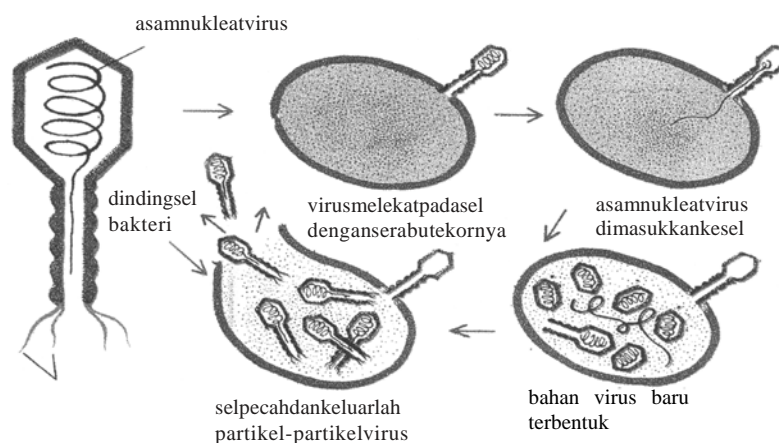


Sumber: *experience.ru*, 2016

B. Perkembangbiakan Virus

Sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa virus bersifat sangat spesifik yaitu virus hanya dapat bereproduksi didalam sel hidup atau jaringan hidup atau sel inangnya, misalnya didalam jaringan embrio, jaringan tumbuhan maupun didalam jaringan hewan dan manusia. Bahan-bahan yang diperlukan untuk membentuk bagian-bagian virus baru diperoleh dari sitoplasma sel yang ditempatinya. Proses perkembangbiakan virus disebut dengan istilah replikasi. Proses replikasi ini dimulai sejak kontak dilakukan virus dengan sel inang hingga terbentuknya virus-virus baru pada tahap akhir. Hal ini telah berhasil diteliti oleh para ahli di bidang biologi. Perhatikan proses reproduksi virus pada Gambar 5.4.

Reproduksi virus dapat dilakukan melalui 2 siklus, yaitu siklus litik dan siklus lisogenik. Apa itu siklus litik dan lisogenik itu? Perhatikan dua siklus reproduksi bakteriofag yang menginfeksi sel inangnya yaitu bakteri sebagai berikut!



Sumber: *Ensiklopedi Sains dan Kehidupan*, 2003

Gambar 5.5 Reproduksi virus Bakteriofag

1. Siklus Litik (*Lisis*)

Siklus litik adalah siklus pada reproduksi atau replikasi virus yang menyebabkan kematian sel inang pada akhir prosesnya. Istilah litik, mengacu pada fase pelepasan virus di akhir proses replikasi, di mana virus keluar dari sel inang dengan membuat sel inang

pecah dan hancur (lisis). Virus-virus yang hanya dapat mereplikasi dirinya melalui siklus litik disebut virus *virulen*. Berikut ini tahapan reproduksi virus yang dilakukan selama siklus litik terjadi.

a. Fase Adsorpsi

Penempelan virus pada sel inang bersifat spesifik, yaitu hanya dapat dilakukan oleh virus tertentu sehingga jenis virus lain tidak dapat melakukannya. Pada fase ini, virus mulai menempel pada dinding sel melalui serabut protein pada ekornya. Penempelan virus dapat terjadi hanya jika virus memiliki daerah tertentu pada ujung ekornya yang disebut *reseptor*. Virus hanya menempel pada dinding sel yang mengandung protein khusus yang dapat ditempel protein virus. Setelah menempel, enzim lisozim kemudian akan dikeluarkan virus untuk menghancurkan dinding sel sehingga virus dapat masuk ke dalam sel tersebut.

b. Fase Penetrasi

Fase penetrasi dikenal juga dengan fase injeksi atau penginfeksian. Fase ini dilakukan setelah dinding sel inang hancur. Materi genetik virus (DNA atau RNA) akan masuk ke dalam sel inang melalui penambatan lempeng ujung, kontraksi, dan penusukan pasak. Bagian tubuh virus yang masuk ke dalam sel inang hanyalah asam nukleatnya saja. Kapsid akan tetap ada di luar dinding sel dan akan terlepas dengan sendirinya setelah tidak berguna lagi.

c. Fase Sintesis

Fase sintesis atau fase pembentukan menyebabkan sintesis DNA inang berhenti. DNA inang kemudian digantikan oleh DNA virus, sehingga DNA virus mengendalikan secara penuh kehidupan dari sel inang tersebut. Pada fase inilah virus mereplikasi dirinya secara berulang. DNA virus mengendalikan sintesis DNA dan protein sel inang untuk kemudian dijadikan kapsid virus baru. Pada fase ini enzim lisozim disintesis kembali. Selain dapat menghancurkan dinding sel, enzim lisozim juga dapat menghancurkan DNA sel inang pada fase lisis nantinya. Akhir dari fase ini adalah terbentuk bagian-bagian tubuh virus yang masih harus dirakit kembali agar dapat membentuk satuan tubuh yang utuh.

d. Fase Perakitan

Di fase Perakitan ini, bagian tubuh virus antara kepala, ekor, dan serabut ekor yang masih terpisah-pisah akan mengalami perakitan menjadi sebuah kapsid yang utuh. Kapsid utuh yang terbentuk kemudian diisi oleh DNA atau RNA virus sehingga proses

reproduksi virus berhasil menciptakan virus baru. Pada fase ini, virus yang dihasilkan bisa mencapai 100-200 buah.

e. Fase Lisis

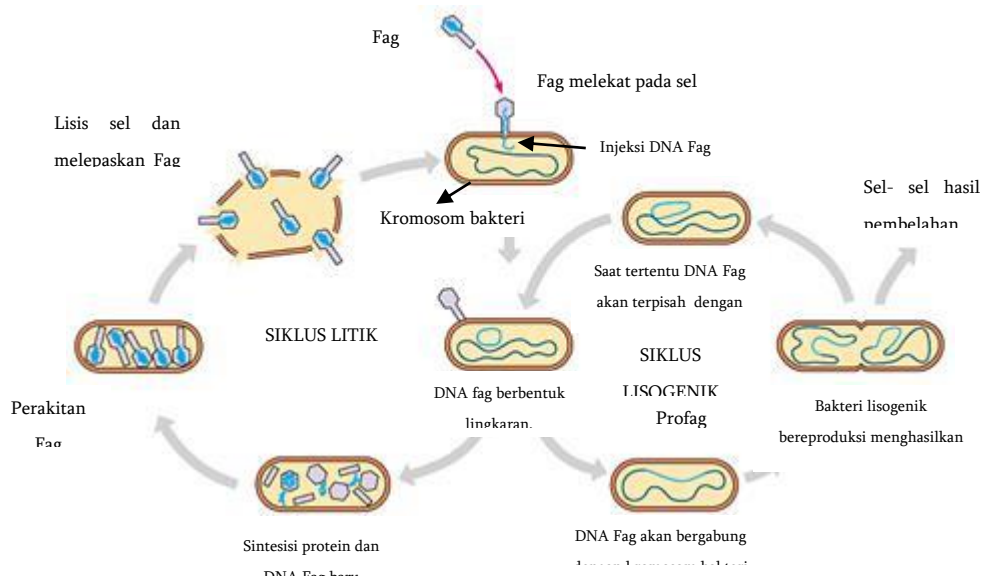
Fase lisis merupakan fase di mana dinding sel inang dipecah dan kemudian diikuti oleh pelepasan virus-virus baru yang telah siap untuk melakukan replikasi ulang pada sel inang baru. Proses pelepasan virus baru dalam fase ini dapat kita amati menggunakan mikroskop gelap. Pada fase ini enzim lisosom yang telah disintesis berperan secara simultan untuk membuat dinding sel pecah di akhir fase reproduksi virus.

2. Siklus Lisogenik

Siklus lisogenik adalah siklus reproduksi atau replikasi virus yang tidak menyebabkan kematian bagi sel inang yang diinfeksi virus diakhir proses reproduksinya. Setelah fase adsorpsi dan injeksi, DNA virus akan berintegrasi (menyisip) ke dalam kromosom bakteri kemudian membentuk *profag*. Sintesis DNA bakteri tidak dapat langsung dilakukan virus karena bakteri masih mempunyai imunitas. Setelah imunitas bakteri hilang, barulah DNA virus dapat mengendalikan DNA bakteri. Pada tahapan ini, proses replikasi virus akan terjadi seperti siklus litik bedanya DNA virus tidak mengambil alih sel bakteri melainkan menyisip di antaranya dan ikut membelah bersama bakteri. Berikut adalah fase reproduksi virus melalui siklus lisogenik.

- a. Fase absorpsi dan infeksi terjadi dimana virus menempel pada dinding sel inang.
- b. Fase penetrasi atau injeksi terjadi dimana fag virus masuk ke dalam sel bakteri.
- c. Fase penggabungan, terjadi saat DNA virus dan DNA bakteri bergabung membentuk suatu profag.
- d. Fase replikasi terjadi saat sel bakteri yang terinfeksi tersebut membelah. Sel bakteri yang membelah akan menghasilkan dua sel bakteri yang masing-masing mengandung profag. Semakin sering bakteri melakukan pembelahan sel, maka akan semakin banyak pula virus yang dihasilkan. Setelah fase ini berakhir virus akan mengalami fase sintesis, perakitan dan kemudian lisis yang juga terjadi pada fase litik.

Beberapa virus dapat mengubah siklus hidupnya dengan berubah antara siklus litik menjadi lisogenik seperti Virus Herpes Simpleks I pada Gambar dibawah ini.



Sumber : Copyright 2003@Pearson Education Cumming Inc., Publishing as Benjamin Cummings
Gambar 5.6. Siklus litik dan lisogenik Virus Herpes Simpleks I

Secara umum terdapat perbedaan antara siklus reproduksi virus secara litik dan lisogenik. Perbedaan - perbedaan siklus litik dan lisogenik tersebut antara lain seperti dijelaskan pada tabel di bawah ini.

Siklus Litik	Siklus Lisogenik
Sel inang akan mengalami kematian pada akhir siklus replikasi virus.	Sel inang tidak akan mengalami kematian pada akhir siklus replikasi virus karena ia mempunyai virulensi.
Terdiri atas 5 tahapan proses, yaitu adsorpsi, injeksi, sintesis, perakitan, dan litik.	Terdiri atas 7 tahapan proses, yaitu adsorpsi, injeksi, penggabungan, pembelahan, sintesis, perakitan, dan litik.
Bersifat non virulen, artinya masuknya DNA virus pada sel hidup tidak akan diikuti dengan pembentukan virus-virus baru.	Bersifat virulen, artinya masuknya DNA virus pada sel hidup akan selalu diikuti dengan pembentukan virus-virus baru.
Waktu reproduksi relatif singkat.	Waktu reproduksi relatif lama.
Daur litik tidak bisa berubah menjadi daur lisogenik meskipun sel inangnya mengalami kematian.	Daur lisogenik bisa berubah menjadi daur litik bila virulensi sel inangnya hilang.
Reproduksi berlangsung secara tidak terikat pada kromosom inang (bebas).	Reproduksi terikat pada kromosom inang.
DNA virus menghancurkan DNA sel inang dan	DNA virus berkolaborasi dan menyatu dengan

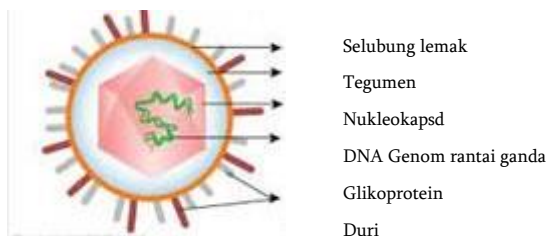
mengambil kendali atas fungsi sel sehingga dengan mudah menghancurkan sel.	DNA sel sehingga tidak merusak sel.
Virus mereplikasi dirinya dalam keturunan sel inang.	Virus mereplikasi dirinya tapi tidak dalam keturunan sel inang.
Infeksi virus berlangsung dan menghasilkan keturunan virus yang ganas (virulent).	Infeksi virus berlangsung menghasilkan keturunan virus dengan tingkat bahaya sedang.
Ada gejala infeksi virus pada sel inang.	Tidak ada gejala infeksi virus pada sel inang.

C. Penyakit yang Disebabkan oleh Virus

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa penginfeksi virus pada umumnya bersifat khusus. Virus merupakan parasit obligat yang kemudian juga menyebabkan beberapa penyakit pada manusia juga berpotensi sebagai sel inangnya. Adapun penyakit-penyakit pada manusia sebagai berikut : Penyakit yang Disebabkan oleh Virus pada Manusia

1. Penyakit Cacar Air

Penyakit Cacar air disebabkan infeksi virus *Varicella-zoster* yang berbentuk bulat. Virus tersebut hidup pada manusia dengan materi genetik DNA rantai ganda dan siklus hidup litik. Umumnya ia hanya mengidap sekali selama hidup manusia namun kadang dapat muncul kembali pada kondisi neurologis tertentu. Serangan cacar air ditandai dengan adanya gejala pilek, demam, lemah, lesu, letih, dan munculnya ruam kemerahan berisi cairan. Hindari memecahkan gelembung cacar air hal tersebut akan menyebabkan banyak bekas luka di kulit. Cacar air merupakan penyakit menular sehingga untuk sementara penderita perlu dipisahkan dari orang lain, agar penyakit yang disebabkan oleh virus ini tidak menular. Penyebaran penyakit terjadi melalui pernapasan. Perawatan kesehatan badan diperlukan agar kulit tetap bersih dan terhindar dari perkembangbiakan kuman.



Sumber: <https://www.google.co.id/imgres/www.medindia.net/varicella-zoster-virus.jpg>

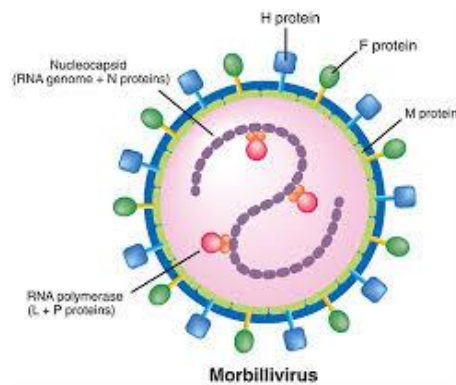


Sumber. <https://www.google.co.id/imgres/varicella-zoster>

Gambar 5.7. Virus Varicella-zoster

2. Campak (*Morbili*)

Penyakit campak disebabkan oleh *Morbillivirus*. Virus campak termasuk dalam paramyxovirus Virus tersebut



Sumber : <https://www.google.co.id/imgres/data image.jpeg>



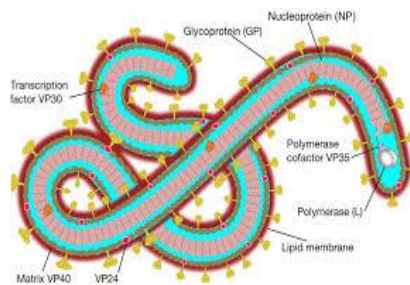
Sumber : <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images>

Gambar 5.8. Virus Morbillivirus

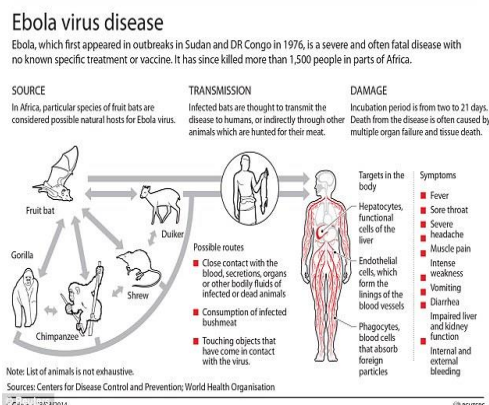
Hidup pada manusia dengan materi genetik RNA rantai tunggal dan siklus hidup litik. Masa inkubasi virus ini 7 sampai 11 hari, dengan gejala demam, bersin, batuk, pilek, mata merah, dan timbul ruam bercak coklat pada kulit. Campak ditularkan melalui pernafasan dan air ludah. Campak bersifat endemik yang dapat berulang setiap 2-3 tahun. Pencegahan penyakit campak dilakukan dengan pemberian vaksin.

3. Ebola

Virus ebola adalah anggota Ebolavirus. Materi genetik virus Ebola adalah RNA berbentuk garis, rantai tunggal dengan siklus hidup litik. Pertama kali ditemukan berasal dari Afrika Tengah tahun 1976 dengan inang hewan liar dan menjadi wabah pada tahun 2014. Virus tersebut ditularkan ke manusia melalui cairan tubuh. Virus ebola menyerang sel darah putih makrofag, jaringan fibroblas, yang selanjutnya menyebar ke organ-organ tubuh. Penderita umumnya akan mengalami pendarahan muntah, demam, diare, dan tidak akan bisa diselamatkan dalam waktu 12 hari. Pengobatan yang diberikan berupa vaksin yang dibuat pada tahun 2014-2015 dan sampai saat ini masih dalam tahap pengujian.



Sumber: Journal.frontiersin.org
Gambar 5.9. Virus Ebola



<http://www.lumibyte.eu/wp-content/uploads/Ebola-Virus-Source-transmission-symptoms.jpg>

Gambar 5.10. Penemuan dan Penyebaran Virus Ebola melalui beberapa hewan perantara sampai ke tubuh manusia

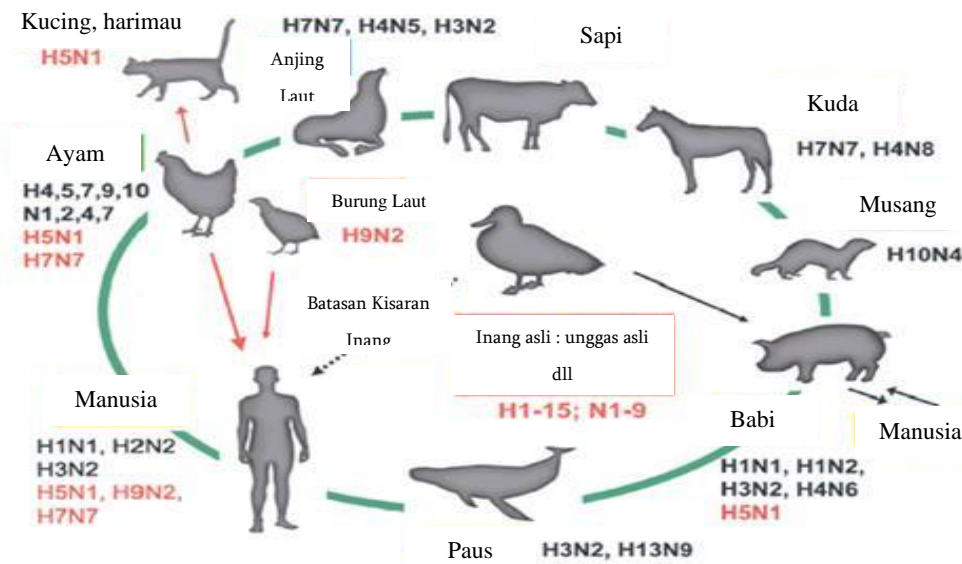
4. Flu Burung

Penyakit flu burung atau *avian influenza (AI)* pada manusia merebak pada tahun 2006 di Indonesia dan disebabkan oleh HPAIV (*Highly Pathogenic Avian Influenza Virus*) yang pada awalnya hanya menyerang unggas. Namun, beberapa varian tertentu mengalami mutasi menjadi semakin ganas dan dapat menyerang babi dan manusia. Virus AI adalah anggota *Orthomyxovirus* dengan materi genetik adalah RNA rantai tunggal dan mempunyai siklus hidup litik.

Virus Influenza terdiri dari tiga tipe A, B, dan C. Virus Avian Influenza termasuk dalam tipe A.

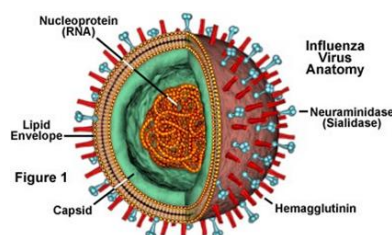
Terdapat beberapa subtipe Virus AI yang menginfeksi manusia yaitu H5N1, H7N3, H7N7, H7N9, and H9N2. Penyebab flu burung adalah kelompok virus tipe A dengan subtipe (*strain*) H5NI yang sangat ganas virus ini berukuran 90-120 nanometer dan termasuk famili *Orthomyxoviridae*. Penularan terjadi melalui kotoran dan cairan tubuh, kontak permukaan badan dari hewan yang terinfeksi.

Masa inkubasi virus dalam tubuh inang antara 1-7 hari, dengan gejala seperti demam, sakit tenggorokan, batuk, keluar lendir bening.



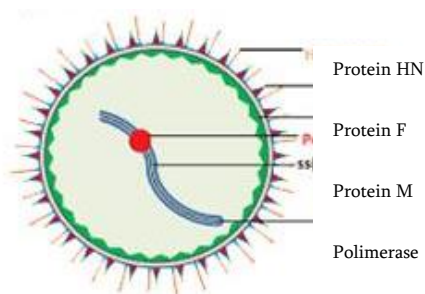
Sumber : <http://www.medicalecology.org/diseases/influenza/6-7.gif>

Gambar 5.11. Penemuan dan Penyebaran Virus Ebola melalui beberapa hewan perantara sampai ke tubuh manusia



Sumber : http://thehealingcenteroflakeview.com/image/34418923_scaled_0x0.jpg

Gambar 5.12. Virus Avian Influenza



Sumber : <https://www.google.co.id/imgres/mumps-virus-structure-and-function.html>

Gambar 5.11. Virus Mumps

Dari hidung, nyeri otot, sakit kepala, lemas, sesak napas, dan radang paru-paru (*pneumonia*). Penyakit ini dapat menyebabkan kematian. Virus AI dapat bertahan di air selama 4 hari pada suhu 22°C dan bertahan lebih dari 30 hari pada suhu 0°C. Pembasmian virus AI dapat dilakukan dengan memasak daging pada suhu di atas 60 °C derajat celcius selama 30 menit.

5. Gondongan

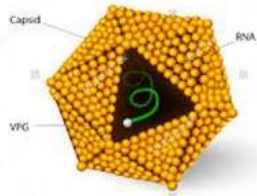
Tahukah kalian bahwa gondongan disebabkan tubuh yang terjangkit virus? *Parotitis* atau gondongan atau *Mumps* adalah peradangan dan pembengkakan kelenjar ludah akibat infeksi virus. Peradangan dapat terjadi pada salah satu atau kedua kelenjar ludah yang terletak di rongga mulut bagian belakang dekat rahang, sebelah kiri dan kanan.

Penyakit gondongan akan menyebabkan rasa nyeri ketika menelan makanan yang sifatnya asam. Gondongan adalah anggota Rubulavirus. Virus Mumps mempunyai materi genetik adalah RNA rantai tunggal dan linier serta mempunyai siklus hidup litik. Pengobatan dilakukan menggunakan vaksin.

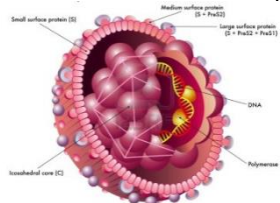
6. Hepatitis

Hepatitis atau sakit kuning atau liver adalah penyakit gangguan fungsi hati dan saluran empedu yang dapat menyebabkan kematian. Hepatitis disebabkan beberapa virus, jenis penyakit ini dibedakan menjadi hepatitis A, B, C, D, dan E. Virus hepatitis umumnya mempunyai siklus hidup litik. Virus Hepatitis A,C,E mempunyai materi genetik RNA rantai tunggal dan linier. Virus Hepatitis B mempunyai materi genetik DNA dan sirkuler. Virus Hepatitis D mempunyai materi genetik RNA dan sirkuler. Penyakit hepatitis A disebabkan oleh virus HAV dari genus *Heparnavirus*. Penyakit hepatitis B disebabkan virus HBV dari genus *Orthohepadnavirus*. Penyakit hepatitis C disebabkan oleh virus HCV dari genus *Hepacivirus*. Penyakit hepatitis D disebabkan oleh virus HDV

dari genus *Deltavirus*. Penyakit hepatitis E disebabkan oleh virus HEV dari genus *Herpesvirus*. Penderita umumnya memiliki gangguan metabolisme, autoimun, terlalu banyak obat-obatan dan alkohol.



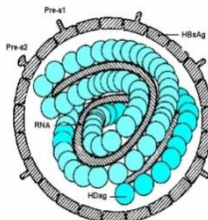
Sumber : <http://image.shutterstock.com/z/stock-vector-hepatitis-a-virus--210847870.jpg>



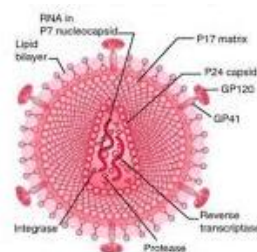
Sumber : <http://static1.squarespace.com/static/>



Sumber : <https://liver-doctor-main-healthdirection.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2012/10/hep-c-virus-labelled1.jpg>

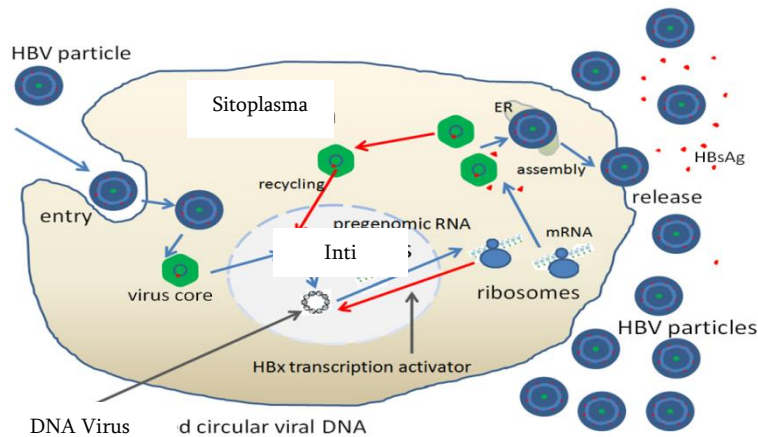


Sumber : <http://image.slidesharecdn.com/hepatitispptfinal-111218112648-phpapp01/95/hepatitis-ppt-final-59-728.jpg?>



Sumber : <http://image.slidesharecdn.com/hepatitistyped-g-140226074435-phpapp02/95/hepatitis-type-d-e-f-g-9-638.jpg?>

Gambar 5.13. Virus Hepatitis A, B, C, D, E(atas ke bawah)



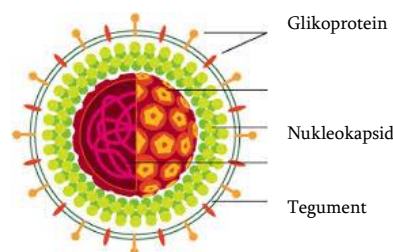
Sumber : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/HBV_replication.png

Gambar 5.14. Siklus hidup virus Hepatitis B

7. Penyakit Herpes

Herpes adalah penyakit infeksi pada sel epitel. Penyakit ini disebabkan infeksi virus herpes simpleks. Virus herpes mempunyai siklus hidup litik dengan materi genetik DNA rantai ganda. Penyebab penyakit herpes adalah virus herpes simpleks (HSV-1 dan HSV-2). Umumnya herpes simpleks HSV-1 menyerang bagian kulit, mulut, sedangkan herpes simpleks (HSV-2) menyerang alat kelamin. Herpes HSV-1 dapat pula menyerang alat kelamin. Serangan herpes ditandai adanya ruam kemerahan dan gelembung berisi cairan pada kulit. Herpes dapat menular lewat kontak langsung, batuk, bersin, atau karena terkena cairan herpes. Herpes juga disebut dengan demam lepuh.

Cara utama untuk menangani herpes adalah dengan menjaga agar gelembung cairan herpes tidak pecah supaya kuman atau bakteri tidak masuk ke dalam jaringan kulit.

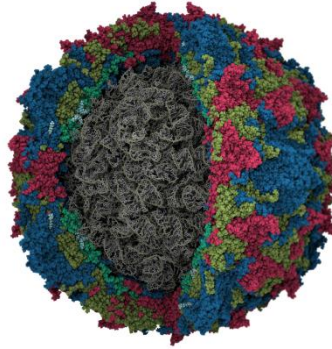


Sumber : <https://naturalishistoria.files.wordpress.com/2014/06/herpes-simplex-virus-structure-capsule-1-and-2.jpg>

Gambar 5.15. Virus Herpes

8. Penyakit Polio

Penyakit polio disebabkan oleh infeksi virus Polio anggota *Picornavirus*. Virus tersebut mempunyai bentuk ekosahedral, mempunyai materi genetik RNA rantai tunggal, linier dan siklus hidupnya adalah siklus litik.



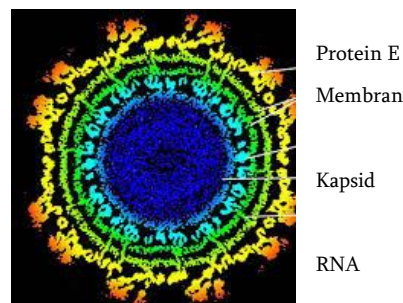
Sumber : http://www.virology.ws/wp-content/uploads/2012/12/Formal_EV_Colouring-noShadow_light_smlr.jpg

Gambar 5.16. Virus Polio

Virus polio menyebar melalui kontaminasi tinja pada makanan atau sumber air. Infeksi virus ini pada jaringan syaraf dapat mengakibatkan kelumpuhan pada kaki dan bagian-bagian tubuh lainnya. Balita yang berusia 3-5 tahun sangat rentan terhadap penyakit ini, oleh karena itu imunisasi perlu dilakukan agar sistem kekebalan tubuhnya semakin kuat menghadapi serangan penyakit yang disebabkan oleh virus ini.

9. Chikungunya

Chikungunya ditemukan pertama kali pada tahun 1952 di Tanzania. Penyakit ini disebabkan oleh virus chikungunya yang ditularkan nyamuk *Aedes aegypti*. Gejala yang dirasakan oleh penderita nyeri hebat pada persendian tangan dan kaki hingga menyebabkan kelumpuhan sementara.

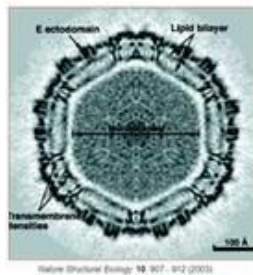


Sumber : data:image/jpeg;base64

Gambar 5.17. Virus Chikungunya

10. Demam Berdarah

Demam berdarah atau demam dengue (disingkat DBD) adalah infeksi yang disebabkan oleh virus dengue anggota dari *Flavivirus*. Virus tersebut mempunyai materi genetik RNA rantai tunggal, dan siklus hidupnya adalah siklus litik. Terdapat empat jenis virus dengue. Apabila seseorang telah terinfeksi satu jenis virus, biasanya dia menjadi kebal terhadap jenis tersebut seumur hidupnya. Namun perlindungan dari tiga jenis virus lainnya dalam waktu singkat saja. Masalah serius akan terjadi jika terkena satu dari tiga jenis virus tersebut.



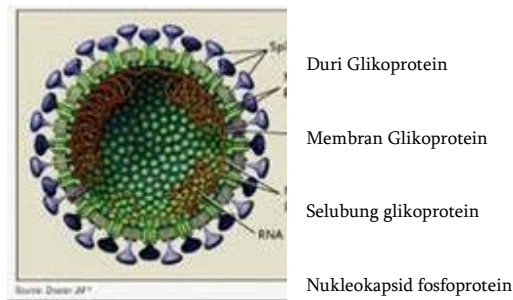
Sumber : http://images.slideplayer.com/39/10857862/slides/slide_8.jpg

Gambar 5.18. Virus Dengue

Belum ada vaksin yang dapat mencegah seseorang terkena demam dengue. Orang-orang dapat melindungi diri mereka dari nyamuk *Aedes aegypti* dan meminimalkan jumlah gigitan nyamuk. Demam berdarah ditandai dengan gejala tubuh mengigil dan sakit kepala. Rasa sakit segera timbul, khususnya juga pada punggung, sendi, otot, dan bola mata. Suhu badan kembali normal setelah 5-6 hari dan meningkat kembali sekitar 5-8 hari kemudian. Bercak-bercak merah akan timbul selama 24-72 jam. Kadar trombosit dalam darah menurun dan dapat terjadi pendarahan yang menyebabkan kematian apabila tidak ditangani dengan cepat. Demam berdarah adalah penyakit dengan epidemi (wabah) di Filipina, India, dan Indonesia dengan angka kematian 5-10%.

11. SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome)

SARS adalah penyakit yang disebabkan oleh virus SARS. Penyakit SARS menyebabkan gangguan akut pada saluran pernapasan dan dapat menyebabkan kematian. Cara penularan melalui udara. Gejalanya antara lain demam tinggi hingga lebih dari 38 derajat celsius, mengigil, lesu, sakit kepala, nyeri otot, batuk kering, dan sesak napas yang akan mengakibatkan penderita kekurangan oksigen.



Gambar 5.19. Virus SARS

SARS pertama kali terjadi di daerah Guangzhou (China Selatan), yang kemudian menyebar di Hongkong, Taiwan, Malaysia, Indonesia, Singapura, dan Vietnam

12. MERS

MERS (*Middle East Respiratory Syndrome*) adalah penyakit saluran pernapasan yang disebabkan oleh virus korona.



Sumber : <https://www.google.co.id/imgres/www.merdeka.com/mers.html>

Gambar 5.20. Virus MERS

MERS adalah virus anggota *Betacoronavirus* dengan materi genetik RNA rantai tunggal dan siklus litik.

Pertama kali dilaporkan tahun 2012 sebagai penyebab flu pada lebih dari 21 negara. MERS-CoV berbeda dengan SARS walaupun sama-sama anggota coronavirus. Tingkat keparahan penyakit akibat MERS mencapai >30%. MERS dapat menular, tapi tidak semudah flu biasa. Virus penyebab MERS umumnya menyebar melalui kontak langsung. Gejala-gejala MERS umumnya muncul meliputi demam, batuk-batuk, nafas pendek, gangguan pencernaan seperti diare, mual, dan muntah serta pneumonia.

D. Penyakit yang Disebabkan Virus pada Tumbuhan

Beberapa virus telah menyerang dan menimbulkan penurunan produksi pada padi, sayuran dan buah-buahan di Indonesia. Berdasarkan tingkat serangannya maka ada beberapa virus yang di kenal di seluruh dunia yaitu (1) *Tobacco mosaic virus*, (2) *Tomato*

spotted wilt virus, (3) *Tomato yellow leaf curl virus*, (4) *Cucumber mosaic virus*, (5) *Potato virus Y*, (6) *Cauliflower mosaic virus*, (7) *African cassava mosaic virus*, (8) *Plum pox virus*, (9) *Brome mosaic virus* and (10) *Potato virus X*. Di Indonesia beberapa virus yang menyerang tumbuhan antara lain :

1. Penyakit Virus kuning

Di Indonesia, penyakit virus kuning pertama kali dilaporkan menyerang pertanaman tembakau pada tahun 1989 lalu menjadi penyerang utama tanaman cabai tahun 2001. Tanaman lain yang diserang lebih dari 500 spesies tumbuhan diantaranya adalah tomat, mentimun, kapas, terung, baligo, kacang buncis, semangka, kubis, kentang, kacang tanah, kedelai, dan berbagai tanaman hias dari genus *Hibiscus* dan *Chrysanthemum*. Total luas serangan virus kuning di seluruh Indonesia pada tahun 2004 mencapai 984,6 ha yang menyebabkan kerugian finansial mencapai Rp. 7,31 milyar dan kehilangan hasil mencapai 20 – 100%. Virus kuning gemini merupakan virus dengan materi genetik DNA rantai ganda. Virus tersebut ditularkan oleh kutu kebul *Bemisia tabaci* Genn. Penularan oleh serangga vektor kutukebul sangat dipengaruhi oleh lamanya masa tinggal serangga pada tanaman sakit, jumlah serangga dan lamanya periode inokulasi yang terjadi pada tanaman sehat. Gejala kerusakan yang muncul adalah tertutupnya stomata oleh embun madu yang dikeluarkan nimfa kutu kebul dan mengurangi proses fotosintesis, terbentuknya bintik-bintik klorotik pada daun, pembentukan pigmen antosianin, gugurnya daun serta terhambatnya pertumbuhan tanaman.

2. Penyakit Virus pada Kedelai

Infeksi virus merupakan salah satu penyebab penyakit pada kedelai. Setidaknya terdapat 67 jenis virus yang menyerang kedelai dan disebarkan secara alami oleh sedikitnya 16 spesies aphid termasuk *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis faba* dan *Myzus persicae*. Beberapa diantaranya adalah :

- a. Virus Mosaic Kedelai (*Soybean mosaic virus*, SMV) Gejala SMV antara lain: permukaan daun tidak rata, daun mengecil, tepi daun melengkung, tulang daun menebal, klorosis, mosaik pada daun dan tulang daun, daun melepuh dan melengkung ke dalam dan ke luar, dan pemucatan tulang daun,
- b. Virus mosaic kuning kedelai (*Soybean Yellow mosaic virus*, SYMV),
- c. *Soybean Dwarf Virus* (SDV) atau *Indonesian soybean dwarf luteovirus* (ISDV) menyebabkan tanaman menjadi kerdil ditandai dengan memendeknya jarak antar buku, daun melengkung dan mengecil,

- d. Virus belang samar kacang tunggak (*Cowpea mild mottle virus*, CMMV) menyebabkan daun keriting
- e. Belang berwarna kuning dan mosaik yang berkerut, (Ie) Virus belang kacang tanah (*Peanut stripe virus*, PStV) menyebabkan nekrosis pada tulang daun.

3. Penyakit Tungro pada Padi

Penyakit tungro merupakan penyakit paling berbahaya pada tanaman padi. Penyakit tungro disebabkan oleh dua jenis virus yang berbeda yaitu virus bentuk batang *Rice Tungro Bacilliform Virus* (RTBV) dan virus bentuk bulat *Rice Tungro Spherical Virus* (RTSV). Kedua jenis virus tersebut tidak memiliki kekerabatan serologi dan dapat menginfeksi tanaman secara bersama-sama. Virus tungro hanya ditularkan oleh wereng hijau sebagai vektor, tidak terjadi multiplikasi dalam tubuh wereng dan tidak terbawa pada keturunannya. Penyakit ini telah menyebar dan menyebabkan penurunan panen pada daerah sentra produksi beras nasional seperti di Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi, dan Kalimantan Selatan.

4. Penyakit Layu Tanaman Nenas

Penyakit layu pada tanaman nenas disebabkan oleh Virus (*closterovirus*) yang disebut dengan *Pineapple mealybug wilt-associated viruses* (PMWaV) atau virus yang hidup berasosiasi dengan hama kutu putih. Gejala serangan adalah daun berubah warna menjadi coklat kemerahan, selanjutnya berubah menjadi merah muda dengan ujung daun menggulung. Pada serangan parah, seluruh daun menjadi layu, mengering dan akhirnya tanaman mati.

E. Penyakit yang Disebabkan Virus pada Hewan

Beberapa penyakit pada hewan disebabkan oleh virus seperti penyakit rabies, penyakit mulut dan kuku, penyakit tetelo, tumor dan kutil, avian influenza dan flu burung. Beberapa penyakit pada hewan di Indonesia yang disebabkan oleh virus adalah :

1. Penyakit Rabies

Penyakit rabies adalah penyakit yang menyerang saraf pusat hewan dan disebabkan oleh virus *Rhabdovirus*. Rhabdovirus mempunyai materi genetik RNA rantai tunggal. Virus ini bersifat zoonotik yaitu dapat ditularkan dari hewan ke manusia melalui gigitan. Virus ini hidup pada beberapa jenis hewan utamanya anjing yang berperan sebagai perantara penularan yaitu kucing, kerbau, kelelawar, dan rakun. Rabies disebut juga dengan

penyakit anjing gila. Ciri-ciri anjing penderita penyakit rabies adalah tampak tidak sehat, gelisah, agresif, mengeluarkan banyak air liur, ekor ditekuk dan dijepit antara kedua kaki belakang, lidah terjulur, takut cahaya dan suara, dan kebiasaan ingin menggigit benda atau orang di sekitarnya. Adapun gejala yang timbul akibat infeksi rabies pada manusia antara lain mual, sakit kepala, muntah, halusinasi, sakit tenggorokan, kaku otot, demam, serta peningkatan sekresi air liur dan keringat.

2. Penyakit Mulut dan Kuku

Penyakit mulut dan kuku atau *Apthae epizooticae*, *Foot and mouth disease* (FMD) adalah penyakit pada hewan yang disebabkan oleh infeksi virus *Apthovirus* dari famili *Picornaviridae*. Virus *Apthovirus* mempunyai *virion picornavirus*, berbentuk ikosahedral dengan materi genetik RNA rantai tunggal. Virus ini menular melalui kontak udara, makanan, maupun peralatan yang terkontaminasi. Hewan-hewan yang diserang virus ini umumnya sapi, kerbau, babi, kambing, rusa, domba dan hewan berkuku genap lainnya seperti gajah, mencit, tikus, dan babi hutan. PMK merupakan penyakit hewan yang sangat cepat menular dan menimbulkan kerugian ekonomi yang sangat luar biasa besarnya. Gejala hewan yang terserang penyakit ini antara lain lesu, dehidrasi, gelisah, malas berdiri, pincang, demam tinggi, nafsu makan menurun, banyak mengeluarkan air liur, munculnya cairan bening hingga kuning kemerahan pada bibir, lidah, langit-langit mulut, mukosa pipi, gusi, dan ujung kaki.

3. Penyakit Tetelo (NCD)

Tetelo merupakan penyakit unggas yang cukup sering dijumpai di Indonesia. Penyakit yang disebabkan oleh virus NCD (*Newcastle Disease*) ini dapat menyerang ayam bangkok, ayam kampung, bebek, angsa, dan itik. Gejalanya diare, batuk, dan hilangnya keseimbangan saat berdiri atau berjalan. Penyakit tetelo sangat mudah menular. Tindakan karantina dan vaksinasi sangat penting untuk mencegah penyebarluasan penyakit hewan yang satu ini.

4. Penyakit Tumor atau Kutil

Tumor dan kutil ternyata bukan hanya dapat terjadi pada manusia. Pada hewan, kedua penyakit yang disebabkan oleh virus ini juga bisa menyerang. Ayam dapat terserang tumor dan kutil akibat infeksi virus RSV (*Rous Sarcoma Virus*), sedangkan

pada sapi penyakit ini disebabkan oleh virus *Bovine papillomavirus*. Serangan kedua virus ini umumnya terjadi pada sel-sel jaringan epitel dan membran mukosa.

5. Penyakit Avian Influenza

Avian influenza (AI) merupakan penyakit viral akut pada unggas yang disebabkan oleh virus influenza type A sub tipe H5 dan H7. Virus tersebut tergolong *family Orthomyxoviridae* dengan materi genetik RNA rantai tunggal. Semua unggas dapat terserang virus influenza A, tetapi wabah AI sering menyerang ayam dan kalkun. Penyakit ini bersifat zoonosis dan angka kematian sangat tinggi karena dapat mencapai 100%. Virus influenza tipe A ditemukan pada unggas, manusia, babi, kuda dan mamalia lain, seperti cerpelai, anjing laut dan paus. Gejala klinis yang terlihat pada ayam penderita HPAI antara lain adalah, jengger, pial, kelopak mata, telapak kaki dan perut yang tidak ditumbuhi bulu terlihat berwarna biru keunguan. Adanya perdarahan pada kaki berupa bintik-bintik merah (*ptekhie*) atau biasa disebut kerokan kaki. Keluarnya cairan dari mata dan hidung, pembengkakan pada muka dan kepala, diare, batuk, bersin dan ngorok. Nafsu makan menurun, penurunan produksi telur, kerabang telur lembek. Adanya gangguan syaraf, tortikolis, lumpuh dan gemetaran diikuti kematian.

6. Penyakit Feline Panleukopenia (FPL)

Penyakit yang disebabkan oleh virus pada hewan berikutnya adalah penyakit *Feline Panleukopenia* (FPL). Penyakit ini dapat muncul pada kucing yang diinfeksi *virus feline parvo*, sebuah virus yang termasuk ke dalam *Famili Parvoviridae*. Serangan virus ini umumnya berpusat pada jaringan sel yang aktif membelah seperti pada sumsum tulang, limfa, epitel, dan sel-sel anakan. Infeksi virus akan membuat produksi sel darah merah turun drastis. Gejala yang ditunjukkan pada kucing antara lain demam, anorexia 2-7 hari, depresi, muntah, dan radang usus. Tingkat kematian kucing akibat virus ini sangat tinggi, yakni mencapai 75%. Virus sangat merugikan baik itu manusia, hewan, dan tumbuhan. Penyakit yang disebabkan oleh virus ini sangat banyak dan sangat memberikan dampak yang sangat besar bagi kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan kesehatan tumbuhan. Dampak dari virus tersebut membuat para ahli kedokteran menyediakan berbagai macam obat dan vaksin untuk menanggulangi penyakit akibat virus. Banyak virus yang tidak bisa dihilangkan, namun dapat dikurangi efeknya. Virus yang dapat menginfeksi dan menyebabkan penyakit bagi organisme tumbuhan, hewan, dan manusia.

Cara mencegah penularan virus penyebab influenza adalah:

- a. Rutin mencuci tangan dengan air dan sabun, setidaknya selama 20 detik. Terutama sebelum makan atau menyentuh wajah.
- b. Membersihkan dan mensterilkan permukaan atau benda yang sering disentuh banyak orang sesering mungkin. Contohnya, pegangan pintu atau telepon.
- c. Menutup hidung maupun mulut ketika bersin atau batuk dengan tisu dan langsung membuang tisu tersebut ke tempat sampah.
- d. Jangan memakai peralatan yang sudah digunakan pasien, misalnya piring, sendok, atau handuk.

Peranan Virus juga memiliki manfaat yang menguntungkan bagi makhluk di bumi. Banyak virus memiliki peranan yang merugikan bagi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan karena cara hidupnya bersifat parasit intraseluler obligat pada sel hidup. Namun demikian, ada beberapa jenis-jenis virus yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia.

7. Peran Virus dalam Kehidupan

Virus hidup di dalam sel hidup dengan memanfaatkan materi sel yang ditempatinya. Hal itulah yang menyebabkan virus merugikan kehidupan tumbuhan, hewan, maupun manusia karena menyebabkan berbagai penyakit. Namun, virus juga dapat menguntungkan manusia karena sebagai vektor yang dapat dimanfaatkan dalam teknik rekayasa genetika, membuat vaksin yang dapat mencegah suatu penyakit tertentu, atau untuk meningkatkan kekebalan tubuh terhadap suatu penyakit tertentu pula.

- a. Dalam teknologi rekayasa genetika (manipulasi informasi genetik), misalnya untuk terapi gen. Terapi gen adalah upaya dalam memperbaiki informasi genetik dengan memperbaiki susunan basa nitrogen pada untai DNA yang ada di dalam gen. Salah satu keberhasilan adalah memperbaiki kelainan genetik ADD (*adenosine deaminase deficiency*) penyakit yang membuat seseorang tidak memiliki daya tahan tubuh, karena tidak terdapat enzim AD (*adenosine deaminase*).
- b. Dalam teknologi rekayasa genetika, misalnya virus digunakan sebagai vektor kloning untuk menghasilkan berbagai produk yang diharapkan. Vektor tersebut adalah bakteriofag I, Bakteriofag M13, kosmid, dan fasmid.
- c. Pembuatan vaksin protein, selubung virus dapat digunakan sebagai protein yang khusus memacu terbentuknya respons kekebalan tubuh dalam melawan suatu penyakit.

- d. Untuk pengobatan secara biologis, yaitu dengan melemahkan atau membunuh bakteri, jamur atau protozoa yang bersifat patogen. Bakteriofag, misalnya dapat digunakan untuk membunuh bakteri patogen.
- e. Pemberantasan serangga hama, beberapa virus hidup parasit pada serangga. Virus dibiakkan yang digunakan untuk menyempnot serangga atau tanaman, misalnya *Baculovirus*. Sejak tahun 1950, *Baculovirus* digunakan untuk *bioinsektisida* menggunakan protein polihedrin yang tidak mencemari lingkungan.
- f. Membuat perangkat elektronik, tim ilmuwan dari Jon Innes Center (pusat riset mikrobiologi di Inggris) berhasil menginokulasi partikel virus, kemudian mencampurnya dengan senyawa besi (Fe) untuk membuat kapasitor (alat penyimpanan energi listrik).

8. Kegunaan Virus bagi Kehidupan

- a. Sebagai bahan untuk pembuatan vaksin, yaitu dengan cara virus dilemahkan atau dimatikan sehingga kemampuannya menimbulkan penyakit menurun atau hilang. Jika vaksin ini diberikan kepada orang yang sehat orang tersebut akan menjadi kebal terhadap penyakit yang disebabkan oleh virus tertentu karena didalam tubuh orang yang bersangkutan telah terbentuk antibodi.
- b. Sebagai vektor dalam teknik rekayasa genetika.

Kerjakan tugas dibawah ini dengan benar

1. Carilah informasi mengenai nama virus, asam nukleat penyusun tubuh, penyakit yang di sebabkan virus, bagian yang diserang pada inangnya. Kemudian inventarisasikan dan susunlah dalam bentuk tabel!
2. Buatlah ringkasan mengenai perkembangan virus Zika. Data-datanya dapat kalian cari di jurnal, internet, atau lakukan studi kepustakaan.

F. Rangkuman

Virus memiliki struktur tubuh yang sederhana hanya terdiri dari ADN atau ARN saja dengan selubung protein. Diluar sel virus sebagai benda mati tetapi dapat berkembang biak jika virus berada didalam sel hidup/jaringan sebaga inangnya. Virus memiliki berbagai bentuk. Reproduksi virus dibedakan menjadi dua macam, yaitu melalui daur litik dan daur lisogenik.

Beberapa virus merugikan manusia, hewan maupun tumbuhan karena bersifat parasit yang dapat menimbulkan berbagai penyakit. Namun virus juga dapat bermanfaat

untuk pembuatan vaksin guna merangsang pembentukan antibodi pada manusia ataupun hewan, juga berperan sebagai vektor dalam teknologi rekayasa genetika.

Uji Kompetensi

Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

1. Virus mempunyai ciri-ciri...
 - a. Makhluk terkecil yang hanya terdiri atas nukleoprotein
 - b. Sel yang hanya terdiri atas membran sel dan materi genetik ADN atau ARN saja
 - c. Sel mikroskopis yang tumbuh pada media agar
 - d. Organisme yang tak dapat dilihat, karena terdiri atas substansi protoplasma
 - e. Makhluk terkecil dengan materi genetik ADN atau ARN saja yang dapat melakukan fungsi hidup seperti makhluk lain
2. Tempat perkembangbiakan virus adalah
 - a. Medium agar-agar steril
 - b. Medium kaya protein
 - c. Medium dengan vitamin dan mineral
 - d. Makhluk hidup yang sesuai sebagai inang
 - e. Larutan gula steril
3. Penyakit-penyakit yang disebabkan oleh virus yang dibawa oleh nyamuk ialah
 - a. Cacar, influenza, demam berdarah
 - b. Cacar, antraks, disentri
 - c. Cacar, tifus, demam berdarah
 - d. Cacar, antraks, demam berdarah
 - e. Antraks, tifus, malaria
4. Bagian virus yang digunakan untuk menginfeksi inangnya adalah....
 - a. Kepala
 - b. Ekor
 - c. Selubung kapsid
 - d. ADN atau ARN
 - e. Selubung kapsid
5. Jenis penyakit yang diakibatkan oleh virus yang menyebabkan menurunnya kekebalan tubuh seseorang dan kerusakan saraf yang mengendalikan sistem gerak pada manusia adalah....
 - a. AIDS dan TMV
 - b. AIDS dan rabies
 - c. AIDS dan antraks
 - d. AIDS dan polio
 - e. AIDS dan FMD

6. Virus tungro adalah virus yang merupakan parasit pada tanaman padi penyebarannya adalah wereng coklat dan wereng hijau. Penyakit yang disebabkan oleh virus ini mengakibatkan....
- a. Tanaman tidak berbunga
 - b. Tanaman tidak berbuah
 - c. Tanaman menjadi kerdil
 - d. tanaman tidak terjadi penyerbukan
 - e. tanaman menjadi besar dan layu
7. Virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) menyebabkan penyakit AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*) pada manusia yang dapat menyebabkan....
- a. Kekurangan eritrosit
 - b. Kekurangan zat antikoagulan
 - c. Kekurangan antibodi
 - d. Kelumpuhan dan kerusakan sel-sel leukosit
 - e. Kekurangan jumlah trombosit dalam darah
8. Virus penyebab penyakit mozaik pada tanaman tembakau adalah
- a. CPVD
 - b. HIV
 - c. FMD
 - d. TMV
 - e. NCD
9. Penyakit NCD (*New Castle Disease*) banyak menyerang ayam dan menyebabkan kematian. Penyakit ini disebabkan oleh....
- a. Virus
 - b. Bakteri
 - c. Cacing
 - d. Jamur
 - e. Protozoa
10. Virus yang menyerang Unggas mempunyai bentuk....
- a. Bulat seperti bola
 - b. Seperti huruf T
 - c. Icosahedral
 - d. Seperti batang
 - e. Seperti spiral

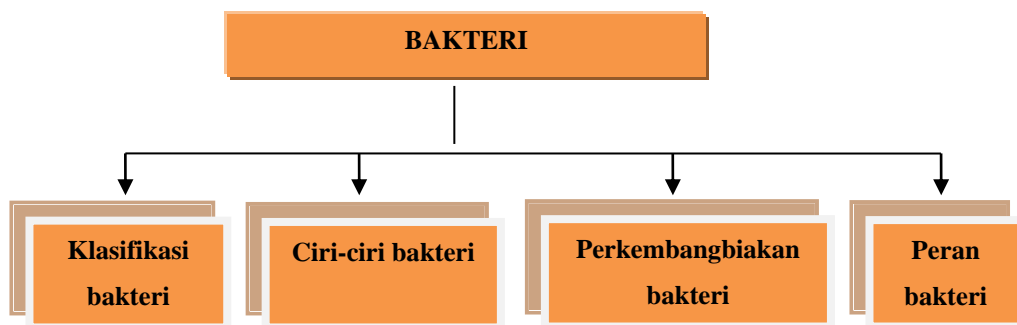
BAB 6

BAKTERI

Setelah mempelajari materi tentang Bakteri Kalian diharapkan dapat

- menjelaskan klasifikasi bakteri
- mendeskripsikan ciri-ciri bakteri;
- mendeskripsikan perkembangbiakan bakteri;
- mendeskripsikan peran bakteri dalam kehidupan.

Peta Konsep



Kata kunci : bakteri, archaebacteria, dan eubakteria

Tahukah kalian, di manakah tempat yang paling banyak ditemukan bakteri? Bakteri ditemukan dimana-mana, dilaut terdalam, dalam tanah, makanan, wajah, usus, bahkan dilembaran buku ini. Bakteri dapat menyebabkan beberapa penyakit yang membahayakan manusia. Namun, sebagian besar bakteri ada yang bermanfaat, dan hanya sedikit yang merugikan kita.

Bakteri merupakan organisme yang inti selnya bersifat prokariotik, artinya organisme tersebut belum memiliki membran inti (*kariotika*). Inti sel organisme ini hanya berupa satu molekul ADN. Kebanyakan anggota kelompok monera ini bersifat uniseluler dan mikroskopis.

A. Klasifikasi Bakteri

Berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh Carl Woese yang mengacu pada analisis variasi RNA organisme prokariotik ini secara fundamental dipisahkan menjadi dua kelompok yang berbeda, yaitu *Archaebacteria* dan *Eubacteria*.

1. Archaeobacteria

Karakteristik yang dimiliki oleh Archaeobacteria antara lain:

- a. sel penyusun tubuhnya bertipe prokariotik;
- b. memiliki simple RNA polymerase;
- c. dinding sel bukan dari peptidoglikan;
- d. tidak memiliki membran nukleus dan tidak memiliki organel sel;
- e. ARN nya berupa metionin;
- f. sensitive terhadap toksin dipteri.

Berdasarkan habitatnya Archaeobacteria dikelompokkan menjadi 3, yaitu kelompok methanogen, halofit ekstrim(suka garam) dan termo asidofil (suka panas dan asam).

- a) Methanogen hidupnya bersifat anaerob atau tidak memerlukan oksigen dan heterotrof, dapat menghasilkan methan (CH_4), tempat hidupnya di lumpur, rawa-rawa, saluran pencernaan anai-anai (rayap), saluran pencernaan sapi, saluran pencernaan manusia dan lain-lain.

Contoh:

- *Lachnospira multiparus*, organisme ini mampu menyederhanakan pektin
 - *Ruminococcus albus*, organisme ini mampu menghidrolisis selulosa
 - *Succomonas amyloctica*, memiliki kemampuan menguraikan amilum.
 - *Methanococcus janashii*, penghasil gas methane
- b) Halofit ekstrim, sebagian besar mikroorganisme ini bersifat aerob heterotrof meskipun ada yang bersifat anaerob dan fotosintetik dengan pigmen yang dimilikinya berupa bakteriorodopsin. Habitat pada lingkungan berkadar garam tinggi, seperti di danau Great Salt (danau garam), Laut Mati, atau di dalam makanan yang bergaram.
 - c) Thermo asidofil, Archaeobacteria merupakan organisme uniseluler, tak berklorofilprokariot, hidup pada lingkungan yang ekstrim. Thermoasidofil merupakan mikroorganisme kemoautotrof yang dapat memanfaatkan HS sebagai sumber energi. Hidup di lingkungan panas ($60 - 80$) $^{\circ}\text{C}$ dan pH 2 – 4, habitat di sumber air panas seperti Sulfolobus di taman nasional Yellow stone atau kawah gunung berapi di dasar laut.

2. Eubacteria

Eubacteria disebut juga bakteri sejati, sama dengan archaeobacteria yang bersifat prokariotik. Ciri-ciri yang dimiliki oleh bakteri ini antara lain:




- memiliki dinding sel yang mengandung peptidoglikan
- telah mempunyai organel sel berupa ribosom yang mengandung satu jenis ARN polymerase
- membran plasmanya mengandung lipid dan ikatan ester
- sel bakteri memiliki kemampuan untuk mensekresikan lendir ke permukaan dinding selnya, lendir ini jika terakumulasi akan dapat membentuk kapsul dan kapsul inilah sebagai pelindung untuk mempertahankan diri jika kondisi lingkungan tidak menguntungkan baginya. Bakteri yang berkapsul biasanya lebih patogen dari pada yang tidak memiliki kapsul
- Sitoplasma bakteri terdiri dari protein, karbohidrat, lemak, ion organik, kromatofora, juga terdapat organel sel kecil- kecil yang disebut ribosom dan asam nukleat sebagai penyusun ADN dan ARN.


Bakteri dibagi menjadi beberapa kelompok antara lain:

- Berdasarkan cara memperoleh makanan, yaitu autotrof dan juga yang heterotrof. Berdasarkan kebutuhan oksigennya dibedakan menjadi bakteri aerob dan anaerob.
- Berdasarkan alat geraknya ada yang memiliki alat gerak berupa flagel ada juga yang tidak berflagel.
- Pengelompokan berdasarkan bentuknya ada yang berbentuk batang, bola, dan spiral.

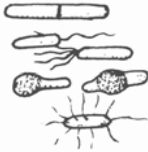


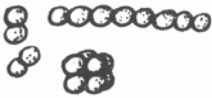





Penjelasan lebih lanjut pengelompokan bakteri berdasarkan alat gerak dan bentuknya dapat kalian perhatikan pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2.

Tabel 6.1 Pengelompokan bakteri berdasarkan alat geraknya

Tipe	Bentuk	Jumlah dan posisi flagel	Contoh nama bakteri
1. Monotrik		Satu flagel pada salah satu ujungnya	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
2. Lofotrik		Lebih dari satu flagel pada salah satu ujungnya	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
3. Amfitrik		Lebih dari satu flagel pada kedua ujungnya	<i>Aquaspirillum serpens</i>

4. Peritrik		Flagel terdapat pada seluruh tubuhnya	<i>Salmonellatyphosa</i>
-------------	---	---------------------------------------	--------------------------

Tabel 6.2 Pengelompokan bakteri menurut bentuknya

Tipe	Bentuk Gambar	Pengertian	Contoh nama bakteri
1. Bacillus (Basil) Monobasil		Bentuk batang tunggal	<i>Lactobacillus</i> <i>Salmonellatyphosa</i>
Diplobasil		Bentuk batang berkoloni dua-dua	
Streptobasil		Berbentuk rantai batang-batang	<i>Azotobacter</i> <i>Bacillus anthracis</i> <i>Streptobacillus moniliformis</i>
2. Coccus (Kokus)		Bentuk bola tunggal	<i>Neisseria gonorrhoe</i>
Diplococcus		Berbentuk bola berkoloni dua-dua	<i>Diplococcus pneumonia</i>
Streptococcus		Berbentuk bola berkoloni mem bentuk rantai	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>S.lactis</i>
Sarcina		Berbentuk bola seperti kubus	<i>Sarcinasp</i>
Staphylococcus		Berbentuk seperti spiral	<i>Triponema pallidum</i>
3. Spirillum		Berbentuk seperti batang bengkok	<i>Vibriocomma</i>

Pengelompokan bakteri berdasarkan cara memperoleh makanan:

a. *Bakteri autotrof*

Bakteri jenis ini dapat menyusun makanan untuk kebutuhannya sendiri dengan cara mensintesis zat-zat anorganik menjadi zat organik. Jika energi untuk penyusunan tersebut bersumber dari cahaya matahari maka bakteri tersebut dikenal dengan sebutan fotoautotrof dan apabila energi untuk penyusunan zat organik berasal dari hasil reaksi kimia disebut kemoautotrof.

Contoh bakteri fotoautotrof:

- (a) Bakteri hijau, bakteri ini memiliki pigmen hijau yang dinamakan bakterio viridin atau bakterio klorofil.
- (b) Bakteri ungu, memiliki pigmen ungu, merah atau kuning disebut bakterio purpurin

Contoh bakteri kemoautotrof:

- (a) Bakteri nitrifikasi, yang terdiri *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrobacter*.
- (b) *Nitrospira*, *Nitrosocystis*.

b. *Bakteri heterotrof*

Bakteri tipe ini tidak dapat mengubah zat anorganik menjadi zat organik, sehingga untuk keperluan makannya bergantung pada zat organik yang ada di sekitarnya. Bakteri heterotrof dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

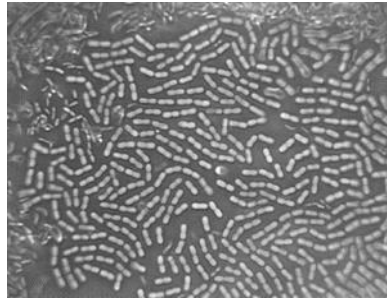
- (a) Parasit, bakteri yang kebutuhan zat makanantergantung pada organisme lain.
Contoh: *Treponema* hidup pada manusia, *Borrelia* hidup pada hewan dan manusia.
- (b) Saprofit, bakteri yang memperoleh makanan dari sisa- sisa zat organik. Bakteri jenis ini memiliki kemampuan untuk merombak zat organik menjadi zat anorganik.
Contoh: Bakteri *Escherichia coli* yang hidup pada colon (usus besar) manusia. Dalam keadaan tertentu dapat mengubah asam semut menjadi CO₂ dan H₂O. *Thiobacillus denitrificans* dapat menguraikan senyawa nitrat menjadi nitrit.

B. Perkembangbiakan Bakteri

Bakteri berkembangbiak dengan cara membelah diri secara biner. Pada kondisi yang menguntungkan bakteri membelah dengan sangat cepat, yaitu antara 15 – 20 menit. Sehingga dalam waktu satu hari jumlahnya menjadi jutaan. Selain dengan pembelahan biner juga dapat berkembangbiak secara seksual yang berbeda dengan perkembangbiakan organisme eukariota. Ada yang menyebutnya paraseksual, yaitu bukan merupakan peleburan gamet jantan dan gamet betina, tetapi berupa pertukaran materi genetik yang

disebut dengan rekombinasi genetik. ADN yang terbentuk hasil rekombinasi kedua gen tersebut dinamakan gen rekombinan. Rekombinasi genetik ini dibedakan menjadi tiga cara, yaitu : transformasi, transduksi, dan konjugasi.

1. Transformasi



Sumber:JendelaIptek,2001

Gambar 6.1 Pembelahan binerbakteri

Dengan ditemukannya transformasi pada bakteri dapat dibuktikan bahwa ADN merupakan bahan genetik. Selanjutnya penemuan ini menjadi kunci dalam biologi molekuler dan genetika modern.

Mekanisme transformasi ialah ADN donor ditarik oleh sel resepien, ADN donor terpisah menjadi dua, ADN resepien sebagian lepas meninggalkan tempatnya, selanjutnya ADN donor menggantikan tempat ADN resepien yang ditinggalkannya tersebut. Sehingga terbentuklah ADN rekombinan hasil hibrid antara ADN donor dengan ADN resepien. Selanjutnya ADN rekombinan melakukan replikasi untuk berkembangbiak. Hanya strain-strain kompeten (*“Competent”*) dari genera-genera bakteri tertentu yang dapat ditransformasikan. Strain kompeten ialah suatu sel bakteri yang dapat mengambil suatu molekul ADN dan mentransformasikannya, misalnya : *Streptococcus pneumoniae*, *Bacillus*, *Haemophilus*, *Neisseria* dan *Pseudomonas*. Proses transformasi ini diketahui pertama kali oleh Frederick Griffith.

2. Transduksi

Proses transduksi ini ditemukan oleh Norton Zinder dan Joshua Lederberg pada tahun 1952. Reproduksi bakteri ini tidak melalui kontak langsung dua bakteri, tetapi diperlukan adanya materi sebagai perantara yaitu virus yang hidup pada inang bakteri (*Bacteriophage*).

3. Konjugasi

Pada proses konjugasi diperlukan kontak langsung antara sel donor dengan sel resipien agar terjadi pemindahan bahan genetik. Pada proses konjugasi dapat dipindahkan bahan genetik yang lebih panjang. Kemampuan untuk bertindak sebagai donor atau resepien ditentukan oleh materi genetik disebut faktor kelamin (“faktor seks”) atau faktor F. Sel resepien dinyatakan dengan F⁻. Proses konjugasi hanya dapat ditunjukkan pada bakteri Gram negatif, misalnya: *Escheri - chia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginea*.

Bakteri berasal dari bahasa Latin bacterium; jamak: bacteria adalah kelompok organisme yang tidak memiliki membran inti sel. Organisme ini termasuk ke dalam domain prokariota dan berukuran sangat kecil (mikroskopik). Hal ini menyebabkan organisme ini sangat sulit untuk dideteksi, terutama sebelum ditemukannya mikroskop. Barulah setelah abad ke-19 (setelah ditemukannya mikroskop), ilmu tentang mikroorganisme terutama bakteri (bakteriologi) mulai berkembang. Pertumbuhan bakteri dipengaruhi beberapa faktor antara lain: suhu, kelembaban, cahaya matahari, zat kimia, ketersediaan cadangan makanan dan zat sisa metabolisme.

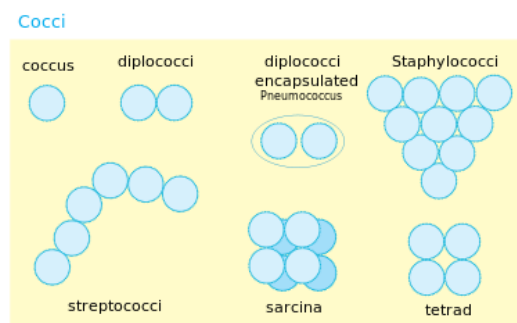
C. Ciri - Ciri Bakteri

Morfologi bakteri sangat sederhana, sehingga sangat tidak mungkin hanya menggunakan morfologi sel untuk informasi taksonomi. Namun demikian morfologi tetap bernilai dalam taksonomi. Morfologi bakteri yang dipertimbangkan adalah :

1. Bentuk Sel Bakteri

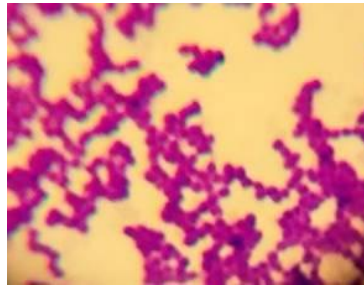
Pada umumnya bakteri dibagi menjadi tiga golongan besar (berdasarkan bentuknya) yaitu:

- Kokus (*Coccus*) adalah bakteri yang berbentuk bulat seperti bola dan mempunyai beberapa variasi sebagai berikut:

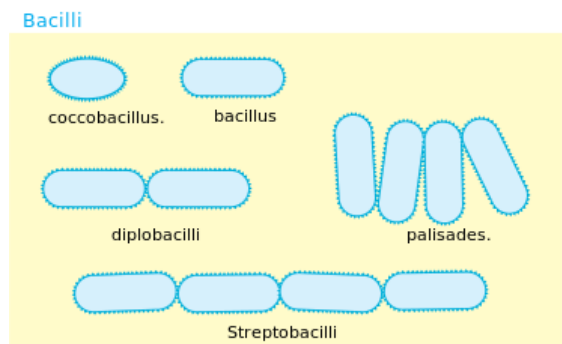


- (a) Mikrococcus, jika kecil dan tunggal

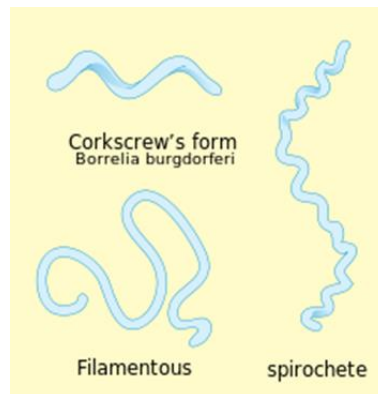
- (b) Diplococcus, jika berganda dua-dua
- (c) Tetracoccus, jika bergandengan empat dan membentuk bujur sangkar
- (d) Sarcina, jika bergerombol membentuk kubus
- (e) Staphylococcus, jika bergerombol
- (f) Streptococcus, jika bergandengan membentuk rantai



- b. Basil (*Bacillus*) adalah kelompok bakteri yang berbentuk batang atau silinder, dan mempunyai variasi sebagai berikut:



- (a) Diplobacillus, jika bergandengan dua-dua
- (b) Streptobacillus, jika bergandengan membentuk rantai
- c. Spiral (*Spirillum*) adalah bakteri yang berbentuk lengkung dan mempunyai variasi sebagai berikut:

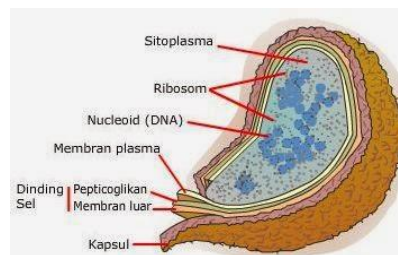


- (a) Vibrio, (bentuk koma), jika lengkung kurang dari setengah lingkaran (bentuk koma)

- (b) Spiral, jika lengkung lebih dari setengah lingkaran
- (c) Spirochete, jika lengkung membentuk struktur yang fleksibel.

2. Ukuran Sel Bakteri

Ukuran Sel Bakteri sangat kecil dan bervariasi : 1,0 - 5,0 x 0,5 - 1,0 μm , diameter 0,6 - 3,5 μm jika diamati dengan mikroskop pada pembesaran maksimum (100 X) dan detail struktur sel dapat diamati dengan menggunakan mikroskop elektron.



Sumber. www.google.com
Gambar 6.2. Struktur Sel bakteri

Struktur Sel bakteri dapat dibagi atas 3 bagian utama yaitu :

- a. Dinding sel
- b. Bagian internal berupa protoplasma yang mengandung : Membran sel, Inclusion bod, Mesosom, Ribosom, Nukleoid (DNA)
- c. Bagian eksternal; Kapsul, Flagela, Pili

3. Dinding Sel Bakteri

Dinding sel bakteri sangat tipis dan elastis ,terbentuk dari peptidoglikan yang merupakan polimer unik yang hanya dimiliki oleh golongan bakteri. Fungsi dinding sel adalah - memberi bentuk sel, memberi perlindungan dari lingkungan luar dan mengatur pertukaran zat-zat dari dan ke dalam sel teknik pewarnaan Gram adalah untuk menunjukkan perbedaan yang mendasar dalam organisasi struktur dinding sel bakteri.

Bakteri Gram positif memiliki dinding sel relatif tebal, terdiri dari berlapis-lapis polimer peptidoglikan (disebut juga murein). Tebalnya dinding sel menahan lolosnya kompleks kristal violet-iodine ketika dicuci dengan alkohol atau aseton. Bakteri Gram negatif memiliki dinding sel berupa lapisan tipis peptidoglikan (LPS), yang diselubungi oleh lapisan tipis outer membrane terdiri dari lipopolisakarida. Daerah antara peptidoglikan dan lapisan LPS disebut ruang periplasma (hanya ditemui pada Gram negatif) adalah zona berisi cairan atau gel yang mengandung berbagai enzim dan protein pembawa nutrisi. Kompleks *Crystal violet-iodine* mudah lolos melalui LPS dan lapisan

tipis peptidoglikan ketika sel diperlakukan dengan pelarut. Ketika sel diberi perlakuan pewarna tandingan Safranin O, pewarna tersebut dapat diserap oleh dinding sel bakteri Gram negatif.

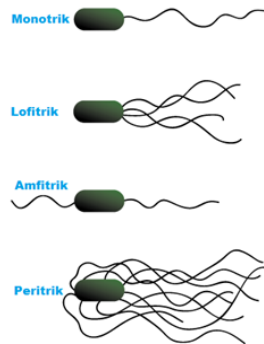
a. Protoplasma

Protoplasma adalah semua material yang terdapat didalam dinding sel.

- a) Membran sel : Terdapat dibagian dalam dinding sel, terdiri dari *phospholipid* yang tersusun bilayer , dan mengandung berbagai protein yaitu: Enzym untuk reaksi, Pori untuk proses difusi, Reseptor untuk transpor, Reseptors untuk mengenal, komunikasi, dan penempelan.
- b) Sitoplasma : Merupakan cairan sel yang terdapat didalam plasma membran. Terdiri dari 80% air, ribosom, berbagai enzim, koenzim, senyawa organik (protein, lemak, karbohidrat, dan lain-lain), senyawa anorganik.
- c) Ribosom : organel sel yang berfungsi sebagai pabrik protein
- d) Mesosome : Invaginasi dari plasma membran, dalam bentuk vesikel, tubule, atau lamela
- e) Nukleoid : Material genetik bakteri/kromosom bakteri/DNA , berbentuk circular (melingkar), membawa sifat yg mengatur viabilitas bakteri.
- f) Plasmid : Material genetik non esensial, ekstra kromosom, berbentuk melingkar tetapi ukuran lebih kecil dari DNA, membawa sifat-sifat tambahan ketahanan terhadap antibiotik, ultra violet, patogenisitas, produksi bakteriosin, tetapi tidak membawa sifat untuk viabilitas sel. Plasmid dapat berpindah antar bakteri, atau dari bakteri ke sel tanaman inang (contoh *Agrobacterium tumefaciens*).

b. Bagian Eksternal

- a) Flagela berfungsi sebagai alat gerak, struktur utamanya adalah protein yang disebut flagellin, fleksibel, ukuran diameter 10-15 μ m, dengan panjang 10-20 μ m. Berdasarkan tempat dan jumlah flagel yang dimiliki, bakteri dibagi menjadi lima golongan, yaitu:



Sumber. www.google.com

Gambar 6.3. Pengelompokan bakteri berflagel

- (a) Atrik, tidak mempunyai flagel.
 - (b) Monotrik, mempunyai satu flagel pada salah satu ujungnya.
 - (c) Lofotrik, mempunyai sejumlah flagel pada salah satu ujungnya.
 - (d) Amfitrik, mempunyai satu flagel pada kedua ujungnya.
 - (e) Peritrik, mempunyai flagel pada seluruh permukaan tubuhnya.
- b. Pili/Fimbriae, merupakan alat untuk menempel pada permukaan (*adhesin*) substrat. Pili ada yang khusus digunakan untuk konjugasi, disebut pili sex. DNA bakteri dapat ditransfer dari satu sel bakteri ke sel bakteri lain selama proses konjugasi.
 - c. Kapsul/envelope, merupakan selubung sel bakteri berupa *extra cellular polysacharide* (EPS). Berupa kapsul bila melekat erat pada dinding sel atau berupa lendir dengan struktur longgar berfungsi sebagai pelindung sel dari kekeringan dan serangan mikroorganisme lain; alat untuk melekat pada permukaan; berperan dalam penyerapan ion selektif; dan dalam interaksi inang-patogen.

D. Reproduksi Bakteri

Bakteri umumnya melakukan reproduksi atau berkembang biak secara aseksual (vegetatif = tak kawin) dengan membelah diri. Pembelahan sel pada bakteri adalah pembelahan biner yaitu setiap sel membelah menjadi dua. Selama proses pembelahan, material genetik juga menduplikasi diri dan membelah menjadi dua, dan mendistribusikan dirinya sendiri pada dua sel baru. Bakteri membelah diri dalam waktu yang sangat singkat Pada kondisi yang menguntungkan berduplikasi setiap 20 menit. Cara Reproduksi Bakteri selain pembelahan biner antara lain :

1. Konjugasi : reproduksi seksual dimana bakteri bertukar bahan genetik sebelum membelah diri, sehingga turunannya memiliki gen baru. Material genetik ditransfer melalui pili sex.

2. Transformasi – bakteri mengambil gen dari bakteri lain yang telah mati dari lingkungannya.
3. Transduksi – virus menyisipkan gen baru ke dalam sel bakteri. Metoda ini digunakan dalam bioteknologi untuk menghasilkan bakteri yang dapat menghasilkan insulin.

Klasifikasi adalah meletakkan organisme kedalam kelompok taksonomik berdasarkan persamaan karakter yang dimiliki. Klasifikasi Bakteri Patogen Tanaman mengikuti *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, Ninth Edition (1994)* :

Kingdom Prokariot

Bakteri – Memiliki membran dan dinding sel

Devisi I : Gracilicutes – Bakteri Gram negatif

Klas : Proteobacteria – Umumnya bersel tunggal

Famili : Enterobacteriaceae

Genus : *Erwinia*

Famili : Pseudomonadaceae

Genus : *Acidovorax, Pseudomonas, Rhizobacter, Xanthomonas, Xylophilus*

Famili : Rhizobiaceae

Genus : *Agrobacterium, Rhizobium*

Famili : -

Genus : *Xylella*

Devisi II : FIRMICUTES – Bakteri Gram Positif

Klas : FIRMIBACTERIA – Umumnya bersel tunggal

Genus : *Bacillus, Clostridium*

Klas : THALLOBACTERIA – bakteri bercabang

Genus : *Arthrobacter, Clavibacter, Curtobacterium, Rhodococcus, Streptomyces*

Devisi III: TENERICUTES

Klas : Mollicutes

Famili : Spiroplasmataceae

Genus : *Spiroplasma*

Famili : -

Genus : belum ditetapkan, dikenal sebagai phytoplasma (dulu disebut micoplasmalike organisms (MLO))

Divisi IV: MENDISICUTE

Klas : Archaeobacteria

E. Jenis-Jenis Bakteri

Cara bakteri memperoleh makanannya, dapat digolongkan menjadi dua yaitu bakteri heterotrof dan bakteri autotrof.

1. Bakteri Heterotrof

Bakteri ini hidup dengan memperoleh makanan berupa zat organik dari lingkungannya karena tidak dapat menyusun sendiri zat organik yang dibutuhkannya. Zat organik diperoleh dari sisa-sisa organisme lain. Bakteri yang mendapatkan zat organik dari sampah, kotoran, bangkai dan juga sisa makanan, kita sebut sebagai bakteri saprofit. Bakteri ini menguraikan zat organik dalam makanan menjadi zat anorganik, yaitu CO₂, H₂O, energi dan mineral.

2. Bakteri Autotrof

Bakteri Autotrof adalah bakteri yang dapat menyusun zat makanan sendiri dari zat anorganik yang ada. Dari sumber energi yang digunakannya, bakteri autotrof (auto = sendiri, trophein = makanan) dibedakan menjadi dua golongan, yaitu:

a) Bakteri fotoautotrof

Bakteri fotoautotrof yaitu bakteri yang memanfaatkan cahaya sebagai energi untuk mengubah zat anorganik menjadi zat organik melalui proses fotosintesis. Contoh bakteri ini adalah: bakteri hijau, bakteri ungu.

b) Bakteri kemoautotrof

Bakteri kemoautotrof adalah bakteri yang menggunakan energi kimia yang diperolehnya pada saat terjadi perombakan zat kimia dari molekul yang kompleks menjadi molekul yang sederhana dengan melepaskan hidrogen. Contoh bakteri ini adalah: Nitrosomonas. Nitrosomonas dapat memecah NH₃ menjadi NH₂, air dan energi.

Di samping terdapat bakteri yang dikelompokkan berdasarkan cara mendapatkan makanan, ada juga penggolongan bakteri berdasarkan sumber oksigen yang diperlukan dalam proses respirasi. Bakteri itu dikelompokkan sebagai berikut:

- (a) Bakteri aerobyaitu bakteri yang menggunakan oksigen bebas dalam proses respirasinya. Misal: *Nitrosococcus*, *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*
- (b) Bakteri anaerob yaitu bakteri yang tidak menggunakan oksigen bebas dalam proses respirasinya. Misal: *Streptococcus lactis*.

Berdasarkan kebutuhan terhadap oksigen, bakteri dikelompokkan lagi menjadi:

- (a) Bakteri aerob obligatyaitu bakteri yang hanya dapat hidup dalam suasana

mengandung oksigen. Misal: *Nitrobacter* dan *Hydrogenomonas*.

- (b) Bakteri anaerob obligat yaitu bakteri yang hanya dapat hidup dalam suasana tanpa oksigen. Misal: *Clostridium tetanii*.
- (c) Bakteri anaerob fakultatif yaitu bakteri yang dapat hidup dengan atau tanpa oksigen. Misal: *Escherichia coli*, *Salmonella typhose* dan *Shigella*.

Bakteri merupakan organisme yang paling banyak jumlahnya dan lebih tersebar luas dibandingkan makhluk hidup yang lain .

Bakteri memiliki ratusan ribu spesies yang hidup di darat hingga lautan dan pada tempat-tempat yang ekstrim. Bakteri ada yang menguntungkan tetapi ada pula yang merugikan. Bakteri memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan makhluk hidup yang lain. Bakteri adalah organisme uniseluler dan prokariot serta umumnya tidak memiliki klorofil dan berukuran renik (mikroskopis).

3. Ciri-Ciri Bakteri

Bakteri memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan makhluk hidup lain yaitu :

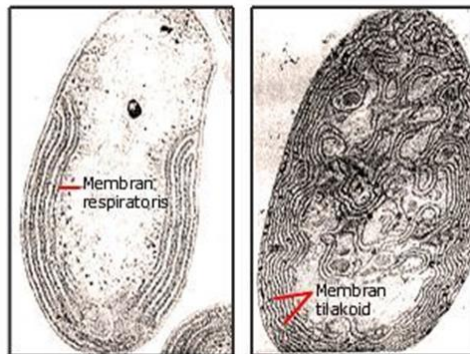
- a. Organisme multiseluler
- b. Prokariot (tidak memiliki membran inti sel)
- c. Umumnya tidak memiliki klorofil
- d. Memiliki ukuran tubuh yang bervariasi antara 0,12 s/d ratusan mikron umumnya memiliki ukuran rata-rata 1 s/d 5 mikron.
- e. Memiliki bentuk tubuh yang beraneka ragam
- f. Hidup bebas atau parasit
- g. Hidup di lingkungan ekstrim seperti pada mata air panas, kawah atau gambut dinding selnya tidak mengandung peptidoglikan
- h. Hidupnya kosmopolit diberbagai lingkungan dinding selnya mengandung peptidoglikan

4. Struktur Bakteri

Struktur bakteri terbagi menjadi dua yaitu:

- a. Struktur dasar (dimiliki oleh hampir semua jenis bakteri) meliputi: dinding sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, DNA, dan granula penyimpanan
 - b. Struktur tambahan (dimiliki oleh jenis bakteri tertentu) meliputi kapsul, flagelum, pilus, fimbria, klorosom, vakuola gas dan endospora.
- (a). Struktur dasar bakteri :

- Dinding sel tersusun dari peptidoglikan yaitu gabungan protein dan polisakarida (ketebalan peptidoglikan membagi bakteri menjadi bakteri gram positif bila peptidoglikannya tebal dan bakteri gram negatif bila peptidoglikannya tipis).
- Membran plasma adalah membran yang menyelubungi sitoplasma tersusun atas lapisan fosfolipid dan protein.
- Sitoplasma adalah cairan sel.
- Ribosom adalah organel yang tersebar dalam sitoplasma, tersusun atas protein dan RNA.
- Granula penyimpanan, karena bakteri menyimpan cadangan makanan yang dibutuhkan.



Sumber. www.google.com

Gambar 6.4. Struktur Sel bakteri

(b) Struktur tambahan bakteri :

- Kapsul atau lapisan lendir adalah lapisan di luar dinding sel pada jenis bakteri tertentu, bila lapisannya tebal disebut kapsul dan bila lapisannya tipis disebut lapisan lendir. Kapsul dan lapisan lendir tersusun atas polisakarida dan air.
- Flagelum atau bulu cambuk adalah struktur berbentuk batang atau spiral yang menonjol dari dinding sel.
- Pilus dan fimbria adalah struktur berbentuk seperti rambut halus yang menonjol dari dinding sel, pilus mirip dengan flagelum tetapi lebih pendek, kaku dan berdiameter lebih kecil dan tersusun dari protein dan hanya terdapat pada bakteri gram negatif. Fimbria adalah struktur sejenis pilus tetapi lebih pendek daripada pilus.
- Klorosom adalah struktur yang berada tepat dibawah membran plasma

dan mengandung pigmen klorofil dan pigmen lainnya untuk proses fotosintesis. Klorosom hanya terdapat pada bakteri yang melakukan fotosintesis.

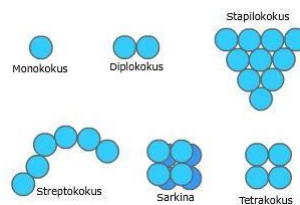
- Vakuola gas terdapat pada bakteri yang hidup di air dan berfotosintesis.
- Endospora adalah bentuk istirahat (laten) dari beberapa jenis bakteri gram positif dan terbentuk didalam sel bakteri jika kondisi tidak menguntungkan bagi kehidupan bakteri. Endospora mengandung sedikit sitoplasma, materi genetik, dan ribosom. Dinding endospora yang tebal tersusun atas protein dan menyebabkan endospora tahan terhadap kekeringan, radiasi cahaya, suhu tinggi dan zat kimia. Jika kondisi lingkungan menguntungkan endospora akan tumbuh menjadi sel bakteri baru.

5. Bentuk Bakteri

Bentuk dasar bakteri terdiri atas bentuk bulat (kokus), batang (basil), dan spiral (spirilia) serta terdapat bentuk antara kokus dan basil yang disebut kokobasil.

Ada 3 macam bentuk bakteri yaitu :

a. Bakteri Kokus :

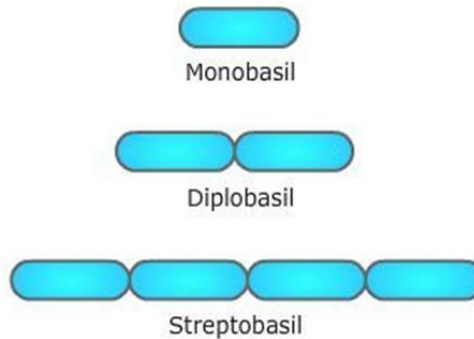


Sumber. www.google.com

Gambar 6.5. Bentuk bakteri kokus

- Monokokus yaitu berupa sel bakteri kokus tunggal
- Diplokokus yaitu dua sel bakteri kokus berdempetan
- Tetrakokus yaitu empat sel bakteri kokus berdempetan berbentuk segi empat.
- Sarkina yaitu delapan sel bakteri kokus berdempetan membentuk kubus
- Streptokokus yaitu lebih dari empat sel bakteri kokus berdempetan membentuk rantai.
- Stafilokokus yaitu lebih dari empat sel bakteri kokus berdempetan seperti buah anggur

b. Bakteri Basil

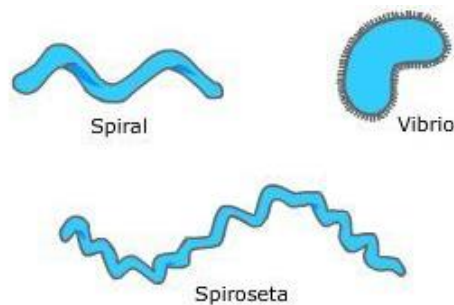


Sumber. www.google.com

Gambar 6.6. Bentuk bakteri basil

- Monobasil yaitu berupa sel bakteri basil tunggal
- Diplobasil yaitu berupa dua sel bakteribasil berdempetan
- Streptobasil yaitu beberapa sel bakteri basil berdempetan membentuk rantai

c. Bakteri Spirilia :



Sumber. www.google.com

Gambar 6.7. Bentuk bakteri Spiril

- Spiral yaitu bentuk sel bergelombang
- Spiroseta yaitu bentuk sel seperti sekrup
- Vibrio yaitu bentuk sel seperti tanda baca koma

6. Alat Gerak Bakteri

Alat gerak pada bakteri berupa *flagellum* atau bulu cambuk adalah struktur berbentuk batang atau spiral yang menonjol dari dinding sel. Flagellum memungkinkan bakteri bergerak menuju kondisi lingkungan yang menguntungkan dan menghindari dari lingkungan yang merugikan bagi kehidupannya.

Flagellum memiliki jumlah yang berbeda-beda pada bakteri dan letak yang berbeda-beda pula yaitu:

- Monotrik : bila hanya berjumlah satu

- b) Lofotrik : bila banyak flagellum disatu sisi
- c) Amfitrik : bila banyak flagellum dikedua ujung
- d) Peritrik : bila tersebar diseluruh permukaan sel bakteri
- e) Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan pada bakteri mempunyai arti perbanyakan sel dan peningkatan ukuran populasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri atau kondisi untuk pertumbuhan optimum adalah : Suhu, Derajat keasaman atau pH, Konsentrasi garam, Sumber nutrisi, Zat-zat sisa metabolisme, Zat kimia, hal tersebut bervariasi menurut spesies bakterinya.

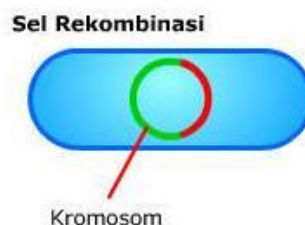
Cara Perkembangbiakan bakteri umumnya melakukan reproduksi atau berkembang biak secara aseksual (vegetatif = tak kawin) dengan membelah diri. Pembelahan sel pada bakteri adalah pembelahan biner yaitu setiap sel membelah menjadi dua.

Reproduksi bakteri secara seksual yaitu dengan pertukaran materi genetik dengan bakteri lainnya.

Pertukaran materi genetik disebut rekombinasi genetik atau rekombinasi DNA.

Rekombinasi genetik dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu:

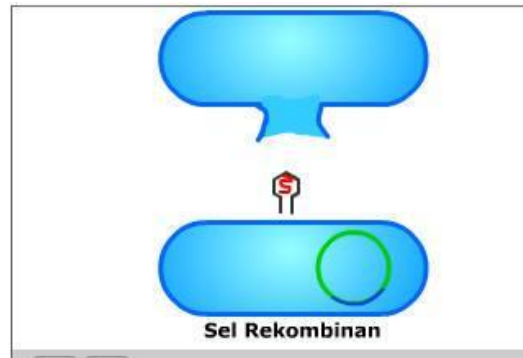
- a. Transformasi adalah pemindahan sedikit materi genetik, bahkan satu gen saja dari satu sel bakteri ke sel bakteri yang lainnya.



Sumber. www.google.com

Gambar 6.8. Mekanisme transformasi

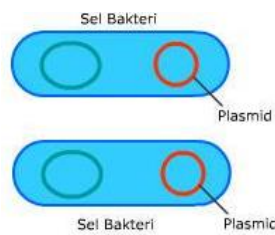
- b. Transduksi adalah pemindahan materi genetik satu sel bakteri ke sel bakteri lainnya dengan perantaraan organisme yang lain, yaitu bakteriofage (virus bakteri).



Sumber. www.google.com

Gambar 6.9. Mekanisme transduksi

- c. Konjugasi adalah pemindahan materi genetik berupa plasmid secara langsung melalui kontak sel dengan membentuk struktur seperti jembatan diantara dua sel bakteri yang berdekatan. Umumnya terjadi pada bakteri gram negatif.



Sumber. www.google.com

Gambar 6.10. Mekanisme konjugasi

F. Peranan Bakteri dalam Kehidupan

Dalam kehidupan manusia bakteri mempunyai peranan yang menguntungkan maupun yang merugikan. Bakteri yang menguntungkan antara lain:

- Bacillus thuringensis*, sebagai agensia pengendali hayati bagi tanaman kobis, kapas, jagung, tembakau, dan pemberantasan nyamuk vektor penyakit malaria dan demam berdarah.
- Agrobacterium tumefaciens* untuk pembuatan tanaman transgenik, baik untuk tujuan resistensi terhadap hama dan penyakit, daya simpan produk, maupun untuk peningkatan nutrisi.
- Rhizobium leguminosarum*, hidup pada bintil-bintil akar tanaman Leguminosae dan mampu mengikat nitrogen bebas dari udara, sehingga dapat menyuburkan tanaman. Jenis lain yang mampu memfiksasi nitrogen adalah *Azotobacter*.
- Bakteri *Nitrosococcus*, *Nitrosomonas*, dan *Nitrobacter* berperan dalam menyuburkan tanaman.
- Acetobacter xylinum* untuk membuat *nata de coco* dari air kelapa.

- f. *Methanobacterium* berperan dalam pembuatan energi alternatif metana berupa biogas sebagai bahan bakar. Misalnya yang berasal dari kotoran hewan
- g. Pembusukan (penguraian sisa-sisa makhluk hidup contohnya *Escherichia coli*).
- h. Pembuatan makanan dan minuman hasil fermentasi contohnya *Acetobacter* pada pembuatan asam cuka, *Lactobacillus bulgaricus* pada pembuatan yoghurt, *Acetobacter xylinum* pada pembuatan nata de coco dan *Lactobacillus casei* pada pembuatan keju yoghurt
- i. Berperan dalam siklus nitrogen sebagai bakteri pengikat nitrogen yaitu *Rhizobium leguminosarum* yang hidup bersimbiosis dengan akar tanaman kacang-kacangan dan *Azotobacter chlorococcum*.
- j. Penghasil antibiotik contohnya adalah *Bacillus polymyxa* (penghasil antibiotik polimiksin B untuk pengobatan infeksi bakteri Gram negatif, *Bacillus subtilis* penghasil antibioti untuk pengobatan infeksi bakteri Gram positif, *Streptomyces griseus* penghasil antibiotik streptomisin untuk pengobatan bakteri gram negatif termasuk bakteri penyebab TBC.
- k. Pembuatan zat kimia misalnya aseton dan butanol oleh *Clostridium acetobutylicum*.
- l. Penelitian rekayasa genetika dalam berbagai bidang menggunakan inang rekombinan *Escherichia coli*, dan plasmid dari bakteri sebagai vektor atau wahana, sebagai contoh dalam bidang kedokteran dihasilkan obat-obatan dan produk kimia bermanfaat disintesis oleh bakteri, misalnya enzim, vitamin dan hormon. Dalam bidang pertanian untuk mencari gen-gen ketahanan penyakit tanaman, kekeringan. Dalam bidang industri misalnya untuk perbanyakan metabolit sekunder.

Bakteri yang merugikan antara lain seperti pada tabel berikut.

Tabel 6.3. Bakteri yang merugikan

No.	Nama Bakteri	Penyakit yang ditimbulkan
1.	<i>Treponemia pallidum</i>	Sifilis
2.	<i>Diplococcus pneumonia</i>	Radang paru-paru/Pneumonia
3.	<i>Vibrio cholerae</i>	Kolera
4.	<i>Pasteurela pestis</i>	Sampar/pes
5.	<i>Neisseria gonorrhoe</i>	Kencing nanah/rajasinga
6.	<i>Salmonella typhosa</i>	Tipes
7.	<i>Shigella dysentriae</i>	Disentri
8.	<i>Bacillus antraxis</i>	Antraks pada domba,sapi,kerbau
9.	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	TBC
10.	<i>Clostridium tetani</i>	Tetanus
11.	<i>Xanthomonas citri</i>	Kanker batang pada jeruk

12.	<i>Clostridium botulinum</i>	Pembusukan makanan
13	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	(penyebab penyakit pada tanaman tomat, lombok, terung dan tembakau)
14.	<i>Clostridiumtetani</i>	Tetanus
15	<i>Mycobacterium leprae</i>	penyebab penyakit lepra

G. Rangkuman

Bakteri merupakan mikroorganisme uniseluler, inti sel tersusun atas DNA, prokariotik. Organisme prokariotik ini secara fundamental dibedakan menjadi dua yaitu *Archaeobacteria* dan *Eubacteria* (bakteri) berdasarkan struktur RNA-nya. *Archaeobacteria* meliputi metagenik, halofit ekstrim dan asidofilik.

Bentuk-bentuk bakteri ada tiga macam yaitu coccus, basil dan spirillum. Cara memperoleh makanan ada yang autotrof (yang memiliki klorofil) dan ada yang heterotrof parasit maupun heterotrof saprofit. Selain itu juga ada yang aerob ada pula yang anaerob.

Reproduksi bakteri secara vegetatif dengan pembelahan biner dan pertukaran materi genetika (para seksual) melalui transformasi, transduksi, serta konjugasi.

Bakteri ada yang merugikan karena menyebabkan penyakit, misal *Bacillus anthrax*, dan *Salmonella typosa*. Bakteri yang menguntungkan bagi kehidupan, misalnya untuk pembuatan nata de coco, antibiotik, youghurt, asam cuka, alkohol.

Uji Kompetensi

A. Pilihlah salah satu jawaban soal berikut dengan tepat.

- Tubuh bakteri disusun oleh sel yang bersifat prokariotik, artinya....
 - Selnya amat kecil dan transparan
 - Selnya tidak memiliki sitoplasma
 - Tidak memiliki selaput yang membungkus intinya
 - Penyebab suatu penyakit
 - Tidak memiliki selaput yang membatasi sel
- Bakteri yang disebut basil mempunyai bentuk....
 - Batang
 - Bulat
 - Titik
 - Anggur
 - Rantai

3. Archaeobacteria dan Eubacteria dibedakan berdasarkan....
 - a. Analisis molekuler
 - b. Alat gerak
 - c. Cara memperoleh makanan
 - d. Membran sel
 - e. Kebutuhan oksigen
4. Morfologi bakteri berbentuk bola berkoloni disebut
 - a. Diplococcus
 - b. Streptococcus
 - c. Streptobacillus
 - d. Stafilococcus
 - e. Sarsina
5. Bakteri yang memiliki bentuk seperti gambar berikut disebut....



- a. Atrik
 - b. Amfitrik
 - c. Peritrik
 - d. Lofotrik
 - e. Monotrik
6. Pada bintil akar tanaman Leguminoceae terdapat simbion berupa bakteri....
 - a. *Nitrosococcus*
 - b. *Nitrosomonas*
 - c. *Nitrobacter*
 - d. *Rhizobium*
 - e. *Methanobacterium*
7. Bakteri yang mampu mengubah senyawa nitrit menjadi nitrat adalah....
 - a. *Methanogenik*
 - b. *Nitrosococcus*
 - c. *Nitrosomonas*
 - d. *Nitrobacter*
 - e. *Azotobacter*
8. Besi dapat berkarat, hal ini disebabkan oleh aktivitas bakteri kelompok....
 - a. Termoasidofil
 - b. Halofilekstrim
 - c. Methanogen
 - d. Kemosintetik
 - e. Sulfur
9. Archaeobacteria yang terdapat didalam saluran pencernaan mamalia (sapi, kambing) yang dapat mencerna selulosa adalah....
 - a. *Pseudomonasaeruginosa*
 - b. *Lachnospiramultiparus*
 - c. *Succimonasamilotica*
 - d. *Remunococcusalbus*
 - e. *Methanobacterim*

10. Bakteri yang menguntungkan bagi kita yang dinamakan *Acetobacter xylinum* berperan dalam pembuatan....
- a. Nata de coco
 - b. Antibiotik
 - c. Yoghurt
 - d. Asam cuka
 - e. Alkohol
11. Reaksi tubuh kita jika terinfeksi oleh bakteri adalah....
- a. Sistem pertahanan tubuh akan membentuk hormon
 - b. Sistem pertahanan tubuh akan membentuk enzim
 - c. Sistem pertahanan tubuh akan membentuk kapsul
 - d. Sistem pertahanan tubuh akan membentuk antigen
 - e. Sistem pertahanan tubuh akan membentuk antibodi
12. Sianobakteria memiliki kesamaan dengan bakteri, yaitu....
- a. Uniseluler
 - b. Prokariotik
 - c. Eukariotik
 - d. Metaseluler
 - e. Berflagela
13. Energi yang diperlukan oleh bakteri dihasilkan oleh organel....
- a. Lamella fotosintetik
 - b. Dinding sel
 - c. Ribosom
 - d. Mitokondria
 - e. Mesosom
14. Gen bakteri yang lazim ditransformasikan pada tanaman melalui rekayasa genetika agar tanaman dapat terbebas dari serangan hama dan penyakit adalah....
- a. Bakteri *Rhizobium*
 - b. Bakteri *Nitrosomonas*
 - c. Bakteri sulfur
 - d. Bakteri *Nitrosococcus*
 - e. Bakteri *Bacillus thuringensis*
15. *Lactobacillus bugarius*, adalah jenis bakteri yang dimanfaatkan untuk....
- a. Memproduksi gas bio (metana)
 - b. Menyuburkan tanaman karena mengikat nitrogen bebas
 - c. Menetralisir limbah minyak
 - d. Membuat minuman yoghurt
 - e. Memproduksi pupuk organik

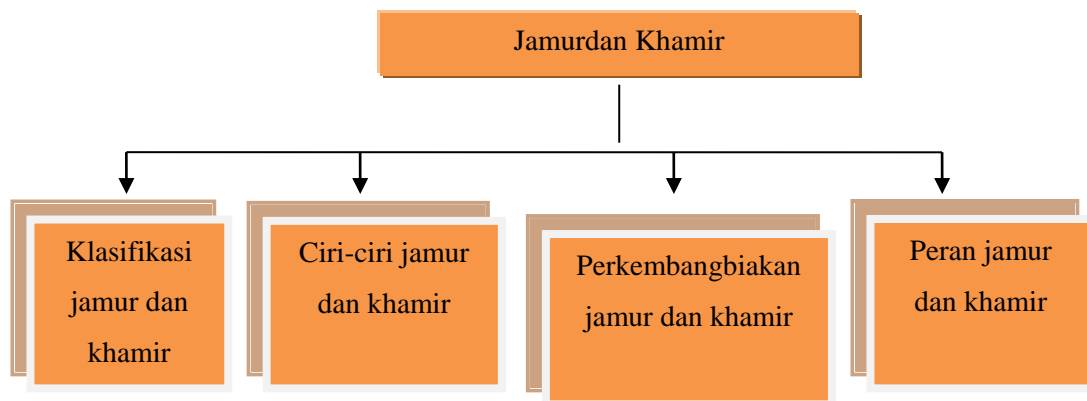
BAB 7

JAMUR DAN KHAMIR

Setelah Kalian mempelajari materi tentang Jamur dan Khamir Kalian diharapkan dapat

- menjelaskan klasifikasi jamur dan khamir
- mendeskripsikan ciri-ciri jamur dan khamir;
- mendeskripsikan perkembangbiakan jamur dan khamir;
- mendeskripsikan peran jamur dan khamir dalam kehidupan.

Peta Konsep



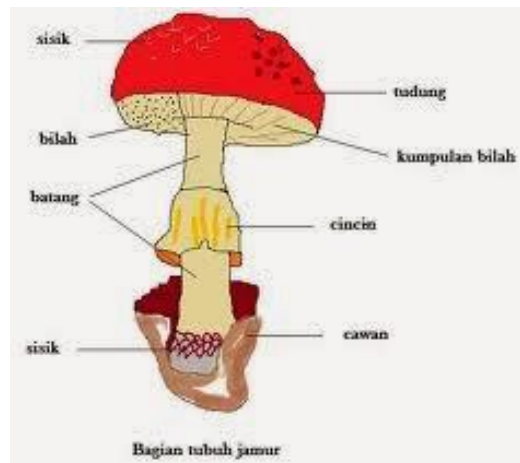
Kata kunci : jamur, khamir

A. Pengertian Jamur (*Fungi*) dan Khamir

Jamur adalah organisme eukariotik yang bersel tunggal atau banyak dengan tidak memiliki klorofil. Jamur bersifat uniseluler dan multiseluler. Sel jamur memiliki dinding yang tersusun atas kitin. Karena sifat-sifatnya tersebut, Jamur dipisahkan dalam kingdomnya tersendiri, ia tidak termasuk dalam kingdom protista dan monera, maupun plantae. Karena tidak berklorofil, jamur termasuk ke dalam makhluk hidup heterotof (memperoleh makanan dari organisme lainnya), dalam hal ini jamur hidup dengan jalan menguraikan bahan-bahan organik yang ada di lingkungannya. Umumnya jamur hidup secara saprofit (hidup dengan mengurai sampah organik seperti bankai menjadi bahan anorganik). Ada juga jamur yang hidup secara parasit (memperoleh bahan organik dari inangnya), adapula yang hidup dengan simbiosis mutualisme (yaitu hidup dengan organisme lain agar sama-sama mendapatkan untung). Jamur (*Fungi*) banyak ditemukan pada lingkungan sekitar yang tumbuhan subur khususnya pada musim hujan karena jamur

menyukai habitat yang tempatnya lembab. Tetapi jamur dapat ditemukan disemua tempat yang terdapat materi organik. Cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang jamur disebut dengan *mikologi*.

Jamur bertalus atau tubuh yang sederhana dengan tidak memiliki akar, batang, dan daun. Jamur tidak berklorofil sehingga tidak membutuhkan cahaya matahari dalam menghasilkan makanan. Jamur bersifat *heterotrof saprofit* atau *heterotrof parasit*.



Sumber. www.google.com

Gambar 7.1. Fungi (Jamur)

B. Reproduksi Jamur (Fungi) dan Khamir

Jamur terbagi atas dua, yaitu uniseluler (besel tunggal) dan multiseluler, nah keduanya memiliki cara berkembang biak yang berbeda. Jamur uniseluler berkembang biak secara aseksual dengan membentuk tunas, dan secara seksual dengan membentuk spora askus. Sedangkan jamur multiseluler yang terbentuk dari rangkaian sel membentuk benang seperti kapas, yang disebut benang hifa. Dalam perkembangbiakkannya secara aseksual ia memutuskan benang hifa (*fragmentasi*), membentuk spora aseksual yaitu zoospora, endospora, dan konidia. Secara seksual melalui peleburan antara inti jantan dan inti betina sehingga terbentuk spora askus atau spora sidium.

Zigospora, askospora, dan basidiospora adalah spora tak berflagela. Jamur yang menghasilkan spora aktif memiliki flagela (*zoospora*) yang dikelompokkan dengan kingdom Protista seperti pada *filum Myxomycota* (jamur lendir) dan *Oomycota* (jamur air). Namun pada sebagian para ahli taksonomi memasukkan *Myxomycota* dan *Oomycota* dalam kingdom Fungi pada divisi *Chytridiomycota* dengan alasan memiliki struktur molekuler protein dengan urutan asam nukleat dimana memiliki kemiripan dengan jamur, seperti memiliki dinding sel dari kitin, dan mengambil nutrisi secara

absorpsi. Chytridiomycota dapat dikatakan sebagai jembatan antara protista dengan jamur.

Zoospora atau spora kembara adalah spora yang dapat bergerak di dalam air dengan menggunakan flagela. Jadi jamur penghasil zoospora biasanya hidup di lingkungan yang lembab atau berair.

Endospora adalah spora yang dihasilkan oleh sel dan spora tetap tinggal di dalam sel tersebut, hingga kondisi memungkinkan untuk tumbuh.

Spora askus atau askospora adalah spora yang dihasilkan melalui perkawinan jamur *ascomycota*. Askospora terdapat dalam askus, biasanya berjumlah 8 spora. Spora yang dihasilkan dari perkawinan kelompok jamur Basidimycota disebut basidispora. Basidispora terdapat di dalam basidium, dan biasanya berjumlah empat spora.

Konidia adalah spora yang dihasilkan dengan jalan membentuk sekat melintang pada ujung hifa atau dengan diferensiasi hingga terbentuk banyak konidia. Jika telah masak konidia paling ujung dapat melepaskan diri.

Reproduksi jamur uniseluler: Aseksual (Membentuk tunas, membentuk spora), Seksual (membentuk spora askus)

Reproduksi jamur multiseluler: Aseksual (Fragmentasi, zoospora, konidia), Seksual (Inti jantan dan inti betina bertemu, akhirnya membentuk spora askus atau spora basidium).

C. Klasifikasi Jamur (Fungi) dan Khamir

Jamur dikelompokkan berdasarkan ciri-ciri, cara hidup dan habitat serta reproduksi. Sejumlah ahli mikologi memprediksi bahwa terdapat sekitar 1,5 juta spesies jamur yang ada diseluruh dunia. Pada jamur yang sudah dikenali atau diidentifikasi yaitu 100.000 spesies atau lebih dari itu. Ahli taksonomi mengelompokkan berbagai jenis jamur yang dalam satu kingdom Fungi. Kingdom Fungi dibagi atas 4 divisi yang berdasarkan cara reproduksinya yaitu secara generatif (seksual) seperti *Zygomycota* (menghasilkan zigospora), *Ascomycota* (menghasilkan askospora), *Basidiomycota* (menghasilkan basidiospora), dan *Deutromycota* (belum diketahui cara reproduksi seksualnya).

1. Ciri-Ciri Jamur (Fungi)

Jamur (Fungi) memiliki beberapa karakteristik/ciri-ciri yang membedakan tumbuhan. Ciri-ciri jamur (fungi) secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Organisme eukariota
- b. Tidak memiliki klorofil

- c. Bersifat uniseluler dan multiseluler
- d. Tubuhnya terdiri dari benang-benang yang disebut dengan hifa
- e. dapat membentuk anyaman yang bercabang-cabang yang disebut dengan miselium
- f. Bereproduksi secara generatif dan vegetatif
- g. Tidak memiliki flagela dalam daur hidupnya
- h. Tidak mengandung selulosa pada dinding selnya, melainkan karbohidrat kompleks (termasuk kitin)
- i. Tumbuh pada habitat yang lembab, mengandung banyak zat organik, sedikit asam, dan kurang cahaya.

2. Reproduksi Jamur (Fungi)

Reproduksi Jamur sebagian besar jamur bereproduksi dengan spora mikroskopik, yaitu sel reproduktif yang tidak motil. Spora umumnya dihasilkan dari hifa aerial yang terspesialisasi. Hifa aerial pada beberapa jamur membentuk struktur kompleks yang disebut dengan badan buah (*fruiting body*). Spora yang dihasilkan dalam badan buah. Ada tiga bentuk struktur reproduktif pada jamur, yaitu gametangium, sporangium, dan konidiofor. Gametangium adalah struktur tempat pembentukan gamet. Sporangium adalah struktur tempat dibentuknya spora. Sedangkan konidiofor adalah hifa yang terspesialisasi dengan menghasilkan spora aseksual yang disebut dengan konidia.

Reproduksi Jamur (Fungi) terjadi secara vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual). Biasanya tumbuhan jamur bereproduksi secara generatif merupakan reproduksi darurat yang dilakukan jika terjadi perubahan pada kondisi lingkungannya. Reproduksi yang dilakukan secara generatif menghasilkan keturunan yang memiliki beragam genetik lebih tinggi dibandingkan reproduksi yang dilakukan secara vegetatif. Dari variasi genetik tersebut memungkinkan akan menghasilkan keturunan yang lebih adaptif jika terjadi perubahan kondisi pada lingkungannya.

3. Reproduksi Aseksual

Reproduksi aseksual pada jamur merupakan jamur bersel satu yang dilakukan dengan cara pembentukan tunas yang akan tumbuh menjadi sebuah individu baru. Selain itu reproduksi secara vegetatif pada jamur multiseluler yang dilakukan dengan beberapa cara:

- a. Fragmentasi (pemutusan) hifa. Potongan hifa yang terpisah kemudian akan tumbuh menjadi jamur baru

- b. Pembentukan spora aseksual. Spora aseksual dapat berupa sporangiospora atau konidiospora.

Pada beberapa jenis jamur yang sudah dewasa akan menghasilkan *sporangiosfor* (tangkai kotak spora). Di ujung sporangiofor terdapat sporangium (kotak spora). Sedangkan dalam kotak spora akan terjadi pembelahan sel secara mitosis yang menghasilkan banyak sporangiospora dengan kromosom haploid (n). Sedangkan pada jamur yang lainnya jika sudah dewasa dapat menghasilkan konidiofor (tangkai konidium). Pada ujung konidiofor terdapat konidium (kotak konidiospora). Dalam konidium akan terjadi pembelahan sel yang dilakukan secara mitosis dengan menghasilkan banyak konidiospora berkromosom haploid (n). Baik sporangiospora maupun konidiospora, jika jatuh pada tempat yang cocok akan tumbuh menjadi hifa baru yang haploid (n).

4. Reproduksi Seksual

Reproduksi jamur dengan generatif (seksual) dilakukan terlebih dahulu dengan pembentukan spora seksual melalui peleburan antara hifa yang memiliki jenis berbeda. Mekanisme reproduksi secara generatif adalah sebagai berikut.

- a. Hifa (+) dan Hifa (-), masing-masing akan berkromosom haploid (n), dengan berdekatan membentuk gametangium. Gametangium adalah organ yang dapat menghasilkan gamet pada tumbuhan yang memiliki tingkat rendah.
- b. Gametangium mengalami plasmogami (peleburan sitoplasma) yang membentuk zigosporangium dikariotik (heterokariotik) dengan pasangan nukleus yang kromosom haploid yang belum bersatu. Pada zigosporangium memiliki lapisan yang dinding selnya tebal dan kasar bertahan pada kondisi yang buruk atau kering.
- c. Jika kondisi lingkungan membaik akan menjadi kariogami (peleburan inti) sehingga zigosporangium memiliki inti yang berkromosom diploid ($2n$)
- d. Inti diploid ($2n$) zigosporangium segera mengalami pembelahan yang mitosis akan menghasilkan zigospora haploid (n) didalam zigosporangium.
- e. Zigospora haploid (n) akan berkecambah membentuk sporangium yang berangkai pendek dengan kromosom haploid (n).
- f. Sporangium haploid (n) akan menghasilkan spora-spora yang haploid (n). Spora-spora ini akan memiliki keanekaragaman genetik.
- g. Jika spora-spora haploid (n) jatuh pada tempat yang cocok, hal ini akan terjadi kecambah (germinasi) yang menjadi sebuah hifa jamur yang haploid (n). Hifa

tersebut akan tumbuh dengan membentuk jaringan miselium yang semuanya haploid (n).

Klasifikasi Jamur berdasarkan cara reproduksi secara generatif (seksual) yang meliputi ciri-ciri, cara hidup, reproduksi atau daur hidup dikelompokkan dalam 4 divisi yaitu :

1 Divisi Zygomycota



Sumber. www.google.com

Gambar 7.2. Jamur Zygomycota

Jamur ini dinamakan sebagai Zygomycota karena membentuk spora istirahat berdinding tebal yang disebut dengan *zigospora*. Zygomycota berhabitat di darat, di tanah, atau pada sisa organisme mati Zygomycota merupakan kelompok utama yang dapat dikatakan penting karena membentuk mikorisa (simbiosis jamur dengan akar tanaman). Anggota Zygomycota yang utama hidup sebagai saprofit.

a. Struktur Tubuh Zygomycota

Zygomycota memiliki miselium yang bercabang banyak dan tidak bersekat-sekat. Pada zygomycota memiliki hifa yang bersifat senositik. Septa yang ditemukan hanya disaat sel bereproduksi. Salah contoh dari Zygomycota yang penting adalah Rhizopus stolonifer. Jamur ini biasanya tumbuh pada roti dan makanan lain. Misliem pada Rhizopus memiliki tiga tipe hifa yaitu:

- a) *Stolon*, hifa yang membentuk jaringan pada permukaan substrak (misalnya roti)
- b) *Rizoid*, hifa yang menembus substrak dan berfungsi sebagai jangkar untuk menyerap makanan
- c) *Sporangiofor*, hifa yang tumbuh dengan tegak pada permukaan substrak dan memiliki sporangium globuler di ujungnya.

b. Cara Reproduksi Zygomycota

Zygomycota bereproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual menggunakan spora nonmotil yang dihasilkan oleh sporangium, sedangkan reproduksi seksual dengan cara konjugasi. Reproduksi seksual Rhizopus terjadi menggunakan batang pendek Rhizopus yang berjenis kelamin positif dan batang pendek Rhizopus lain berjenis kelamin negatif dengan mempertemukan ujung masing-masing. Setelah pertemuan tersebut akan terbentuk sekat dinding pada bagian bawah ujung cabang hifa. Gamet kedua Rhizopus kemudian bertemu dan melebur membentuk zigot. Zigot akan berkembang menjadi zigospora. Zigospora memiliki dinding pelindung dengan ukuran yang tebal disebut dengan *zigosporangium*. Zigospora memasuki periode dormansi (tidak melakukan aktivitas metabolisme). Dormansi biasanya berlangsung 1 sampai 3 bulan. Setelah periode dormansi, zigospora berkecambah. Saat berkecambah, inti dari zigospora melakukan meiosis, yang akan tumbuh hifa haploid pendek. Hifa haploid itu akan segera membentuk sporangium yang akan membentuk sporangium dengan memproduksi spora aseksual. Setelah dibebaskan dari sporangium, spora aseksual akan membentuk miselium baru.

c. Ciri-Ciri Zygomycota

- a) Zygomycota habitat didarat, tanah dan hidup dengan saprofit
- b) Merupakan kelompok utama dalam membentuk mikoriza
- c) Memiliki miselium yang bercabang banyak dan juga tidak bersekat-sekat
- d) Zygomycota memiliki hifa yang bersifat senositik
- e) Dinding sel terdiri dari kitin dan tidak memiliki zoospora sehingga spora memiliki sel-sel yang ber dinding
- f) Bereproduksi secara aseksual dan seksual
- g) Reproduksi secara aseksual dilakukan pada spora yang telah pecah yang berasal dari sporangium, sehingga beberapa hifa akan muncul dengan ujung yang membentuk sporangium berisi spora jika terhambur akan membentuk miselium baru.
- h) Reproduksi secara seksual dilakukan dengan peleburan dua hifa yaitu hifa betina dan jantan. Hifa betina adalah hifa yang memberikan isi selnya. Sedangkan hifa jantan adalah hifa yang menerima isi selnya.
- i) Hifa berfungsi dalam menyerap makanan yang disebut dengan rizoid

d. Peranan Zygomycota

Beberapa jenis Zygomycota memiliki manfaat dalam pembuatan makanan, seperti *Rhizopus oryzae*, digunakan untuk membuat tempe dan pada *Mucor javanicus* terdapat dalam ragi tape. *Rhizopus nigricans* digunakan dalam menghasilkan asam fumarat.

Tubuh Zygomycota terdiri dari hifa bening yang bersekat melintang, ada pula yang tidak bersekat melintang. Hifa bercabang banyak dan dinding selnya mengandung kitin.

Contoh jamur ini adalah jamur yang tumbuh pada tempe, selain itu ada juga yang hidup secara saprofit pada roti, nasi, dan bahan makanan lainnya. Ada pula yang hidup secara parasit, misalnya penyebab penyakit busuk pada ular jalar.

Jamur Zygomycota berkembangbiak secara aseksual dengan spora. Beberapa hifa akan tumbuh ke atas dan ujungnya menggelembung membentuk sporangium. Sporangium yang masuk berwarna hitam. Sporangium kemudian pecah dan spora tersebar, spora jatuh di tempat yang sesuai akan tumbuh membentuk benang baru.

Reproduksi secara seksual dilakukan dua hifa yaitu hifa betina (hifa -) dan hifa jantan (hifa +) bertemu, kemudian inti jantan dan inti betina melebur, terbentuk zigot yang berdinding tebal. Zigot menghasilkan kista spora yang disebut zigosporangium dan sporanya disebut zygospora. Zygospora mengalami dormansi (istirahat) selama 1-3 bulan. Setelah itu zygospora akan berkecambah membentuk hifa. Hifa jantan dan betina hanya istilah saja, dan disebut jantan, jika hifanya memberi isi sel, disebut betina kalau menerima isi sel.

2. Divisi Ascomycota

Ciri Khusus dari jamur Ascomycota dapat menghasilkan spora askus (askospora), yaitu spora hasil reproduksi seksual, berjumlah 8 spora yang tersimpan di dalam kotak spora. Kotak spora ini menyerupai kantong sehingga disebut askus, untuk mengetahui bentuk dan struktur askus dibutuhkan pengamatan yang teliti.



Sumber. www.google.com

Gambar 7.3. Jamur Ascomycota

Reproduksi Ascomycota terdiri dari dua reproduksi yaitu:

a. Reproduksi seksual

Reproduksi seksual adalah hifa yang bercabang-cabang ada yang berdiferensiasi membentuk alat reproduksi betina yang ukurannya menjadi lebih besar, yang disebut askogonium. Dari ujung hifa lain terbentuk alat reproduksi jantan yang disebut anteridium berinti haploid (n kromosom). Dari askogonium tumbuh saluran yang menghubungkan antara askogonium dan anteridium. Saluran itu disebut trikogin. Melalui saluran trikogin inilah inti sel dari anteridium pindah dan masuk ke dalam askogonium. Selanjutnya, inti anteridium dan inti askogonium berpasangan. Setelah terbentuk pasangan inti, dari askogonium tumbuh beberapa hifa. Hifa ini disebut sebagai hifa askogonium. Nah ini yang berpasangan itu masuk ke dalam askogonium, kemudian membelah secara mitosis, namun tetap saja berpasangan. Setelah memasuki inti hifa askogonium terus tumbuh, membentuk sekat melintang, dan bercabang-cabang banyak. Di ujung-ujung hifa askogonium ini terdapat dua inti. Ujung hifa inilah yang kelak akan membentuk askus. Cabang-cabang hifa itu dibungkus oleh miselium, bentuknya kompak, yang mudah menjadi tubuh buah atau askokarp.

Dua inti di dalam askus yang berasal dari ujung hifa itu membelah secara meiosis membentuk 8 buah spora. Jadi, spora tersebut terbentuk di dalam askus, karena itulah disebut spora askus. Spora askus dapat tersebar kemana-mana karena angin. Jika jatuh di tempat yang sesuai spora askus akan tumbuh menjadi benang hifa baru.

b. Reproduksi Aseksual

Selain reproduksi secara seksual, jamur ini juga melakukan perkembangbiakan secara aseksual melalui pembentukan tunas, pembentukan konidia, fragmentasi. Warna spora dan konidia bermacam-macam. Ada yang hitam, coklat, bahkan kebiruan, dan juga ada yang merah oranye.

Ukuran tubuh Ascomycota ada yang mikroskopis (satu sel), ada yang makroskopis (dapat dilihat dengan mata). Golongan jamur ini ada yang hidup saprofit, parasit, dan ada pula yang bersimbiosis.

Rangkuman Ascomycota :

- a) Hidup saprofit, parasit, ada yang bersimbiosis
- b) Hifa bersekat melintang, bercabang-cabang
- c) Reproduksi aseksual dengan tunas, fragmentasi, konidia
- d) Reproduksi seksual dengan menghasilkan spora askus.

3. Divisi Basidiomycota



Sumber. www.google.com

Gambar 7.4. Jamur Basidiomycota

Jamur Basidiomycota umumnya merupakan jamur makroskopik, dapat dilihat dengan mata karena ukurannya yang besar. Pada musim penghujan dapat kita temukan pada pohon, misalnya jamur kuping, jamur pohon, atau di tanah yang banyak mengandung bahan organik, misalnya jamur barat. Bentuknya kebanyakan mirip payung misalnya pada jamur merang yang kalian amati. Basidiomycota ada yang dibudayakan seperti jamur merang, jamur tiram, jamur shiitake, dan lainnya, jamur-jamur tersebut merupakan makanan bergizi tinggi.

Hifa Basidiomycota memiliki sekat melintang, berinti satu (monokariotik) atau dua (dikariotik). Miseliumnya berada pada substrat. Dari hifa dikariotik dapat muncul tubuh buah berbentuk payung atau bentuk lain yang menjulang di atas substrat. Bagian tubuh buah inilah yang enak dimakan. Tubuh buah atau basidiokarp merupakan tempat tumbuhnya basidium. Setiap basidium menghasilkan 4 spora basidium.

Secara singkat daur hidup Basidiomycota : Hifa (+) bertemu hifa (-) → inti dari hifa (+) pindah ke hifa(-) → hifa dikariotik → tumbuh miselium muncul basidiokarp → membentuk basidium → spora basidium.

Rangkuman Basidiomycota :

- a. Merupakan jamur makroskopik
- b. Hifa bersekat melintang, monokariotik, atau dikariotik
- c. Menghasilkan spora basidium dari reproduksi seksualnya
- d. Reproduksi aseksual dengan Konidia

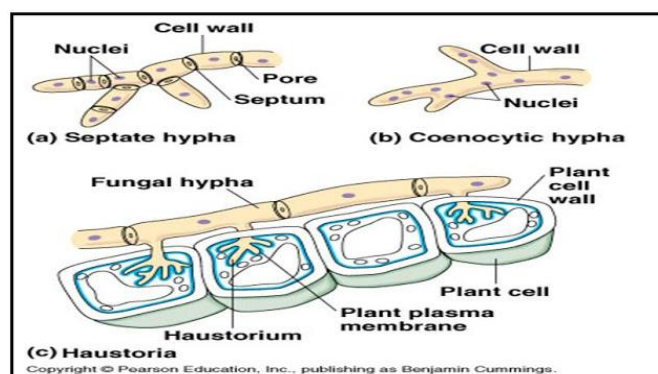
4. Divisi Deuteromycota

Telah dibahas sebelumnya bahwa jamur yang reproduksi seksualnya menghasilkan askus digolongkan kedalam Ascomycota dan yang menghasilkan basidium digolongkan kedalam Basidiomycota. Akan tetapi belum semua jamur yang dijumpai di alam telah diketahui cara reproduksi seksualnya. Kira-kira terdapat sekitar 1500 jenis jamur yang

belum diketahui cara reproduksi seksualnya. Akibatnya tidak ada yang bisa menggolongkan 1500 jamur tersebut. Jamur yang demikian untuk sementara waktu digolongkan ke dalam *Deuteromycota* atau “jamur tak tentu”. Jadi *Deuteromycota* bukanlah penggolongan yang sejati atau bukan takson. Jika kemudian menurut penelitian ada jenis dari jamur yang diketahui proses reproduksi seksualnya, maka akan dimasukkan ke dalam *Ascomycota* atau *Basidiomycota*. Sebagai contoh adalah jamur oncom yang mula-mula jamur ini berada di divisi *deuteromycota* dengan nama *Monilia sitophila*. Namun setelah diteliti ternyata jamur ini menghasilkan askus sehingga dimasukkan ke dalam *Ascomycota*.

a. Ciri-Ciri Umum Fungi (Jamur)

- a) Organisme eukariotik, karena mempunyai membran inti.
- b) Dinding selnya terdiri dari zat kitin.
- c) Tidak memiliki klorofil.
- d) Bersifat heterotrof (saprofit, parasit, atau simbiotik).
- e) Tubuhnya ada yang uniseluler dan ada juga yang multiseluler. Fungi multiseluler tersusun atas benang-benang hifa membentuk anyaman yang disebut miselium. Hifa ada yang bersekat (*septum*) ada yang tidak bersekat (*aseptum*) sehingga mempunyai banyak inti yang disebut senositik.
- f) Reproduksi secara asexual dan seksual.
- g) Reproduksi secara asexual dengan pembentukan kuncup (pada khamir), fragmentasi, dan pembentukan spora asexual (berupa sporangiospora atau konidia).
- h) Reproduksi secara seksual dengan konjugasi dan pembentukan spora seksual (berupa zigospora, askospora, dan basidiospora).
- i) Habitat fungi, yaitu di darat (*terrestrial*) dan di tempat lembab.



Sumber. www.google.com

Gambar 7.5. Bagian-bagian sel jamur

Jamur adalah organisme eukariot yang memiliki dinding sel tetapi tidak memiliki klorofil. Awalnya jamur dimasukkan ke dalam kingdom plantae, tetapi kini jamur membentuk kingdom tersendiri yaitu kingdom fungi karena tidak dapat berfotosintesis. Berdasarkan cara berkembang biaknya, klasifikasi jamur dibagi menjadi empat divisi yaitu zygomycota, ascomycota, basidiomycota, deuteromycota, dan chytridiomycota. Klasifikasi jamur, ciri-ciri, dan gambar ada 4 divisi yaitu:

1. Zygomycota



Ivy Livingstone ©BIODIDAC

Sumber. www.google.com

Gambar 7.6. Rhizopus

Zygomycota adalah jamur yang menggunakan zigosporangium sebagai alat reproduksi seksual dan zigospora sebagai hasil reproduksi seksual. Selain itu, zygomycota juga dapat melakukan reproduksi aseksual dengan fragmentasi miselium atau spora aseksual (*spora vegetatif*) yang dihasilkan oleh sporangium. Contoh zygomycota adalah *Rhizopus stolonifer*, *Rhizopus oligosporus* (jamur tempe), dan *Rhizopus oryzae* (jamur tapai). Berikut adalah ciri-ciri zygomycota:

- a. Memiliki hifa soenositik (bersekat dan tidak bersekat)
- b. Alat reproduksi seksual berupa zigosporangium
- c. Membentuk zigospora
- d. Dinding sel tersusun dari zat kitin
- e. Hidup saprofit
- f. Miselium bercabang banyak
- g. Mempunyai haustoria
- h. Tidak memiliki zoospora
- i. Spora berupa sel-sel berdinding

2. Ascomycota

Ascomycota adalah jamur yang berkembang biak dengan membentuk spora di dalam sel yang disebut askus. Askus berbentuk seperti kantung kecil. Alat reproduksi aseksual berupa hifa. Contoh ascomycota adalah *Saccharomyces cerevisiae* (fermentasi alkohol) dan *Aspergillus flavus* (penghasil racun aflatoksin).

Ascomycota mempunyai ciri yaitu talus yang terdiri dari miselium yang bersekat. Reproduksi seksual pada Ascomycota yang akan membentuk *askospora* didalam askus. Ada yang hidup sebagai saproba dan ada juga yang hidup sebagai parasit, yang menimbulkan berbagai macam penyakit pada tumbuh-tumbuhan.



Sumber : Foto Hedi Sasrawah
Gambar 7.7. Jamur Ascomycota

Pada reproduksi aseksual Ascomycota yang menghasilkan spora *konidin* yang terbentuk pada ujung hifa yang khusus disebut dengan *konidiofor*. Kecuali dari beberapa kelompok kecil yang umumnya askus itu dibentuk didalam tubuh buah yang disebut askokarp atau askoma. Bentuk askus terdiri dari macam-macam bentuk antara lain : askus tanpa askokarp, askus yang askokarpnya berbentuk seperti mangkok yang disebut apotesium, askus yang askokarpnya berbentuk bola tanpa ostiolum disebut dengan kleistotesium, askus yang askokarpnya berbentuk botol dengan leher dan memiliki ostiolum disebut peritesium.

b. Klasifikasi Ascomycota Berdasarkan Ascus :

- a) *Hemiascomycetes* adalah jamur yang tidak membentuk askokarp dan tidak memiliki hifa. Tubuh *Hemiascomycetes* terdiri dari sel yang bulat atau oval yang dapat bertunas atau juga dapat dikatakan berkuncup maka terbentuk rantai sel atau hifa semu.

Reproduksi *Hemiascomycetes*

Reproduksi aseksual berupa dinding sel yang menonjol keluar membentuk tunas kecil. Dengan membesarnya tonjolan ini, sitoplasma dari sel induk tersebut mengalir ke dalamnya, lalu menyempit pada bagian dasarnya. Nukleus dalam sel induk membelah secara mitosis dan satu inti anak bergerak ke dalam sel tunas yang tadi. Sel anak dapat memisahkan diri atau tetap akan melekat sambil dengan melangsungkan diri atau tetap melekat sambil dengan melangsungkan pertunasan lebih lanjut bersama-sama sel induknya, maka dari itu terbentuklah koloni.

Reproduksi seksual Hemiascomycetes terjadi jika keadaan lingkungan tidak sesuai untuk bereproduksi secara aseksual. Sel khamir dapat dengan berfungsi sebagai askus. Nukleusnya yang diploid dapat melangsungkan pembelahan miosis maka terbentuklah 4 sel haploid (n). Lalu, dinding sel melindungi inti-inti itu dengan bersama sitoplasma yang asalnya dari sel induk dan pada akhirnya terdapat 4 askospora haploid. Contohnya adalah *Saccharomyces* (ragi). Beberapa jenis *Saccharomyces* antara lain :

- *Saccharomyces cerevisiae* memiliki banyak sebutan seperti khamir roti, khamir bir, dan khamir raja.
- *Saccharomyces cerevisiae* digunakan dalam pembuatan roti dan alkohol.
- *Saccharomyces tuac* digunakan untuk mengubah air nira (legen) menjadi tuak.
- *Saccharomyces ellipsoideus*, digunakan untuk memfermentasikan buah anggur yang menjadi anggur minuman.

Tidak semua ragi bermanfaat bagi manusia. Beberapa dari spesies dapat menimbulkan berbagai penyakit bagi manusia. Contohnya *Candida albicans*, penyebab penyakit sariawan, penyakit mulut, kerongkongan, dan menyebabkan keputihan.

- b) *Plectomycetes* adalah takson kelas *Ascomycota* yang memiliki ciri adanya askokarp yang berbentuk bola yang disebut sebagai *kleistotesium*. Kelompok ini ada yang hidup sebagai saproba, parasit, atau hiperparasit. Jamur yang termasuk dalam kelas *Plectomycetes* adalah *Aspergillus* dan *Penicillium*. Kedua jamur tersebut bereproduksi dengan aseksual yang dilakukan dengan pembentukan konidium dalam rantai pada konidiofor tegak. sedangkan pada reproduksi aseksualnya dengan spora yang dibentuk dalam askus. Askus-askus berkumpul dalam askokarp.

- c) *Pyrenomyces* adalah askoma yang memiliki bentuk khusus yang dilengkapi dengan ostiolum (lubang untuk melepas askus dan askospora). Tubuh yang disebut dengan peritesium, yang berwarna cerah atau gelap. Contoh kelas dari *Pyrenomyces* yang menarik adalah *Neurospora sitophila* yang banyak digunakan di Indonesia untuk membuat oncom merah dari ampas tahu atau bungkil kacang tanah. *Neurospora* dapat tumbuh dengan subur pada tongkol jagung yang telah direbus dan telah diambil bijinya.

Ciri-ciri ascomycota :

- a. Menghasilkan askospora dalam hasil reproduksi secara seksual
- b. Talus uniseluler dan multiseluler
- c. Hifa yang bersekat dan tiap sekatnya memiliki inti satu
- d. Dinding hifa diperkuat dengan selulosa dan memiliki sifat heterokarotik (inti berbeda muatan)
- e. Reproduksi aseksual dengan memperbanyak konidia, spora, tunas dan fragmentasi
- f. Reproduksi seksual dengan konjugasi yang digunakan untuk membentuk askospora di dalam askus
- g. Umumnya askus dibentuk dalam tubuh buah yang disebut dengan askokarp (askoma)
- h. Umumnya hidup saprofit
- i. Memiliki banyak inti sel
- j. Spora tidak berflagela
- k. Bentuk tubuh seperti mangkuk.

3. Basidiomycota

Basidiomycota merupakan spesies makroskopis dan amat mencolok. Jamur ini umumnya terdapat di lapangan dan hutan-hutan. Basidiomycota memiliki struktur tubuh dengan ciri utama yaitu hifa yang bersepta dengan sambungan apit (*clamp connection*). Spora aseksual terbentuk pada basidium yang memiliki bentuk ganda. Tubuh cendawan Basidiomycota meliputi struktur mirip batang dan tudung yang disebut dengan basidiokarp. Jamur Basidiomycota memiliki struktur yang disebut dengan basidium dan menghasilkan spora. Dibagian ujung basidium akan tumbuh empat basidiospora. Basidiomycota terdiri dari beberapa kelas seperti Hymenomyces yang memiliki ordo dari Agaricales, famili Agaricaceae, yang meliputi jamur-jamur berlamela atau memiliki keping lipatan yang berupa bilah-bilah.



Sumber : Foto Hedi Sasrawah

Gambar 7.8. Jamur Basidiomycota

Basidiomycota adalah jamur yang bereproduksi aseksual dengan membentuk spora di atas sel yang disebut basidium. Reproduksi seksual dilakukan dengan membentuk spora konidia. Contoh basidiomycota adalah *Volvariella volvacea* (bahan makanan), *Puccinia graminis* (penyakit pada tebu), dan *Ustilago scitamanae* (parasit pada Graminae).

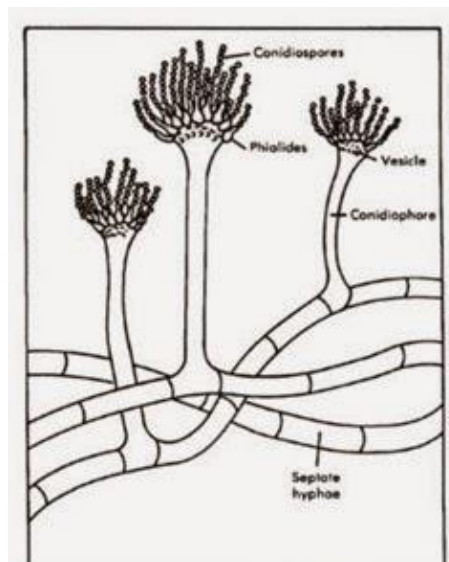
Ciri-ciri basidiomycota:

- a. Hifa bersekat
- b. Multiseluler
- c. Vegetatifnya memiliki satu inti haploid
- d. Memiliki basidiokarp
- e. Badan buah berbentuk seperti payung atau kuping
- f. Umumnya hidup saprofit
- g. Beberapa jenis dapat dijadikan sumber makanan
- h. Berdaging dan bersifat saproba
- i. Tubuh buah seperti payung
- j. Pada beberapa spesies tangkainya asimetris, pendek, bahkan ada juga yang tidak bertangkai
- k. Basidiospora terdapat pada permukaan lamela atau bila yang terbentuk dibagian bawah tudungnya
- l. Makroskopis disebut dengan mushroom
- m. Reproduksi aseksual dengan tunas, fragmentasi, dan konidia. Sedangkan pada reproduksi secara seksual adalah dengan cara membentuk basidiospora. Basidiospora menghasilkan basidium yang memiliki bentuk seperti gada. Basidium ada yang bersekat, dan ada juga yang tidak bersekat.

Peranan Basidiomycota, sebagian dari jenis Basidiomycota memiliki manfaat yang dalam kehidupan manusia seperti *Auricularia politricha* (jamur kuping) dapat dimakan, *Volvariella volcaea* (jamur merang) dapat dimakan, *Ganodema applanatum* digunakan sebagai obat (makanan suplemen). *Ustilago scitaminae* (jamur karat).

4. Deuteromycetes

Deuteromycota disebut sebagai *fungi imperfecti* (jamur tidak sempurna). Ciri utama Deuteromycota belum diketahui reproduksi aseksual selama siklus hidupnya. Deuteromycota hanya dapat ditemukan didarat. Sebagian besar dari anggota divisi ini kemungkinan memiliki kerabat dengan Ascomycota yang dilihat dari adanya pembentukan konidia. Sisanya menyerupai Zygomycota dan Basidiomycota yang tidak bereproduksi secara seksual. Diperkirakan jamur ini adalah suatu peralihan jamur yang digolongkan antara Ascomycota ke Basidiomycota tetapi tidak diketahui hubungannya.



Sumber : Foto Hedi Sasrawah
Gambar 7.9. Jamur Deuteromycetes

Deuteromycota bereproduksi secara aseksual dengan menghasilkan spora atau konidia atau menghasilkan hifa yang khusus disebut dengan konidiofor. Contoh deuteromycetes adalah *Aspergillus wentii*, *Tinea versicolor*, dan *Trichophyton*.

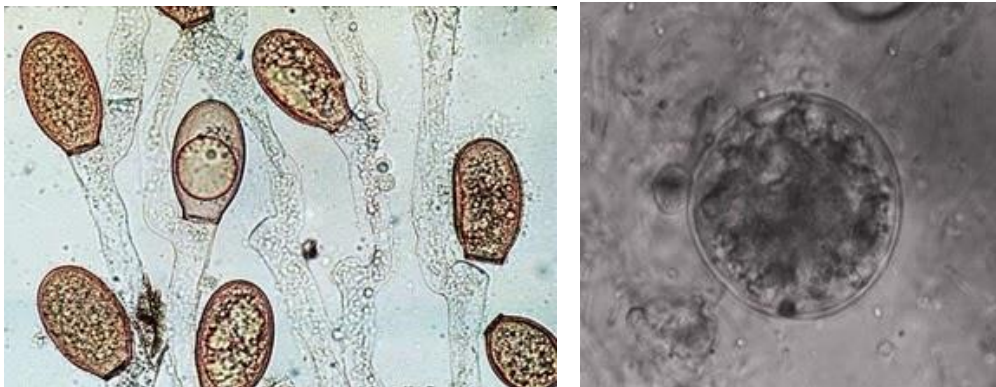
Ciri-ciri deuteromycota:

- Hifa bersekat
- Reproduksi aseksual dengan konidia
- Dinding sel terbuat dari zat kitin
- Tubuh berukuran mikroskopis
- Multiseluler

- f. Umumnya jenis Deuteromycota bersifat merusak atau menyebabkan penyakit pada manusia, hewan, dan tanaman.

Peranan Deuteromycota bersifat saprofit dibanyak jenis materi genetik, sebagai parasit pada tanaman tingkat tinggi, dan sebagai perusak tanaman budidaya serta pada tanaman hias. Deuteromycota dapat menimbulkan berbagai macam penyakit pada kulit manusia seperti dermatomikosis, misalnya penyakit kurap yang disebabkan *Microsporum*, *Trichophyton*, dan *Epidermophyton*. Penyakit panu sendiri disebabkan oleh *Tinea versicolor*.

5. Chytridiomycota



Sumber : Foto Hedi Sasrawah
Gambar 7.10. Jamur Chytridiomycota

Chytridiomycota adalah jamur yang bereproduksi dengan zoospora. Divisi ini sering disebut sebagai peralihan antara protista dan fungi. Chytridiomycota dinyatakan termasuk ke dalam kingdom fungi setelah membandingkan susunan DNA pada divisi tersebut. Contoh chytridiomycota adalah *Synchytrium endobioticum* (patogen pada umbi kentang), *Chytridium*, dan *Physoderma maydis* (noda pirang pada jagung).

Ciri-ciri chytridiomycota:

- Sebagian besar hidup di air
- Beberapa bersifat saprofitik
- Bersifat parasit pada invertebrata di air
- Mendapatkan nutrisi dengan cara absorpsi
- Dinding sel tersusun atas senyawa chitin
- Memiliki hifa senositik
- Bereproduksi dengan membentuk zoospora berflagel.

D. Peranan Jamur dan Khamir dalam Kehidupan Manusia

Peranan jamur terdiri atas dua yaitu jamur menguntungkan dan jamur merugikan. Seperti yang kita ketahui bahwa jamur banyak dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan lain-lainnya, namun kalian harus teliti dalam memilih dan memilah jamur apa saja yang dapat dimanfaatkan karena banyak juga jamur yang merugikan, yang tidak dapat dikonsumsi oleh manusia. Jamur merugikan juga memiliki jumlah yang banyak dan begitu juga dengan jamur yang menguntungkan memiliki jumlah yang banyak, hal ini membuat kita mengetahui macam-macam jamur yang menguntungkan dan merugikan. Berikut macam-macam jamur yang menguntungkan dan merugikan manusia.

1. Peranan jamur yang menguntungkan

Dalam kehidupan manusia, jamur yang mempunyai berbagai manfaat, antara lain menjaga keseimbangan dan kelestarian ekosistem, sebagai sumber bahan makanan bergizi tinggi, untuk membuat jenis makanan baru dan makanan suplemen, untuk obat-obatan dan membasmi organisme penyebab penyakit. Macam-macam jamur yang menguntungkan manusia antara lain sebagai berikut.

- a) *Rhizopus stolonifer*, digunakan untuk membuat tempe
- b) *Aspergillus oryzae*, digunakan untuk mengempukkan adonan
- c) *Saccharomyces cerevisiae*, digunakan untuk membuat tape, roti, bir, dan minuman sake.
- d) *Neurospora crassa*, digunakan untuk membuat oncom
- e) *Trichoderma sp*, digunakan untuk menghasilkan enzim selulase
- f) *Rhizopus nigricans*, digunakan untuk menghasilkan asam fumarat
- g) *Ganaoderma lucidum*, digunakan sebagai bahan obat.

Manfaat, jenis, tempat hidup dan fungsi jamur yang menguntungkan, dapat dilihat pada table dibawah ini.

No.	Manfaat	Jenis atau nama Jamur	Tempat/Hidup/Medium Substrak	Fungsi Jamur
1.	Menjaga keseimbangan dan kelestarian ekosistem	Semua jamur saproda (pengurangi)	Tanah daratan, air tawar, dan air laut	Pengurangi sampah dan bangkai, membantu tumbuhan untuk mendapatkan zat anorganik
		<i>Mucor mucedo</i>	Kotoran hewan	Pengurangi kotoran
	Trichoderma sp	<i>Trichoderma sp</i> Kertas, sisa-sisa kayu	Kertas, sisa-sisa kayu	Mempercepat penguraian selulosa karena dapat menghasilkan enzim selulase
2.	Sumber bahan makanan	<i>Sarcoscypha coccinea</i>	Batang kayu mati	Sebagai obat

		<i>Lentinula edodes</i> (jamur shitake)	Kayu lapuk	Untuk dimakan
		Jamur Maitake	Kayu lapuk	Sebagai campuran sop atau ditumis

2. Peranan jamur yang merugikan

Beberapa jenis jamur dapat merugikan manusia, misalnya jamur yang bersifat patogen atau menimbulkan penyakit, misalkan racun, merusak tanaman budidaya sehingga menggagalkan panen, dan membusukkan bahan makanan. Macam-macam jamur yang merugikan adalah sebagai berikut.

- Peranan jamur yang merugikan
 - a) *Aspergillus fumigatus*, menyebabkan kanker pada paru-paru burung
 - b) *Candida albicans*, infeksi pada vagina
 - c) *Ustilago maydis*, parasit pada tanaman jagung dan tembakau
 - d) *Microsporum sp*, dan *Trichophyton sp*, menyebabkan kurap atau panu
 - e) *Epidermophyton floccosum*, menyebabkan penyakit pada kaki atlet
 - f) *Aspergillus flavus*, penghasil aflatoksi, penyebab kanker pada manusia
 - g) *Amanita phalloides*, mengandung balin yang menyebabkan kematian bagi yang memakannya

Divisi jamur, jenis atau nama, tempat hidup/medium, kerugian atau penyakit yang ditimbulkan jamur bagi kehidupan manusia dapat dilihat pada table dibawah ini.

No.	Divisi Jamur	Jenis atau nama jamur	Tempat hidup/medium	Kerugian atau penyakit yang ditimbulkan
1.	Zygomycota	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Roti	Menyebabkan roti basi dan membusuk
		<i>Rhizopus nigricans</i>	Buah tomat	Menyebabkan pembusukan
2.	Ascomycota	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Tumbuhan busuk, tubuh manusia	Penyakit saluran pernapasan dan paru-paru
		<i>Trichophyton tonsurans</i>	Rambut kepala	Penyakit tinea kopitis yang menyebabkan gatal, ketombe, dan rambut mudah patah
		<i>Trichophyton rubrum</i>	Kulit pada daerah lipatan dan sel jari kaki	Penyebab penyakit athlete's foot
		<i>Blastomyces brasiliensis</i>	Tubuh manusia	Penyebab blastomikosis (infeksi kulit, paru-paru dan hati)
3.	Basidiomycota	<i>Ustilago maydis</i>	Tanaman jagung	Penyakit pada tanaman jagung
		<i>Puccinia arachidis</i>	Tanaman kacang	Penyakit pada tanaman kacang
		<i>Puccinia graminis</i>	tanaman pertanian	Jamur karat pada tanaman jagung, dan gandum
4.	Deuteromycota	<i>Epidermophyton</i>	Tubuh manusia	Menginfeksi kulit dan

		<i>floccosum</i>		kaku
		<i>Malassezia furfur</i>	Kulit manusia	Penyakit tinea versicolor pada kulit
		<i>Microsporum sp.</i>	Kulit dan rambut manusia	Rambut tampak mengalami fluoresensi hijau muda
5.	Lichen	<i>Lichen</i>	Batu candi, tembok bangunan	Melapukkan batu candi atau bangunan

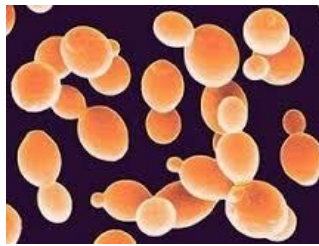
KHAMIR

Pada tahun 1680, Anthony Van Leuwenhoek pertama kali mengamati khamir dengan mikroskop, namun pada saat itu khamir tidak dianggap sebagai organisme yang hidup, hanya sebagai struktur berbentuk globula. Pada tahun 1857, mikrobiologis Perancis, Louis Pasteur membuktikan bahwa fermentasi alkohol dilakukan oleh khamir hidup. Pada akhir abad ke-18, dua galur khamir telah digunakan dalam pembuatan bir diidentifikasi yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Saccharomyces carlsbergensis*. *S. Cerevisiae* dijual secara komersial oleh orang-orang Belanda untuk pembuatan roti sejak tahun 1780. Pada tahun 1872, Baron Max de Springer mengembangkan proses produksi khamir berbentuk granula yang digunakan sampai perang dunia I.

Khamir termasuk fungi dalam kelompok Eumycetes, namun dibedakan dari kapang karena bentuk selnya yang tunggal (*uniselular*). Khamir dikelompokkan dalam kingdom Fungi dengan anggota sekitar dengan 1.500 spesies. Beberapa spesies dapat membentuk benang dari sel-sel tunas (*budding*) yang bersambung-sambung merupakan hifa semu (*pseudohyphae*) seperti sebagian besar kapang. Beberapa jenis khamir dapat mencapai ukuran lebih 40 μm . Reproduksi sebagian besar khamir adalah secara aseksual dengan mitosis dan dengan pembentukan sel tunas (*budding*). Sebagai sel tunggal, khamir tumbuh dan berkembang biak lebih cepat dibandingkan dengan kapang yang tumbuh dengan pembentukan filamen. Khamir juga lebih efektif dalam memecah komponen kimia, karena khamir mempunyai perbandingan luas permukaan dengan volume yang lebih besar. Khamir pada umumnya diklasifikasikan berdasarkan sifat-sifat fisiologinya.

Khamir adalah mikroorganisma kemoorganotrof yaitu menggunakan senyawa organik sebagai sumber energi dan tidak membutuhkan cahaya matahari untuk pertumbuhannya. Sebagian besar sumber karbon didapat dari gula heksosa seperti glukosa dan fruktosa, atau disakarida seperti sukrosa dan maltosa. Beberapa spesies dapat menggunakan gula pentosa seperti ribosa, alkohol, dan asam organik. Adapula khamir yang bersifat aerobik (*aerob obligat*) yaitu hanya membutuhkan oksigen untuk respirasi dalam sel atau

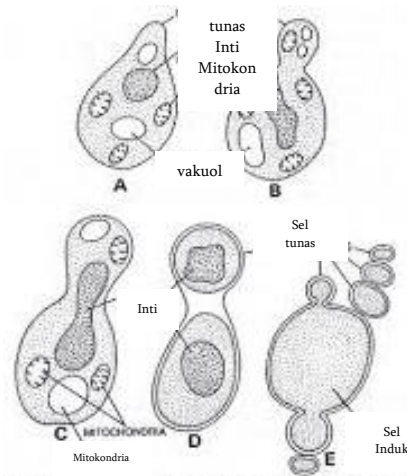
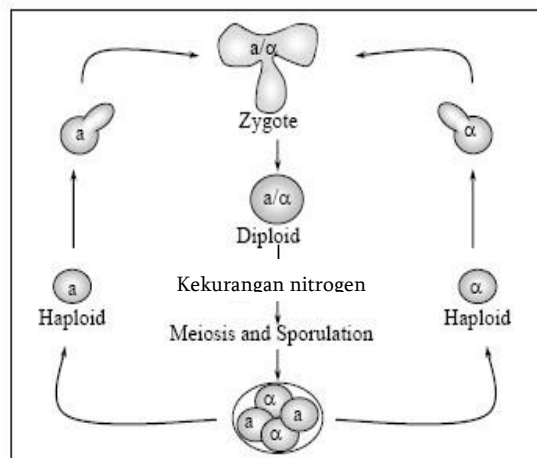
anaerobik, namun juga dapat menghasilkan energi secara aerobik (*anaerob fakultatif*). Belum ada spesies khamir yang hanya dapat tumbuh secara anaerob (*anaerob obligat*). Khamir tumbuh dengan baik pada lingkungan pH netral atau sedikit asam. Suhu optimal pertumbuhan khamir bervariasi antar spesies, contohnya *Leosporidium frigidum* dapat tumbuh pada $-2 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, *S. telluris* tumbuh pada $5-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan *C. slooffii* pada $28 - 45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sel dapat tetap bertahan hidup saat dibekukan dalam kondisi tertentu, namun dengan daya hidup yang menurun seiring waktu. Ciri-ciri dari khamir adalah mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi. Suhu optimum untuk fermentasi antara $28 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai materi genetik DNA dengan ukuran sekitar 14.000 kilo basa. Selain itu *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai materi genetik yang lain, yaitu DNA mitokondria.



Sumber : <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images>

Gambar 7.11. *Saccharomyces cerevisiae*

Klasifikasi atau pengelompokan khamir didasarkan pada kemampuan membentuk spora. Beberapa khamir tidak membentuk spora dan digolongkan ke dalam famili Cryptococcaceae Ordo Fungi Imperfeki contohnya *Candida tropicalis*. Khamir yang mampu membentuk spora termasuk dalam famili Saccharomycetaceae Ordo Endomycetales. *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4,8. Khamir yang mampu membentuk ballitospora dikelompokkan dalam famili Sporobolomycetaceae. Pengelompokan khamir dapat diperkuat dengan mempertimbangkan karakter reproduksi vegetatif, ukuran dan bentuk sel, cara pembentukan tunas, pembentukan pelikel, pembentukan pseudomiselium, penampakan koloni, produksi pigmen, produksi asam, reproduksi seksual, pembentukan askospora, pembentukan ballitospora, ukuran spora, dan pembentukan zigot.



Sumber: <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images> dan data:image/jpeg;base64
Gambar 7.12. Reproduksi *Saccharomyces cerevisiae*

Peran khamir yang merugikan dalam kehidupan

Candida, *Cryptococcus*, *Torulopsis*, *Trichosporon* dan *Cryptococcus neoformans* adalah contoh khamir yang bersifat patogen. *Candida albicans* merupakan khamir patogen yang menyebabkan penyakit candidiasis. Candidiasis adalah infeksi akibat jamur *Candida*. Candidiasis bisa muncul pada berbagai bagian tubuh manusia. Bagian tubuh yang paling sering mengalami infeksi ini adalah mulut dan di sekitar kelamin. Bagian tubuh lain yang dapat terkena infeksi *Candida* adalah kuku, esophagus, daerah sekitar anus, dan saluran pencernaan.

Peran khamir yang menguntungkan dalam kehidupan

1. Industri makanan

Khamir yang paling banyak digunakan dalam industri makanan, adalah *Saccharomyces cerevisiae* /yeast dalam bentuk ragi untuk produksi anggur, roti, tape dan bir. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasi beberapa bahan dengan cara mengubah karbohidrat menjadi karbon dioksida dan alkohol. Proses pembuatan roti akan menggunakan karbondioksida yang dihasilkan dari fermentasi. Pembuatan minuman anggur akan menghasilkan alkohol dan semakin tinggi kadar alkoholnya bila penyimpanan semakin lama dilakukan.

2. Teknologi Rekayasa Genetika

Saccharomyces cerevisiae digunakan sebagai organisme model dalam teknik rekayasa genetika yang dapat membawa materi genetik dari organisme lain. Bentuk sel tunggal, eukariot dan lama pertumbuhan yang pendek sekitar 48 jam membuat

Saccharomyces cerevisiae menjadi salah satu mikroorganisme yang paling sering diteliti secara menyeluruh khususnya untuk mendapatkan informasi mengenai biologi sel eukariot dan ekspresi gen yang muncul.

3. Biofuel

Kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan etanol dalam proses fermentasi membuat bahan kimia tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi yang berasal dari mikrobia.

4. Biolistrik dalam bentuk *microbial fuel cell*

Kemampuan *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasi dapat menghasilkan listrik yang digunakan sebagai sumber energi baru

Info Biologi

Microbial Fuel Cell

Microbial Fuel Cells (MFCs) merupakan fuel cell berbasis microbial yang banyak dikembangkan dalam rangka peningkatan produksi listrik dan sekaligus sebagai reaktor pengolahan limbah cair, semi cair dan padat, sehingga memberikan manfaat lebih terhadap lingkungan dan konservasi energi. Microbial fuel cell jika digunakan dalam pengolahan limbah, mampu menghasilkan energi yang bersih sebagai bagian dari pengolahan limbah yang efektif. Faktor-faktor berpengaruh terhadap produksi listrik dan pengolahan limbah dalam MFCs meliputi pH, suhu, beban organik, elektroda, jembatan garam, elektrolit, jenis mikroorganisme an-aerobik, biomediator, biokatalis dan konfigurasi reaktor. Semakin tinggi beban organik, maka semakin tinggi produksi listrik dan efisiensi penurunan COD sebagai representatif bahan organik. Konsentrasi COD rendah menghasilkan produksi listrik yang rendah, sedangkan pada konsentrasi COD tinggi akan menghasilkan produksi listrik yang tinggi juga. Namun adanya ragi atau *Saccharomyces Cerevisiae* digunakan sebagai biokatalis dalam produksi listrik dari sumber karbohidrat, merupakan faktor berpengaruh terhadap kinerja MFCs perlu diinvestigasi dalam rangka mendapatkan kondisi optimum proses. (Sumber: Majalah Trubus, edisi Agustus)

E. Rangkuman

1. Fungi (jamur) adalah organisme eukariotik yang bersel tunggal atau banyak dengan

- tidak memiliki klorofil.
2. Ciri-ciri jamur yaitu eukariot, tidak berklorofil, bersifat uniseluler dan multiseluler, tubuh terdiri atas hifa, bereproduksi secara seksual dan aseksual, tumbuh di tempat yang lembab.
 3. Sel jamur memiliki dinding yang tersusun atas kitin, jamur bertalus atau tubuh yang sederhana dengan tidak memiliki akar, batang, dan daun.
 4. Berdasarkan cara hidup, jamur tidak berklorofil sehingga tidak membutuhkan cahaya matahari dalam menghasilkan makanan. Jamur bersifat heterotrof saprofit atau heterotrof parasit.
 5. Berdasarkan cara reproduksi aseksual, jamur uniseluler berkembangbiak secara aseksual dengan membentuk tunas, dan secara seksual dengan membentuk spora askus. Sedangkan jamur multiseluler yang terbentuk dari rangkaian sel membentuk benang seperti kapas, yang disebut benang hifa.
 6. Berdasarkan cara reproduksi seksual jamur dikelompokkan menjadi **Zygomycota** (menghasilkan zigospora), **Ascomycota** (menghasilkan askospora), **Basidiomycota** (menghasilkan basidiospora), dan **Deutromycota** (belum diketahui cara reproduksi seksualnya).
 7. Khamir adalah mikroorganisma kemoorganotrof, yaitu menggunakan senyawa organik sebagai sumber energi dan tidak membutuhkan cahaya matahari untuk pertumbuhannya. cepat berkembangbiak, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi.
 8. Klasifikasi atau pengelompokan khamir didasarkan pada kemampuan membentuk spora. Khamir yang tidak membentuk spora digolongkan ke dalam famili Cryptococcaceae Ordo Fungi Imperfekti. Khamir yang mampu membentuk spora termasuk dalam famili Saccharomycetaceae ordo Endomycetales.

Uji Pemahaman

1. Setelah mempelajari materi tentang jamur dan khamir, apakah kalian tidak menguasai, sedikit menguasai, menguasai, atau sangat menguasai untuk:
 - a. Mengetahui ciri-ciri jamur; klasifikasi, reproduksi dan peran jamur dalam kehidupan
 - b. Mengetahui ciri-ciri khamir; klasifikasi, reproduksi dan peran khamir dalam kehidupan
2. Dari materi dan beberapa kegiatan tentang jamur dan khamir, bagian mana yang

paling kalian sukai? Mengapa?

Kata Kunci

jamur
aerob

khamir

anaerob

Uji Kompetensi

Pilih salah satu jawaban yang kalian anggap benar!

1. Khamir yang tidak membentuk spora adalah :
 - a. *Trichosporon*
 - b. *Torulopsis*,
 - c. *Candida tropicalis*
 - d. *Leosporidium frigidum*
 - e. *Cryptococcus*,
2. Yang tidak termasuk ciri-ciri jamur adalah :
 - a. Tidak berklorofil,
 - b. Bersifat uniseluler
 - c. Tumbuh di tempat lembab.
 - d. Tubuh terdiri atas hifa
 - e. Bereproduksi seksual dan aseksual
3. Tahapan reproduksi seksual khamir adalah :
 - a. Pembentukan askospora, pembentukan spora dan pembentukan zigot
 - b. pembentukan ballitospora, ukuran spora, dan pembentukan zigot
 - c. pembentukan askospora, pembentukan ballitospora, ukuran spora, dan zigot
 - d. pembentukan ballitospora dan pembentukan zigot
 - e. pembentukan askospora dan pembentukan zigot
4. Sporangiosfor adalah ...
 - a. Tangkai spora
 - b. Tangkai kotak spora
 - c. Kotak spora
 - d. Spora seksual
 - e. Spora aseksual
5. Berdasarkan cara reproduksi seksual jamur dikelompokkan menjadi
 - a. Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota
 - b. Cryptococcata, Endomycota.
 - c. Zygomycota, Basidiomycota, Endomycota dan Deuteromycota
 - d. Ascomycota, Cryptococcata, Basidiomycota, dan Deuteromycota
 - e. Cryptococcata, Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota
6. Inti diploid (2n) zigosporangium segera mengalami pembelahan yang

- secara mitosis akan menghasilkan...
- Zigospora haploid (n)
 - Zigospora diploid (2n)
 - Konidiospora haploid (n)
 - Konidiospora diploid 2(n)
 - Kromosom haploid (n)
- Saccharomyces cerevisiae* adalah anggota dari ...
 - Zygomycota,
 - Ascomycota,
 - Basidiomycota
 - Deuteromycota
 - Endomycota
 - Penyakit panu pada kulit disebabkan oleh
 - Trichophyton*,
 - Physoderma maydis*
 - Epidermophyton*
 - Tinea versicolor*
 - Microsporum*
 - Miselium pada *Rhizopus* memiliki tiga tipe hifa yaitu.....
 - Stolon, Rhizoid dan Sporangium
 - Stolon, Rhizoid dan Sporangiofor
 - Stolon, Rhizoid dan Stolonifer
 - Stolon, Rhizoid dan zygospora
 - Stolon, askus dan Sporangiofor
 - Lingkungan tidak sesuai akan menyebabkan Hemiascomycetes bereproduksi secara aseksual. Berikut ini adalah proses yang terjadi pada siklus tersebut adalah :
 - Sel anakan berfungsi sebagai askus
 - Nukleus diploid melangsungkan pembelahan miosis membentuk 4 sel
Pembentukan 4 sel haploid terjadi dalam sel
 - dinding sel melindungi sel haploid dalam sitoplasma
 - dinding sel berasal dari sel anakan
- .II. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!
- Apa yang disebut dengan kemoorganotrof dan mikroorganisme apa yang termasuk di dalamnya ?
 - Mengapa khamir termasuk dalam golongan kapang ?
 - Apakah yang dimaksud dengan Fungi imperfekti?
 - Kita sering menjumpai beberapa jamur yang dapat menimbulkan penyakit. Coba sebutkan lima contoh jamur tersebut dan penyakit yang ditimbulkannya !

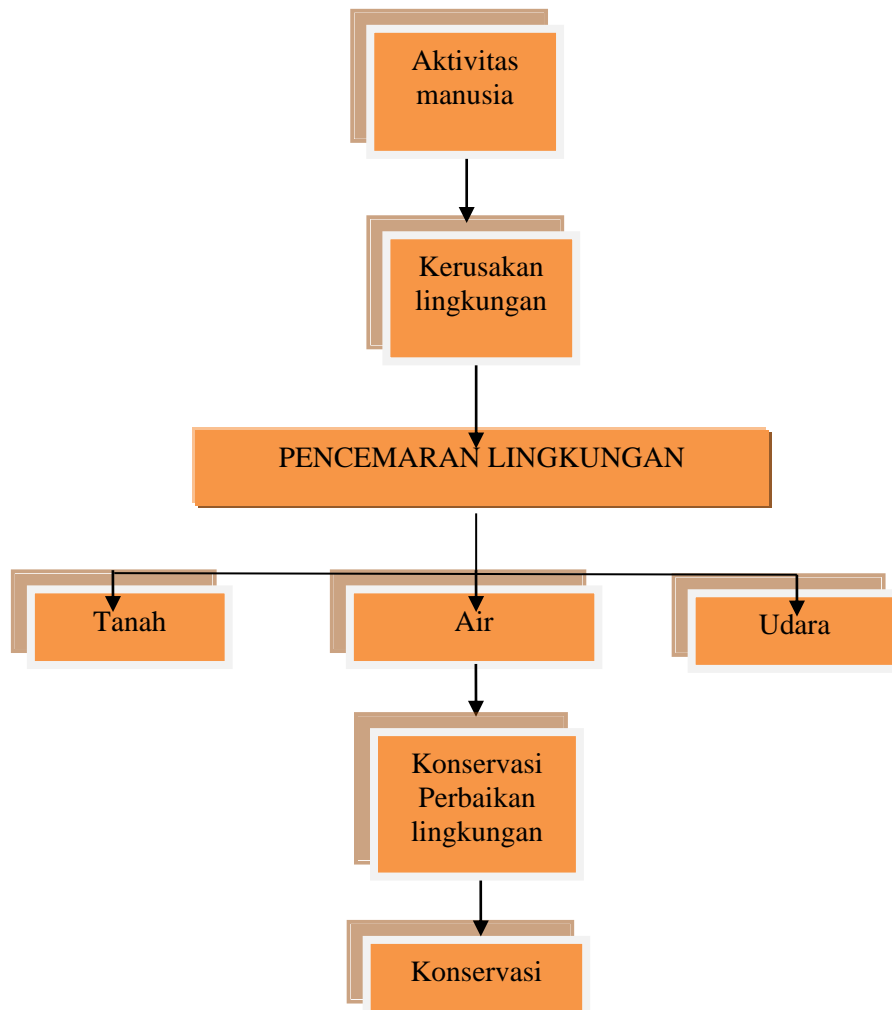
5. Jelaskan cara reproduksi khamir !

BAB 8

PENCEMARAN LINGKUNGAN

Setelah mempelajari bab ini, Kalian diharapkan dapat mengetahui dan menjelaskan aktivitas manusia yang menimbulkan pencemaran lingkungan. Selanjutnya diharapkan mengetahui pencemaran lingkungan yang terjadi pada tanah, air dan udara, dan mampu mengetahui cara mengatasi pencemaran lingkungan, cara pencegahan di masa datang dan perlindungan terhadap lingkungan melalui konservasi.

Peta Konsep





Gambar 8.1 Peningkatan kepadatan penduduk berpengaruh terhadap pergeseran fungsi lahan.

Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Ekosistem adalah tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling memengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup. Di dalam suatu ekosistem, manusia mampu dan berperan dalam mengubah ekosistem tersebut. Dapat dikatakan bahwa manusia adalah yang menjadi penentu dari keseimbangan suatu ekosistem. Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia selalu berinteraksi dengan lingkungan, manusia dapat mengubah ekosistem. Sebagai contoh, tanah tandus dapat diubah menjadi tanah yang subur dan siap ditanami. Demikian juga dengan hutan lindung yang ditebangi dapat diubah menjadi lahan pertanian yang dapat dimanfaatkan untuk bercocok tanam. Usaha-usaha itu dilakukan manusia untuk menyejahterakan hidupnya. Akan tetapi, kadang-kadang manusia lupa bahwa usaha tersebut dapat merugikan manusia sendiri karena mereka tidak mengetahui bahwa tindakan tersebut dapat merusak keseimbangan ekosistem.

Ekosistem dan lingkungan sangat erat hubungannya karena ekosistem adalah bagian dari lingkungan. Dapat dikatakan bahwa ruang lingkup lingkungan lebih luas daripada ruang lingkup ekosistem. Ruang lingkup lingkungan tidak hanya membahas hubungan antara komponen biotik dan abiotik, tetapi juga mencakup interaksi antara manusia dan lingkungannya. Interaksi manusia dan lingkungannya ini dapat berupa interaksi sosial, ekonomi, politik, dan budaya.

Bab ini membahas hubungan antara faktor biotik dan abiotik serta hubungannya dengan perubahan dan pencemaran lingkungan serta usaha-usaha pendaurulangan limbah sebagai hasil dari pencemaran lingkungan. Seperti telah dicontohkan di atas bahwa berbagai usaha manusia untuk menyejahterakan kehidupannya, tanpa disadari, sering kali dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Dampak negatif dari kegiatan

manusia ini dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Selain dari faktor manusia itu sendiri, sumber pencemaran lingkungan juga dapat disebabkan oleh faktor alami, seperti bencana alam banjir, gunung meletus, dan tanah longsor. Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh faktor manusia dapat dikurangi dan dikendalikan, sedangkan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh alam tidak dapat dicegah.

Manusia sangat berperan dalam mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan berbagai upaya, mereka dapat mengurangi dan mengendalikan terjadinya pencemaran, baik itu pencemaran udara, air, maupun tanah. Jika tidak dikendalikan, pencemaran lingkungan dapat mengakibatkan berbagai macam masalah, seperti kerusakan lingkungan, punahnya berbagai makhluk hidup, dan kesehatan manusia. Daur ulang adalah salah satu cara yang dapat dilakukan oleh manusia dalam memanfaatkan limbah.

A. Pengaruh Kegiatan Manusia terhadap Keseimbangan Lingkungan

Keseimbangan lingkungan merupakan keadaan ketika terjadi keseimbangan antara jumlah energi yang masuk dan keluar, bahan makanan yang terbentuk dan yang digunakan, serta keseimbangan antara komponen abiotik dan biotiknya. Keseimbangan lingkungan akan terganggu jika terjadi gangguan pada salah satu komponennya.

Dalam suatu sistem lingkungan, terdapat dua daya, yaitu daya lenting dan daya dukung. Daya lenting adalah kemampuan lingkungan untuk kembali pada keseimbangan lingkungan, sedangkan daya dukung lingkungan adalah kemampuan lingkungan dalam memberikan sumber daya alam kepada makhluk hidup secara normal. Lingkungan memiliki kemampuan yang terbatas. Pada titik tertentu akan mencapai puncak dan terjadilah yang namanya keseimbangan lingkungan.

Bertambahnya populasi manusia dapat memengaruhi daya dukung lingkungannya. Untuk meningkatkan kesejahteraannya, manusia selalu berusaha meningkatkan daya dukung lingkungannya. Peningkatan kepadatan populasi manusia berakibat pula pada peningkatan kebutuhan hidupnya (sandang, pangan, papan, dan perumahan) yang mau tidak mau akan terjadi eksploitasi pada sumber daya alam. Jika keadaan ini dilakukan secara terus-menerus, suatu saat akan melewati batas daya dukung lingkungannya. Sumber daya alam ini jumlahnya terbatas. Jika digunakan secara terus-menerus tanpa ada usaha-usaha pemulihan, akan segera habis.

Kepadatan penduduk yang terus mengalami peningkatan dapat menimbulkan permasalahan yang serius, dan dapat menyebabkan kerugian pada manusia maupun

mahluk hidup lainnya. Permasalahan yang timbul akibat terjadinya kepadatan penduduk, antara lain, berkurangnya ketersediaan bahan pangan, ketersediaan lahan sebagai tempat tinggal dan bercocok tanam, ketersediaan air dan udara yang bersih, serta terjadinya peningkatan penyakit menular dan kronis.

Pertumbuhan penduduk yang cepat ini harus dikendalikan sehingga tidak merugikan manusia itu sendiri. Jika terjadi pertumbuhan penduduk yang sangat cepat dan lahan pertanian atau ruangan tidak berubah, apakah yang akan terjadi? Permasalahan apa yang akan timbul?

Seiring dengan penambahan penduduk dan perkembangan zaman, terjadi pula kemajuan di bidang ilmu pengetahuan. Kemajuan ini memicu manusia untuk membuat suatu industri yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat. Dengan adanya industri, dapat memproduksi bahan-bahan kebutuhan dalam jumlah yang besar. Akan tetapi, industrialisasi ini akan menimbulkan permasalahan baru, seperti makin banyaknya sumber alam yang dieksploitasi, timbulnya limbah industri yang dapat mencemari lingkungan, peningkatan limbah rumah tangga, dan bertambahnya bahan-bahan yang tidak alami yang dapat mengganggu keseimbangan lingkungan, seperti pestisida dan insektisida.

B. Perubahan Lingkungan

Perubahan lingkungan dapat mengarah kepada perbaikan lingkungan atau kerusakan lingkungan. Perbaikan lingkungan mengarah pada keseimbangan lingkungan. Sekarang ini menjadi hal yang sangat sulit untuk mengembalikan lingkungan kepada keseimbangan. Seperti yang telah disebutkan di atas bahwa kerusakan lingkungan dapat disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam tidak dapat dicegah, sedangkan faktor manusia dapat dikurangi dan dikendalikan.

Beberapa faktor alam yang dapat merusak lingkungan adalah bencana alam, seperti banjir bandang, gunung meletus, tanah longsor, gempa bumi, tsunami, kekeringan, kebakaran hutan, angin puting beliung, dan perubahan musim. Meskipun tidak dapat dipungkiri, sering kali bencana seperti banjir dan tanah longsor juga disebabkan oleh kecerobohan manusia.

Kegiatan manusia meliputi kegiatan untuk memenuhi kebutuhan hidup yang semakin meningkat, misalnya, kebutuhan pangan, sandang, papan, lahan, dan sarana transportasi. Peningkatan jumlah penduduk yang diikuti dengan kemajuan iptek, maka

semakin banyaknya sumber daya alam yang tereksploitasi. Jika tidak dikendalikan, dapat menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan.

C. Pencemaran Lingkungan

Manusia yang selalu ingin meningkatkan kesejahteraannya memaksa manusia untuk mendirikan pabrik-pabrik yang dapat mengolah hasil alam menjadi bahan pangan dan sandang. Pesatnya kemajuan teknologi dan industrialisasi berpengaruh terhadap kualitas lingkungan. Munculnya pabrik-pabrik yang menghasilkan asap dan limbah buangan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

Pencemaran lingkungan merupakan satu dari beberapa faktor yang dapat memengaruhi kualitas lingkungan. Pencemaran lingkungan (*environmental pollution*) adalah masuknya bahan-bahan kimia ke dalam lingkungan yang dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Zat yang dapat mencemari lingkungan dan dapat mengganggu kelangsungan hidup makhluk hidup disebut dengan polutan. Polutan ini dapat berupa zat kimia, debu, suara, radiasi, atau panas yang masuk ke dalam lingkungan.

Pencemaran lingkungan adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (UU RI Nomor 23 Tahun 1997)

Zat, energi, dan makhluk hidup yang dimasukkan ke dalam lingkungan hidup adalah sisa usaha atau kegiatan manusia yang disebut dengan limbah. Sebagian besar pencemaran lingkungan karena banyaknya limbah yang dibuang ke lingkungan hingga daya dukungnya terlampaui.

Indikator yang digunakan untuk mengetahui apakah sudah terjadi kerusakan atau pencemaran lingkungan adalah baku mutu lingkungan hidup atau ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai sumber lingkungan hidup. Baku mutu yang dikenal di Indonesia adalah baku mutu air, baku mutu air limbah, baku mutu udara ambien, baku mutu udara emisi, dan baku mutu air laut.

Mencegah terjadinya pencemaran, komponen-komponen limbah yang dibuang ke lingkungan tidak diizinkan melebihi ketentuan dalam baku mutu lingkungan hidup.

Banyak aspek kesehatan manusia yang dipengaruhi oleh lingkungan dan banyak pula penyakit yang dimulai dan dirangsang oleh faktor- faktor lingkungan. Contoh yang paling

jelas adalah terjadinya keracunan *Methyl mercury* yang terjadi pada penduduk di sekitar Teluk Minamata (Jepang) akibat mengonsumsi ikan yang berasal dari pantai Minamata yang tercemar merkuri (air raksa). 41 orang meninggal dan cacat tubuh pada bayi-bayi yang dilahirkan oleh ibu-ibu yang mengonsumsi ikan yang terkontaminasi merkuri tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa ada interaksi yang sangat kuat antara manusia dan lingkungannya. Beberapa gangguan kesehatan, seperti kerusakan organ tubuh, kerusakan tulang, kelumpuhan, bahkan kematian dapat disebabkan oleh pencemaran lingkungan. Secara nyata terlihat bahwa pemenuhan kebutuhan manusia telah menimbulkan pencemaran dan merugikan manusia itu sendiri. Meskipun dengan kemajuan teknologi kebutuhan manusia telah tercukupi, mereka selalu mengesampingkan akibat yang merugikan manusia itu sendiri.

1. Sumber dan Penyebaran Bahan Pencemaran

Sumber pencemaran berasal dari alam dan lingkungan. Pencemaran yang berasal dari alam, antara lain, larva gunung berapi, asap karena kebakaran hutan, bunyi petir, dan rusaknya lingkungan karena bencana banjir. Sementara itu, sumber polutan yang berasal dari lingkungan sendiri adalah aktivitas manusia yang menghasilkan limbah yang dibuang ke alam, misalnya, asap kendaraan bermotor, asap pabrik, sisa-sisa oli, zat kimia yang dibuang ke sungai, serta suara bising pesawat dan kendaraan bermotor. Selain itu, sisa-sisa kotoran tubuh makhluk hidup yang dibuang (limbah) tidak pada tempatnya akan menimbulkan bau dan penyakit, misalnya, kotoran kuda, sapi, kambing, ayam, dan manusia itu sendiri.



Sumber: Majalah Tempo, 12 Desember 2004

Gambar 8.2 Asap mobil sebagai sumber pencemaran

Masuknya bahan pencemaran ke dalam lingkungan dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup di dalamnya. Zat yang dapat mencemari lingkungan dan dapat mengganggu kelangsungan makhluk hidup disebut dengan polutan. Polutan ini dapat berupa zat kimia, debu, suara, radiasi, atau panas yang masuk ke dalam lingkungan. Polutan dapat berupa racun, kuman penyakit, radioaktif, dan bersifat mudah larut.

Berdasarkan sifat zat pencemarnya, sumber pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi:

- a. zat cair, padat, dan gas, contohnya limbah industri rumah tangga, pertanian, pertambangan (cair); sampah (padat); asap kendaraan bermotor atau pabrik (gas). Pencemaran yang disebabkan oleh zat cair, padat, dan gas ini biasa disebut pencemaran fisik;
- b. zat kimia, beberapa di antaranya dapat menimbulkan gangguan organ tubuh dan kanker, contohnya bahan kimia dari logam, seperti arsenat, kadmium, krom, dan benzena. Pencemaran yang ditimbulkan oleh zat kimia disebut pencemaran kimiawi;
- c. mikroorganisme penyebab penyakit, contohnya, bakteri *E. coli* sebagai penyebab penyakit perut, *Listeria*, dan *Salmonella*. Pencemaran yang ditimbulkan oleh mikroorganisme disebut pencemaran biologis.

Bahan pencemar atau polutan dapat menyebar ke segala tempat, mengikuti jaringan makanan dan daur biogeokimia. Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran ini dapat muncul setelah waktu yang lama. misalnya penggunaan pupuk kimia (DDT) dalam pertanian. Pemupukan yang berlebihan dan terbawa aliran air ke sungai akan menyebar ke berbagai tempat menuju danau, waduk, atau laut. Tumbuhan air yang hidup di tempat itu akan terkontaminasi pupuk kimia. Zooplankton dan ikan kecil pun akan terkontaminasi karena telah memakan tumbuhan tersebut. Demikian juga dengan ikan besar dan hewan pemakan ikan besar.

Polutan gas dapat terbawa oleh hembusan angin mengikuti arah angin, sedangkan bahan pencemar yang dibuang ke tanah, seperti baterai, tidak dapat diurai oleh tanah. Zat kimia yang terkandung di dalamnya akan meresap ke tanah, kemudian diserap oleh tanaman. Tanaman dimakan oleh hewan atau manusia. Kemudian, hewan atau manusia mengeluarkannya dalam bentuk feses. Feses diurai oleh pengurai, diserap lagi oleh tanaman, dan begitu seterusnya mengikuti daur biogeokimia.

Contoh lain, pencemaran air oleh zat kimia dapat menyebabkan matinya makhluk hidup yang hidup di dalam air. Lebih berbahaya lagi jika ikan dan tumbuhan air yang tercemar tadi termakan oleh manusia karena dapat menyebabkan keracunan, bahkan kematian. Penelitian membuktikan bahwa tumbuhan yang tercemar DDT jika dimakan oleh ikan, ikan tersebut akan mengandung DDT yang lebih tinggi konsentrasinya daripada yang terkandung dalam tumbuhan tersebut. Demikian juga jika ikan tersebut dimakan oleh elang, dalam tubuh elang tersebut mengandung DDT yang konsentrasinya lebih tinggi daripada DDT yang terkandung dalam tubuh ikan. Demikian seterusnya,

kandungan DDT akan berjalan mengikuti rantai makanan. Semakin tinggi tingkat konsumen, akan semakin tinggi konsentrasinya. Proses ini disebut dengan pemekatan hayati. Jadi, jangan heran jika tiba-tiba elang atau manusia mati karena di dalam tubuhnya terkandung DDT, padahal mereka tidak meminum DDT.

2. Jenis Pencemaran Lingkungan

Berdasarkan lingkungan yang tercemar, pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu pencemaran air, tanah, udara, dan suara.

a. Pencemaran Air

Air selalu diperlukan oleh setiap makhluk hidup, apalagi manusia untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan lain-lain. Oleh karena itu, diperlukan upaya-upaya untuk memperoleh air yang sehat dan aman dikonsumsi. Coba bayangkan bagaimana jika air yang kalian gunakan untuk minum dan memasak tercemar limbah?

Seiring dengan perkembangan iptek, terjadi pula peningkatan terhadap aktivitas manusia. Namun, sering kali aktivitas manusia tersebut juga menyebabkan penurunan terhadap kualitas air. Jika penurunan ini tidak dikendalikan, akan terjadi pencemaran air.

Pencemaran air adalah masuknya polutan ke dalam air atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Polutan dapat berupa zat cair atau padat yang berasal dari limbah rumah tangga, industri, pertanian, dan sebagainya.

Jika kalian lihat di daerah-daerah perkotaan, parit, dan sungai - sungai sudah tidak jernih lagi, tetapi telah berubah menjadi cokelat, hitam, dan sangat bau. Bagaimana mungkin ada hewan dan tumbuhan yang dapat hidup di dalamnya?

Limbah deterjen dan penggunaan pupuk buatan yang berlebihan juga dapat mengganggu ekosistem air. Sisa pupuk buatan yang terbawa oleh air akan menyuburkan tumbuhan yang hidup di air, sehingga tumbuhan tersebut dapat menutupi permukaan air. Keadaan ini akan mengganggu kehidupan makhluk hidup di dalam air. Mengapa? Karena tertutupnya permukaan air oleh tumbuhan air akan menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam air. Hal ini berpengaruh pada kegiatan fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton yang semakin berkurang. Secara tidak langsung juga terjadi pengurangan ketersediaan oksigen di dalam air. Kalian tahu bahwa oksigen sangat diperlukan dalam respirasi makhluk hidup. Dapat kalian bayangkan bagaimana jika di dalam air itu tidak terdapat oksigen? Selain itu, adanya populasi tumbuhan air yang

sangat cepat juga memicu terjadinya pendangkalan sungai. Akibat selanjutnya bendungan cepat rusak dan mudah terjadi banjir.

a) Sumber utama pencemaran air

Secara umum, pencemaran air dapat dikategorikan sebagai berikut.

(a) *Infection agent*

Infection agent merupakan bahan pencemar yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia (penyakit). Bahan pencemar ini berupa mikroorganisme patogen yang berasal dari *excreta* manusia dan hewan yang tidak dikelola dengan baik. Untuk mendeteksi keberadaan mikroorganisme patogen di dalam air, dapat digunakan bakteri Coliform sebagai bakteri penunjuk (*indicator organism*). Jika dalam sampel air itu ditemui indicator organism, air tersebut sudah tercemar oleh tinja (*mikroorganisme patogen*). Akan tetapi, jika di dalam air tidak ditemukan indicator organism, air tersebut tidak tercemar oleh tinja (*mikroorganisme patogen*).

(b) Zat-zat pengikat oksigen

Dissolved Oxygen atau jumlah oksigen terlarut adalah indikator yang baik untuk menentukan kualitas air. Kandungan oksigen dalam air di atas 6 ppm dapat mendukung kehidupan tumbuhan, ikan, dan makhluk hidup dalam air. Kandungan oksigen kurang dari 2 ppm hanya dapat mendukung kehidupan cacing, bakteri, jamur, dan mikroorganisme pengurai. Oksigen yang terlarut dalam air berasal dari difusi oksigen dan proses fotosintesis fitoplankton. Oksigen digunakan untuk proses respirasi makhluk hidup air dan proses kimia dalam air.

Tahukah kalian tentang siklus oksigen (*oxygen*)? Jika dalam suatu perairan banyak kemasukan sisa makanan, jumlah mikroorganisme dalam perairan tersebut akan meningkat. Hal ini akan berakibat pada peningkatan jumlah oksigen dalam air yang digunakan untuk pernapasan mikroorganisme sehingga menurunkan jumlah oksigen terlarut. Jika bahan organik telah habis, jumlah mikroorganisme akan berkurang sehingga secara alamiah kandungan oksigen di dalam akan naik dan kembali stabil. Bagaimana jika terjadi pembuangan sisa makanan ke dalam perairan tersebut secara terus-menerus?



Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005

Gambar 8.3 Dampak zat pengikatan oksigen udara dalam air

(c) Sedimen

Sedimen terdiri atas tanah dan pasir yang masuk ke air dari erosi atau banjir dan dapat menimbulkan pendangkalan aliran sungai. Selain itu, sedimentasi dapat menimbulkan kekeruhan air yang menghalangi penetrasi cahaya matahari sehingga mengganggu proses fotosintesis fitoplankton yang berarti pula berkurangnya pasokan oksigen dalam air.

(d) Nutrisi atau unsur hara (Nitrat dan Posfat)

Nutrisi atau unsur hara dapat mengakibatkan peningkatan produktivitas primer yang ditimbulkan oleh adanya penyaringan air dengan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan (Eutrofikasi). Keadaan ini dapat meningkatkan populasi ganggang dan bakteri dalam perairan tersebut. Akibatnya, air menjadi keruh dan bau. Selain itu, juga menghambat proses masuknya oksigen ke perairan yang secara tidak langsung dapat menurunkan kadar oksigen di dalam air.

(e) Pencemar anorganik

Bahan pencemar anorganik adalah logam, garam, asam, dan basa. Merkuri, kadmium, timbel, dan nikel. Logam dengan kadar yang relatif kecil dapat mengakibatkan pencemaran. Ingat kejadian diteluk Mina mata? Asam dapat masuk ke dalam air dari produk samping proses industri dan pelapisan logam. Asam dan basa ini dapat menyebabkan perubahan pH air yang dapat mengganggu kehidupan di dalam air. Contoh lain, kasus keracunan kobalt yang terjadi di Nebraska merupakan penyakit tidak menular yang disebabkan oleh kontaminasi kobalt di dalam air. Akibat keracunan ini timbul penyakit jantung, kerusakan kelenjar gondok, darah tinggi, dan kaki bengkak.

(f) Zat kimia organik

Banyak zat kimia organik yang mempunyai toksisitas yang tinggi. Kontaminasi antara zat kimia organik dengan air dapat mengancam kesehatan. Zat kimia

organik digunakan dalam industri kimia, misalnya untuk pembuatan pestisida, plastik, produk farmasi, pigmen, dan produk lainnya.

(g) Energi Panas

Kualitas air akan turun jika terjadi perubahan temperatur. Pembuangan air limbah yang mengandung panas mengakibatkan kenaikan temperatur yang menyebabkan turunnya kadar oksigen dalam air. Air yang panas pada permukaan air dapat menghambat masuknya oksigen ke dalam air di level bawah.

(h) Zat radioaktif

Zat radioaktif yang teraplikasi dalam teknologi nuklir yang digunakan pada berbagai bidang dapat menimbulkan sisa pembuangan. Dapat saja sisa zat radioaktif tersebut terbawa ke dalam lingkungan air. Pengaruh radioaktif ini dapat mengakibatkan gangguan pada proses pembelahan sel, rusaknya kromosom, dan dalam waktu yang lama dapat terjadi kerusakan sistem reproduksi dan sel tubuh. Secara garis besar, pencemar-pencemar air yang utama dapat dilihat di dalam Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Sumber Utama Pencemaran Air

No.	Nama Bahan Pencemar	Contoh	Sumber
A.	Mengakibatkan Gangguan Kesehatan		
1.	Infectious agent	Bakteri, virus, dan parasit	Excreta, manusia, dan hewan
2.	Zat kimia organik	Pestisida, plastik, minyak, bensin, dan deterjen	Pertanian, industri, dan rumah tangga
3.	Pencemar anorganik	Asam, basa, dan logam	Air limbah industri, bahan pembersih rumah tangga, dan air limbah
4.	Zat radioaktif	Thorium, uranium, cesium, iodine, dan radon	Pembangkit listrik, penambangan dan pengolahan mineral, produksi senjata, dan sumber alamiah
B.	Mengakibatkan Gangguan Ekosistem		
1.	Sedimen	Tanah dan lumpur	Erosi daratan dan banjir
2.	Nutrisi atau unsur hara	Nitrat, fosfat, dan Amonium	Pupuk pertanian, pembuangan limbah, dan Pupuk
3.	Zat-zat pengikat oksigen	Pupuk kandang dan residu tumbuhan	Pembuangan kotoran, limpasan pertanian, pabrik kertas, dan pemrosesan makanan
4.	Energi panas	Panas	Pembangkit listrik dan air pendingin industri

(Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005)

Mengurangi terjadinya pencemaran air, dapat dilakukan usaha-usaha pencegahan, antara lain; a) tidak membuang sampah di sembarang tempat; b) tidak membuang limbah

sembarangan; c) air limbah diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan, sehingga air limbah tersebut tidak berbahaya bagi ekosistem air; d) tidak membuang atau menggunakan pupuk pertanian secara berlebihan.

b) Dampak Pencemaran Air

Air limbah yang dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu merupakan salah satu sumber pencemaran air. Air limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan manusia. Air limbah ini dapat berasal dari rumah tangga dan industri.

Air limbah dari rumah tangga terdiri dari tinja (*feses*) yang sering kali mengandung mikroorganisme patogen, air seni (*urine*) yang mengandung fosfor, nitrogen, mungkin juga mikroorganisme, serta sullage (*gray water*) air bekas cucian dapur, mesin cuci, dan air mandi. *Excreta* adalah campuran feses dan urine. Campuran excreta dan air bilasan kamar mandi disebut *black water*.

Air limbah industri mengandung zat yang bervariasi sesuai dengan pemakaian tiap-tiap industri. Hal ini berhubungan dengan dampak yang ditimbulkan seperti:

No.	Penyebab	Penyakit
1.	Virus - Rotavirus - Virus hepatitis A - Virus poliomyelitis	Diare pada anak Hepatitis A poliomyelitis
2.	Bakteri - Vibriocholerae - E.coli - Salmonellatyphi - Salmonellaparatyphi - Shigelladysenteriae	Kolera Diareataudisentri Tifusabdominale Paratifus Disentri
3.	Protozoa - Entamoebahistolitica - Balantidiacoli - GiardiaLambliia	Dysentriamoeba Balantidiasis Giardiasis
4.	Metazoa - Ascarislumbricoides - Clonorchissinensis - Diphylobothriumlatum - Taweniasagitnata/solium - Schistosoma	Ascaris Clonorchiasis Dyphylobothriasis Taeniasis Schistosomiasis

Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005

(a) Mengganggu Pemandangan

Kadang-kadang air limbah mengandung polutan yang tidak mengganggu kesehatan dan ekosistem, tetapi mengganggu pemandangan kota. Meskipun air yang tercemar tidak menimbulkan bau, perubahan warna air mengganggu pandangan mata kita.

(b) Mempercepat Proses Kerusakan Benda

Ada sebagian air limbah mengandung zat yang dapat diubah oleh bakteri anaerob menjadi gas yang dapat merusak seperti H₂S. Gas ini dapat mempercepat proses perkaratan pada besi. Agar terhindar dari hal-hal di atas, sebaiknya sebelum dibuang, air limbah harus diolah terlebih dahulu dan memenuhi ketentuan Baku Mutu Air Limbah.

c) Parameter dalam Air Limbah

Kualitas dan karakteristik air limbah dapat ditentukan dengan parameter. Beberapa parameter itu sebagai berikut.

(a) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD 20) banyaknya oksigen dalam mg/l yang diperlukan oleh mikroba untuk mengurai bahan organik pada suhu 20 °C selama lima hari. Pengukuran BOD adalah dengan menghitung selisih antara oksigen terlarut awal dengan oksigen terlarut pada air sampel yang telah disimpan selama 5 hari pada suhu 20 °C. Kadar oksigen terlarut dalam air alami berkisar antara 5–7 ppm. 1 ppm adalah 1 mg oksigen yang terlarut dalam 1 liter air. Penurunan kadar oksigen terlarut dalam air adalah akibat terjadinya proses oksidasi bahan organik, reduksi zat hasil aktivitas bakteri anaerob, dan respirasi makhluk hidup air terutama pada malam hari.

Limbah bahan organik yang masuk ke dalam air diurai oleh mikroba, mikroba membutuhkan oksigen terlarut untuk mengoksidasi bahan organik. Semakin banyak limbah organik, semakin banyak mikroba yang hidup. Untuk hidupnya, mikroba memerlukan oksigen. Semakin banyak mikroba, semakin rendah kadar oksigen terlarut dalam air. Hal ini dapat mengganggu kehidupan di dalam air.

BOD dapat menggambarkan oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (*biodegradable*).

(b) *Chemical Oxygen Demand* (COD), menunjukkan total jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi bahan organik secara kimiawi baik yang *biodegradable* maupun yang *nonbiodegradable*.

(c) Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO), menunjukkan jumlah kandungan oksigen didalam air yang diukur dalam 1 mg/1 lt. DO dapat digunakan sebagai indikasi seberapa besar jumlah pengotoran limbah. Semakin tinggi oksigen terlarut, semakin kecil tingkat pencemarannya.

(d) *Total Suspended Solid* (TSS), *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS), dan *Mixed Liquor Volatile Suspended Solid* (MLVSS) TSS, MLSS, dan MLVSS menunjukkan jumlah berat dalam mg/1kering lumpur yang ada di dalam air

limbah setelah dilakukan penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. MLSS menunjukkan jumlah TSS yang berasal dari bak pengendap lumpur aktif sesudah dipanaskan pada suhu 103 °C – 105 °C, sedangkan MLVSS merupakan kandungan organic matter yang terdapat pada MLSS sesudah dipanaskan pada suhu 600 °C. Benda volatit yang menguap inilah yang disebut dengan MLVSS.

- (e) Kekeruhan (Turbidity), air dapat diukur dengan menggunakan efek cahaya. Kekeruhan air disebabkan oleh tercampurnya air dengan bahan organik di dalam air.
- (f) pH air dapat dijadikan indikasi apakah air tersebut tercemar atau tidak dan seberapa besar tingkat pencemarannya. pH air alami berkisar antara 6,5 – 8,5. Pencemaran air dapat menyebabkan naik atau turunnya H air. Jika banyak tercemar zat yang bersifat asam (bahan organik), pH air akan lebih kecil dari 6,5, tetapi jika air tercemar oleh zat yang bersifat basa (kapur), pH air akan lebih besar dari 8,5. Setiap kenaikan 1 angka pada skala pH menunjukkan kenaikan kebasaaan 10 kali. Demikian juga sebaliknya, penurunan 1 angka pada skala pH menunjukkan penurunan keasamaan 10 kali.
- (g) Indikator Biologi dapat dimanfaatkan untuk mengukur kualitas air atau seberapa besar tingkat pencemarannya. Makhluk hidup atau organisme yang ada di dalam perairan tersebut dapat dijadikan indikator ada tidaknya pencemaran di dalam perairan tersebut. Makhluk hidup ini mempunyai sensitivitas yang lebih tinggi dengan perubahan lingkungan yang terjadi, termasuk adanya zat asing dalam lingkungannya. Sebagai contoh, cacing *Planaria* yang biasa hidup di air jernih akan sangat sensitif dengan pencemaran. Ada tidaknya *Planaria* di dalam perairan itu dapat menunjukkan ada tidaknya pencemaran di perairan tersebut. Semakin tinggi tingkat pencemaran, semakin sulit *Planaria* ditemukan. Selain *Planaria*, hewan lain yang dapat dijadikan indikator biologi adalah *Tubifex* (indikator pencemaran bahan organik), serangga air, ikan mikro invertebrata, ganggang, dan bentos.

d) Pengolahan Air Limbah

Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan organik biodegradable, meminimalkan bakteri patogen, serta memerhatikan estetika dan lingkungan. Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu alami dan buatan.

(a) Secara alami

Pengolahan air limbah secara alamiah dapat dilakukan dengan pembuatan kolam stabilisasi. Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen). Karena biaya yang dibutuhkan murah, cara ini direkomendasikan untuk daerah tropis dan sedang berkembang.

(b) Secara Buatan

Pengolahan air limbah dengan bantuan alat dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan).

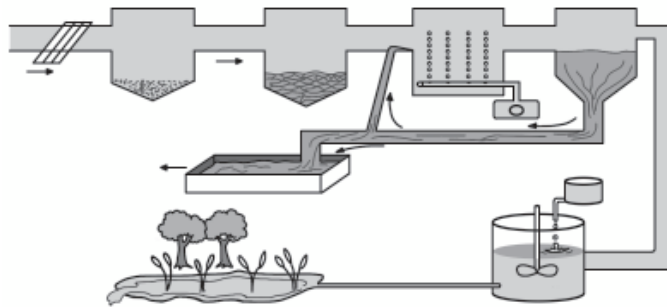
Primary treatment merupakan pengolahan pertama yang bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan filter (saringan) dan bak sedimentasi. Beberapa alat yang digunakan adalah saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan multimedia, percoal filter, mikrostaining, dan vacuum filter.

Secondary treatment merupakan pengolahan kedua, bertujuan untuk mengkoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilisasikan zat organik dalam limbah. Pengolahan limbah rumah tangga bertujuan untuk mengurangi kandungan bahan organik, nutrisi nitrogen, dan fosfor.

Penguraian bahan organik ini dilakukan oleh makhluk hidup secara aerobik (menggunakan oksigen) dan anaerobik (tanpa oksigen).

Secara aerobik, penguraian bahan organik dilakukan mikroorganisme dengan bantuan oksigen sebagai electronacceptor dalam air limbah. Selain itu, aktivitas aerobik ini dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (*activated sludge*) yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir aktivitas aerobik sempurna adalah CO₂, uap air, dan *excesssludge*. Secara anaerobik, penguraian bahan organik dilakukan tanpa menggunakan oksigen. Hasil akhir aktivitas anaerobik adalah biogas, uap air, dan *excesssludge*.

Tertiary treatment merupakan lanjutan dari pengolahan kedua, yaitu penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan posfat, serta penambahan klor untuk memusnahkan mikroorganismepatogen.



Sumber: Kesehatan Lingkungan, Ricki M. Mulia, 2005

Gambar 8.4 Instalasi pengolahan air limbah

e) Pengelolaan Excreta

Excreta banyak terkandung dalam air limbah rumah tangga. Excreta banyak mengandung bakteri patogen penyebab penyakit. Jika tidak dikelola dengan baik, excreta dapat menimbulkan berbagai jenis penyakit. Pengelolaan excreta dapat dilakukan dengan menampung dan mengolahnya pada jamban atau septic tank yang ada di sekitar tempat tinggal, dialirkan ke tempat pengelolaan, atau dilakukan secara kolektif.

Mencegah meresapnya air limbah excreta ke sumur atau resapan air, jamban yang kita buat harus sehat. Syaratnya, tidak mengotori permukaan tanah, permukaan air dan air tanah di sekitarnya, tidak menimbulkan bau, sederhana, jauh dari jangkauan serangga (lalat, nyamuk, atau kecoa), murah, dan diterima oleh pemakainya.

Pengelolaan excreta dalam septic tank dapat diolah secara anaerobik menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber gas untuk rumah tangga. Selain itu, pengelolaan excreta dengan tepat akan menjauhkan kita dari penyakit bawaan air.

1. Limbah menurut jenis zatnya :

a. Limbah organik

Limbah organik adalah limbah yang berasal dari sisa-sisa makhluk hidup. Limbah organik mengandung unsur karbon, sehingga apabila dibakar akan menghasilkan jelaga atau jejak hitam sebagai ciri khas dari pembakaran karbon. Limbah organik mudah diurai oleh mikroorganisma sehingga mudah membusuk. Contoh limbah organik adalah serasah daun, sisa bahan pangan, sisa olahan makanan, sisa sayuran, sisa buah-buahan, sisa-sisa tanaman, sisa kotoran manusia atau hewan, bangkai dan lain-lain.

b. Limbah anorganik

Limbah anorganik adalah limbah yang bukan berasal dari sisa makhluk hidup. Limbah anorganik mengandung unsur-unsur kimia anorganik yang

sifatnya tak terurai oleh mikroorganisma sehingga apabila dibiarkan akan menumpuk dan memenuhi area. Limbah anorganik harus dikelola baik melalui proses daur ulang. Contoh limbah anorganik adalah plastik, sisa-sisa logam, kaleng bekas, kaca, karet, dan lain-lain.

2. Limbah menurut wujudnya :

a. Limbah padat

Limbah padat sering disebut sampah. Bentuk, jenis, komposisi sampah dipengaruhi oleh taraf hidup masyarakat dan jumlah sampah dipengaruhi oleh kepadatan / populasi penduduk. Semakin padat populasi penduduk maka jumlah sampah juga akan semakin banyak. Limbah padat ada yang jenis organik maupun jenis anorganik. Limbah padat atau sampah telah mengakibatkan tingkat pencemaran air, tanah dan udara melampaui baku mutu lingkungan. Pada saat ini, hanya sekitar 40% dari sampah penduduk perkotaan yang tertangani, sedangkan sisanya dibakar, dibuang ke badan air atau dibuang ke lahan terbuka. Sampah anorganik biasanya terakumulasi dan menimbulkan berbagai permasalahan di lingkungan seperti bau dan menyebabkan tanah menjadi becek. Contoh limbah padat adalah logam berat, kaca, plastik, kertas dan kain.

b. Limbah cair

Limbah cair memiliki komposisi 99,9 % air dan 0,1 % bahan buangan yang terlarut maupun tersuspensi didalamnya. Limbah cair domestik yaitu limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, restoran, penginapan, mall dan lain-lain. Contoh limbah cair adalah air bekas cucian pakaian atau peralatan makan, air bekas mandi, tinja, sisa makanan berwujud cair.

c. Limbah Gas

Limbah gas adalah bahan buangan gas berasal dari asap kendaraan bermotor maupun gas yang berasal dari pabrik-pabrik industri. Penyumbang terbesar limbah gas adalah pembakaran bahan bakar fosil seperti bensin, solar, kerosin, dan lain-lain yang menghasilkan CO₂ sebagai penyebab pemanasan global. *Global warming* atau pemanasan global adalah naiknya suhu bumi karena adanya gas-gas rumah kaca (GRK) yang menyelimuti bumi sehingga radiasi matahari ke bumi yang seharusnya dapat dipantulkan kembali ke atmosfer menjadi tertahan sehingga suhu bumi menjadi naik. Naiknya suhu bumi menimbulkan dampak yang sangat luas yaitu mencairnya es di Kutub, perubahan iklim dan musim hujan yang berkepanjangan. Contoh gas rumah kaca adalah CO₂ (*karbondioksida*), CH₄

(metana), N_2O (dinitrogen monoksida), SF_6 (heksa fluoro sulfida) , HFC (hidrogen fluoro karbon) dan PFC (Fosfor Fluoro Karbon).

3. Limbah menurut asalnya :

a. Limbah industri

Limbah industri adalah semua bahan buangan sisa dari kegiatan industri. Limbah industri berwujud padat, cair, maupun gas. Selain itu limbah industri ada yang dikategorikan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Sumber limbah B3 adalah kegiatan-kegiatan industri logam berat, pertambangan, kesehatan, farmasi, mesin-mesin, bahan kimia, dan juga rumah tangga. Contoh Limbah B3 adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), kromium (Cr) dan nikel (Ni).

b. Limbah domestik / rumah tangga

Limbah domestik/rumah tangga adalah semua jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga/pemukiman. Limbah rumah tangga ini bisa berwujud padat, cair maupun gas, sedangkan jenisnya ada yang organik maupun anorganik bahkan ada yang termasuk B3.

Limbah rumah tangga yang berwujud padat misalnya sisa kegiatan mengolah bahan makanan (sisa sayuran, buah-buahan, daging), bekas kemasan makanan, kaleng-kaleng, botol, kain, karet. Limbah rumah tangga cair contohnya air bekas cucian pakaian, air bekas cucian kendaraan bermotor, air bekas mandi. Limbah rumah tangga yang berwujud gas biasanya hanya berupa asap hasil proses memasak ataupun hasil membakar sampah.

c. Limbah perhotelan/pusat perdagangan/pasar swalayan

Adalah semua jenis limbah yang dihasilkan oleh kegiatan perhotelan, atau penginapan, pusat perdagangan atau pasar swalayan. Limbah yang dihasilkan dari tempat-tempat ini meliputi :

a) sampah basah, berupa sisa bahan olahan, sisa makanan/masakan yang mudah sekali diuraikan oleh mikroorganisme contohnya air bekas mandi, air bekas cucian pakaian.

b) Sampah kering, berupa sampah yang bisa terbakar atau tidak mudah terbakar, misalnya kertas, tekstil, kulit, kayu, plastik, pecahan kaca.

d. Limbah Pertanian dan peternakan

Adalah limbah yang dihasilkan dari sisa kegiatan pertanian dan peternakan. Kegiatan pertanian akan menghasilkan limbah berupa sisa hasil panen, sisa

kemasan pupuk, kemasan insektisida, bahan-bahan kimia yang berasal dari proses pemupukan dan pemberantasan hama. Sedangkan limbah peternakan berupa kotoran ternak, kemasan pakan ternak, kemasan obat-obatan yang digunakan dan juga menghasilkan limbah gas berupa metana.

e. Limbah Rumah Sakit

Adalah semua jenis limbah dari rumah sakit bisa berwujud padat maupun cair yang berasal dari kegiatan medis maupun non medis di rumah sakit. Limbah rumah sakit digolongkan menjadi 2, yaitu :

- a) Limbah medis, yaitu limbah yang langsung dihasilkan dari kegiatan diagnosis maupun tindakan medis terhadap pasien. Limbah ini bisa padat seperti kapas, kasa, perbam, injeksi, botol injeksi, botol infus, selang infus, kateter, masker, ampul, kemasan pil/kapsul. Sedangkan yang cair misalnya air bekas bilasan dari ruang bedah, air bekas otopsin bila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan bau yang tidak sedap dapat menjadi media penularan penyakit. Selain itu juga ada limbah radioaktif yang berasal dari ruang radiologi seperti bekas foto hasil rontgen. Limbah rumah sakit ada yang tergolong limbah B3.
- b) Limbah non medis, yaitu limbah diluar kegiatan medis di rumah sakit. Limbah non medis ini bisa berwujud padat yang berasal dari ruang kantor administrasi, ruang tunggu, ruang rawat inap, unit gizi/dapur, unit pelayanan, halaman parker atau taman. Misalnya : kertas, botol tinta, polpen bekas, sisa makanan, sisa bahan makanan, bekas kemasan makanan, kayu, daun-daun, ranting. Yang berwujud cair berasal dari kloset / WC, dapur, lavatory berupa tinja, air bekas mandi, air bekas cucian pakaian pasien/selimut.

f. Limbah B3

Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), didefinisikan sebagai bahan karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya (PP Nomor 74 Tahun 2001).

Definisi limbah B3 ialah setiap bahan sisa (limbah) suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) karena sifat (*toxicity*, *flammability*, *reactivity*, dan *corrosivity*) serta konsentrasi atau jumlahnya baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak,

mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia (BAPEDAL 1995).

Sedangkan definisi menurut OSHA (*Occupational Safety and Health of the United State Government*) B3 adalah bahan yang karena sifat kimia maupun kondisi fisiknya sangat berpotensi menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia, kerusakan properti dan atau lingkungan.

a) Identifikasi limbah B3

Limbah B3 diidentifikasi ke dalam 2 kategori, yaitu: Berdasarkan sumber dan karakteristik.

Kategori Limbah B3 yang berdasarkan sumber dibagi menjadi:

- (a) limbah B3 dari sumber spesifik
- (b) limbah B3 dari sumber tidak spesifik
- (c) limbah B3 dari bahan kimia kadaluarsa, tumpahan, bekas kemasan dan buangan produk yang tidak memenuhi spesifikasi

b) Kategori limbah B3 berdasarkan karakteristik:

- mudah meledak,
- pengoksidasi,
- sangat mudah sekali menyala,
- sangat mudah menyala,
- mudah menyala,
- amat sangat beracun,
- sangat beracun,
- beracun,
- berbahaya,
- korosif,
- bersifat iritasi,
- berbahaya bagi lingkungan,
- karsinogenik,
- teratogenik,
- mutagenik.

c) Pengelolaan Limbah

Pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk *mencegah* dan *menanggulangi* pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang sudah tercemar, sehingga sesuai dengan

fungsinya kembali. Setiap kegiatan/usaha yang berhubungan dengan B3, baik penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah, dan penimbun B3, harus memperhatikan aspek lingkungan dan menjaga kualitas lingkungan tetap pada kondisi semula. Apabila terjadi pencemaran akibat tertumpah, tercecer, dan rembesan limbah B3, harus dilakukan upaya optimal agar kualitas lingkungan kembali kepada fungsi semula.

d) Pengelolaan dan Pengolahan Limbah B3

Pengelolaan limbah B3 meliputi kegiatan pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan dan penimbunan. Setiap kegiatan pengelolaan limbah B3 harus mendapatkan perizinan dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) dan setiap aktivitas tahapan pengelolaan limbah B3 harus dilaporkan ke KLH. Untuk aktivitas pengelolaan limbah B3 di daerah, aktivitas kegiatan pengelolaan selain dilaporkan ke KLH juga ditembuskan ke Bapedal setempat.

Pengolahan limbah B3 harus memenuhi persyaratan lokasi pengolahan. Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan di dalam lokasi penghasil limbah atau di luar lokasi penghasil limbah. Syarat lokasi pengolahan di dalam area penghasil harus daerah bebas banjir dan berjarak dengan fasilitas umum minimum 50 meter, sedangkan syarat lokasi pengolahan di luar area penghasil harus daerah bebas banjir, jarak dengan jalan utama/tol minimum 150 m atau 50 m untuk jalan lainnya, jarak dengan daerah beraktivitas penduduk dan aktivitas umum minimum 300 m, jarak dengan wilayah perairan dan sumur penduduk minimum 300 m, jarak dengan wilayah terlindungi (cagar alam, hutan lindung) minimum 300 m.

Fasilitas pengolahan harus menerapkan sistem operasi, meliputi sistem keamanan fasilitas, sistem pencegahan terhadap kebakaran, sistem penanggulangan keadaan darurat, sistem pengujian peralatan, dan pelatihan karyawan.

Keseluruhan sistem tersebut harus terintegrasi dan menjadi bagian yang tak terpisahkan dalam pengolahan limbah B3 mengingat jenis limbah yang ditangani adalah limbah yang dalam volume kecil berdampak besar terhadap lingkungan.

e) Penanganan limbah B3 sebelum Diolah

Setiap limbah B3 harus diidentifikasi dan dilakukan uji analisis kandungan guna menetapkan prosedur yang tepat dalam pengolahan limbah tersebut. Setelah uji analisis kandungan dilaksanakan, barulah dapat ditentukan metode yang tepat guna pengolahan limbah tersebut sesuai dengan karakteristik dan kandungan limbah.

f) Pengolahan Limbah B3

Jenis perlakuan terhadap limbah B3 tergantung dari karakteristik dan kandungan limbah. Perlakuan limbah B3 untuk pengolahan:

- (a) secara kimia, meliputi: redoks, elektrolisa, netralisasi, pengendapan, stabilisasi, adsorpsi, penukaran ion dan pirolisa,
- (b) secara fisika, meliputi: pembersihan gas, pemisahan cairan dan penyisihan komponen-komponen spesifik dengan metode kristalisasi, dialisa, osmosis balik,
- (c) stabilisas/solidifikasi, dengan tujuan untuk mengurangi potensi racun dan kandungan limbah B3 dengan cara membatasi daya larut, penyebaran, dan daya racun sebelum limbah dibuang ke tempat penimbunan akhir,
- (d) insinerasi, dengan cara melakukan pembakaran materi limbah menggunakan alat khusus insinerator dengan efisiensi pembakaran harus mencapai 99,99% atau lebih. Artinya, jika suatu materi limbah B3 ingin dibakar (*insinerasi*) dengan berat 100 kg, maka abu sisa pembakaran tidak boleh melebihi 0,01 kg atau 10 gr.

Tidak semua proses harus dilakukan terhadap satu jenis limbah B3, tetapi dipilih berdasarkan cara terbaik melakukan pengolahan sesuai dengan jenis dan materi limbah.

Hasil pengolahan limbah B3 harus memiliki tempat khusus pembuangan akhir limbah B3 yang telah diolah dan dilakukan pemantauan di area tempat pembuangan akhir tersebut dengan jangka waktu 30 tahun setelah tempat pembuangan akhir habis masa pakainya atau ditutup.

Perlu diketahui bahwa keseluruhan proses pengelolaan, termasuk penghasil limbah B3, harus melaporkan aktivitasnya ke KLH dengan periode triwulan (setiap 3 bulan sekali).

g) Teknologi Pengolahan Limbah

Terdapat banyak metode pengolahan limbah B3 di industri, tiga metode yang paling populer di antaranya ialah *chemical conditioning*, *solidification/Stabilization*, dan *incineration*.

(a) Pengondisian secara Kimiawi (*Chemical Conditioning*)

Salah satu teknologi pengolahan limbah B3 ialah *chemical conditioning*. Tujuan utama dari *chemical conditioning* yaitu :

- menstabilkan senyawa-senyawa organik yang terkandung di dalam lumpur,

- mereduksi volume dengan mengurangi kandungan air dalam lumpur,
- mendestruksi organisme patogen,
- memanfaatkan hasil samping proses *chemical conditioning* yang masih memiliki nilai ekonomi seperti gas methane yang dihasilkan pada proses *digestion*,
- mengondisikan agar lumpur yang dilepas ke lingkungan dalam keadaan aman dan dapat diterima lingkungan,

Chemical conditioning terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

- *Concentration thickening* bertujuan untuk mengurangi volume lumpur yang akan diolah dengan cara meningkatkan kandungan padatan. Alat yang umumnya digunakan pada tahapan ini ialah *gravity thickener* dan *solid bowl centrifuge*. Tahapan ini pada dasarnya merupakan tahapan awal sebelum limbah dikurangi kadar airnya pada tahapan *de-watering* selanjutnya. Walaupun tidak sepopuler *gravity thickener* dan *centrifuge*, beberapa unit pengolahan limbah menggunakan proses *flotation* pada tahapan awal ini.
- *Treatment, stabilization, and conditioning* bertujuan untuk menstabilkan senyawa organik dan menghancurkan patogen. Proses stabilisasi dapat dilakukan melalui proses pengondisian secara kimia, fisika, dan biologi. Pengondisian secara kimia berlangsung dengan adanya proses pembentukan ikatan bahan-bahan kimia dengan partikel koloid. Pengondisian secara fisika berlangsung dengan jalan memisahkan bahan-bahan kimia dan koloid dengan cara pencucian dan destruksi. Pengondisian secara biologi berlangsung dengan adanya proses destruksi dengan bantuan enzim dan reaksi oksidasi. Proses-proses yang terlibat pada tahapan ini ialah *lagooning*, *anaerobic digestion*, *aerobic digestion*, *heat treatment*, *polyelectrolite flocculation*, *chemical conditioning*, dan *elutriation*.
- *De-watering and drying* bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan air dan sekaligus mengurangi volume lumpur. Proses yang terlibat pada tahapan ini umumnya ialah pengeringan dan filtrasi. Alat yang biasa digunakan adalah *drying bed*, *filter press*, *centrifuge*, *vacuum filter*, dan *belt press*.
- Disposasi ialah proses pembuangan akhir limbah B3. Beberapa proses yang terjadi sebelum limbah B3 dibuang ialah *pyrolysis*, *wet air oxidation*, dan

composting. Tempat pembuangan akhir limbah B3 umumnya ialah *sanitary landfill, crop land*, atau *injection well*.

(b) Solidifikasi (*Solidification/Stabilization*)

Di samping *chemical conditioning*, teknologi *solidification/stabilization* juga dapat diterapkan untuk mengolah limbah B3. Secara umum stabilisasi dapat didefinisikan sebagai proses pencampuran limbah dengan bahan tambahan (aditif) dengan tujuan menurunkan laju migrasi bahan pencemar dari limbah serta untuk mengurangi toksisitas limbah tersebut. Sedangkan solidifikasi didefinisikan sebagai proses pemadatan suatu bahan berbahaya dengan penambahan aditif. Kedua proses tersebut seringkali terkait sehingga sering dianggap mempunyai arti yang sama. Proses solidifikasi/stabilisasi berdasarkan mekanismenya dapat dibagi menjadi 6 golongan, yaitu:

- *Macroencapsulation*, yaitu proses dimana bahan berbahaya dalam limbah dibungkus dalam matriks struktur yang besar.
- *Microencapsulation*, yaitu proses yang mirip *macroencapsulation* tetapi bahan pencemar terbungkus secara fisik dalam struktur kristal pada tingkat mikroskopik.
- *Precipitation*
- *Adsorpsi*, yaitu proses dimana bahan pencemar diikat secara elektrokimia pada bahan pematat melalui mekanisme adsorpsi.
- *Absorpsi*, yaitu proses solidifikasi bahan pencemar dengan menyerapkannya ke bahan padat
- *Detoxification*, yaitu proses mengubah suatu senyawa beracun menjadi senyawa lain yang tingkat toksisitasnya lebih rendah atau bahkan hilang sama sekali

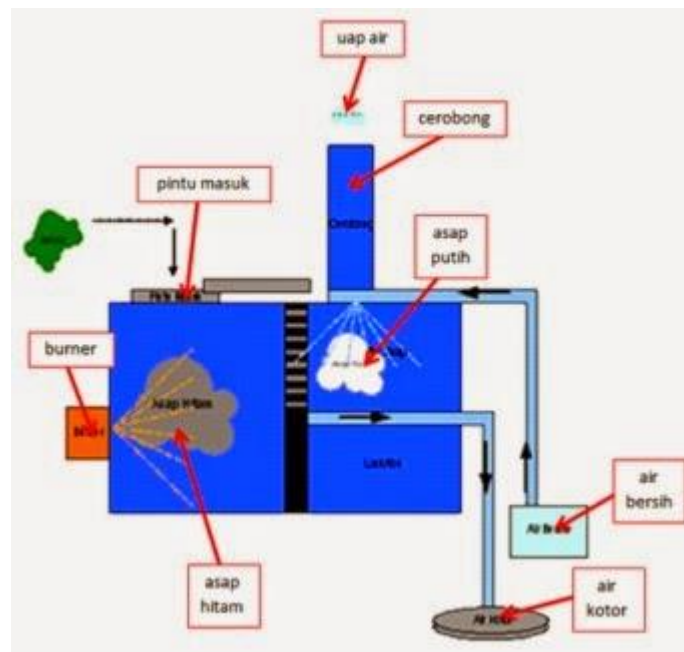
Teknologi solidifikasi/stabilisasi umumnya menggunakan semen, kapur (CaOH_2), dan bahan termoplastik. Metoda yang diterapkan di lapangan ialah metoda *in-drum mixing, in-situ mixing*, dan *plant mixing*.

(c) Insinerasi (*Incineration*)

Teknologi pembakaran (*incineration*) adalah alternatif yang menarik dalam teknologi pengolahan limbah. Insinerasi mengurangi volume dan massa limbah hingga sekitar 90% (volume) dan 75% (berat). Teknologi ini sebenarnya bukan solusi final dari sistem pengolahan limbah padat karena pada dasarnya hanya memindahkan limbah dari bentuk padat yang kasar

mata ke bentuk gas yang tidak kasat mata. Proses insinerasi menghasilkan energi dalam bentuk panas. Namun, insinerasi memiliki beberapa kelebihan di mana sebagian besar dari komponen limbah B3 dapat dihancurkan dan limbah berkurang dengan cepat. Selain itu, insinerasi memerlukan lahan yang relatif kecil.

Aspek penting dalam sistem insinerasi adalah nilai kandungan energi (*heating value*) limbah. Selain menentukan kemampuan dalam mempertahankan berlangsungnya proses pembakaran, *heating value* juga menentukan banyaknya energi yang dapat diperoleh dari sistem insinerasi. Jenis insinerator yang paling umum diterapkan untuk membakar limbah padat B3 ialah *rotary kiln*, *multiple hearth*, *fluidized bed*, *open pit*, *single chamber*, *multiple chamber*, *aqueous waste injection*, dan *starved air unit*. Dari semua jenis insinerator tersebut, *rotary kiln* mempunyai kelebihan karena alat tersebut dapat mengolah limbah padat, cair, dan gas secara simultan.



(Sumber. www.google.images.com)

Gambar 8.5. Alat Insinerasi dan mekanisme kerjanya

(d) Proses Pembakaran (*Inceneration*) Limbah B3

Limbah B3 kebanyakan terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Dapat juga mengandung halogen, sulfur, nitrogen dan logam berat. Hadirnya elemen lain dalam jumlah kecil tidak mengganggu proses oksidasi limbah B3. Struktur molekul umumnya menentukan bahaya dari suatu zat organik

terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Bila molekul limbah dapat dihancurkan dan diubah menjadi karbon dioksida (CO_2), air dan senyawa anorganik, tingkat senyawa organik akan berkurang. Untuk penghancuran dengan panas merupakan salah satu teknik untuk mengolah limbah B3.

Incineration adalah alat untuk menghancurkan limbah pembakaran dengan kondisi terkendali. Limbah dapat terurai dari senyawa organik menjadi senyawa sederhana seperti CO_2 dan H_2O . Incenerator efektif terutama untuk buangan organik dalam bentuk padat, cair, gas, lumpur cair dan lumpur padat. Proses ini tidak biasa digunakan limbah organik seperti lumpur logam berat (*heavy metal sludge*) dan asam anorganik. Zat karsinogenik patogenik dapat dihilangkan dengan sempurna bila insenerator dioperasikan.

Incenerator memiliki kelebihan, yaitu dapat menghancurkan berbagai senyawa organik dengan sempurna, tetapi terdapat kelemahan yaitu operator harus yang sudah terlatih. Selain itu biaya investasi lebih tinggi dibandingkan dengan metode lain dan potensi emisi ke atmosfer lebih besar bila perencanaan tidak sesuai dengan kebutuhan operasional.

h) Pencemaran Udara

Apakah yang kalian rasakan ketika berada di tengah kemacetan jalan raya yang panas dan penuh dengan asap kendaraan bermotor? Apakah kalian merasa nyaman? Tahukah kalian bahwa di dalam asap tersebut terkandung berbagai macam gas yang dapat mengganggu kesehatan?

Asap kendaraan bermotor mengandung bermacam gas yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Gas-gas tersebut adalah karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NO), hidrokarbon (HO), sulfur oksida (SO), dan lain-lain. Pernahkah kalian membayangkan bahwa gas buangan dari lemari es, AC, dan parfum yang sering disebut gas Chloro- fluorocarbon (CFC) merupakan gas yang sangat berbahaya karena dapat merusak lapisan ozon yang berada di lapisan atas atmosfer bumi?

Keadaan di atas menunjukkan adanya pencemaran udara yang terjadi di sekitar kita. Pencemaran udara adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga terjadi penurunan kualitas udara sampai tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran udara ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan, harta benda, ekosistem, dan iklim.

Beberapa penyakit yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan adalah bronkitis dan emphysema. Adanya hujan asam yang bersifat korosif dapat menyebabkan kerugian harta benda karena berkaratnya benda-benda dari besi yang kontak dengannya. Hujan asam menyebabkan perubahan pH air dan tanah. Keadaan ini berpengaruh pada keseimbangan ekosistem. Gas-gas rumah kaca (CO₂, CFCs, dan N₂O) dapat menyerap radiasi inframerah dan menghangatkan udara di permukaan. Peningkatan temperatur di bumi menyebabkan gunung-gunung es mencair yang mengakibatkan perubahan iklim global. Selain itu, CFCs juga dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon. Kebocoran ozon sangat berbahaya bagi kehidupan manusia karena dari lubang ozon tersebut, sinar ultraviolet dapat masuk menembus ke bumi. Radiasi sinar UV ini dapat menyebabkan kerusakan materi genetik DNA dan kanker.

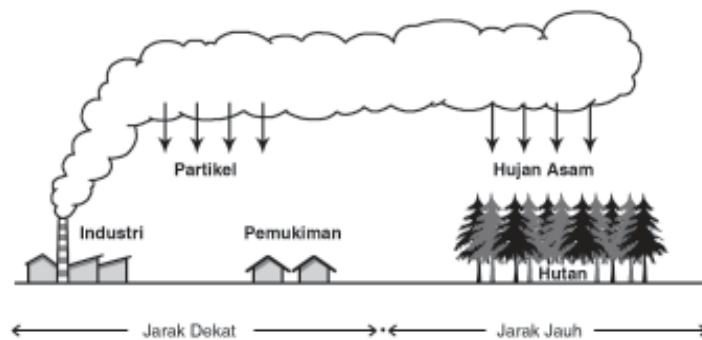
3. Jenis-Jenis Pencemaran Udara

Jumlah polutan yang dikeluarkan ke udara dalam satuan waktu dinamakan emisi. Emisi dapat disebabkan oleh *biogenic emissions* (proses alam), misalnya, CH₄ hasil aktivitas penguraian bahan organik oleh mikroba, dan *anthropogenic emissions* (kegiatan manusia), misalnya, asap kendaraan bermotor, asap pabrik, dan sisa pembakaran. Beberapa jenis polutan pencemar udara, antara lain, adalah:

- a. Karbon Monoksida (CO) merupakan gas pencemar udara yang beracun dan berbahaya bagi tubuh. Gas ini dapat berikatan dengan hemoglobin dalam tubuh sehingga pengikatan oksigen oleh darah menjadi terganggu. Keadaan ini dapat menimbulkan sakit kepala (pusing), mual-mual, mata berkunang-kunang, dan lemas. Dalam kadar tinggi dapat menyebabkan kematian.
- b. Karbon Dioksida (CO₂) diperlukan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis, tetapi jika jumlah CO₂ di udara terlalu banyak, CO₂ tersebut akan naik ke atmosfer dan menghalangi pemancaran panas dari bumi sehingga panas dipantulkan kembali ke bumi. Akibatnya, bumi menjadi sangat panas. Peristiwa ini disebut efek rumah kaca (pemanasan global). Pemanasan global ini dapat mengakibatkan bahaya kekeringan yang hebat, mengganggu kehidupan manusia, dan mencairnya lapisan es di daerah kutub. Gas karbon dioksida ini berasal dari asap pabrik, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan asap kendaraan bermotor. Selain itu, efek rumah kaca juga dipicu oleh hasil pembakaran fosil (batu bara dan minyak bumi) yang berupa hasil buangan bentuk CO₂ dan sulfur belerang.
- c. Hidrokarbon (HC) dan Nitrogen Oksida (NO), HC dan NO yang dipengaruhi oleh

sinar matahari akan membentuk smog yang berupa gas yang sangat pedih jika mengenai mata dan juga sebagai penyebab penyakit kanker.

- d. Sulfur Oksigen (SO) yang bereaksi dengan uap air di udara dapat menyebabkan hujan asam. Asam bersama air hujan akan jatuh ke bumi sebagai hujan asam yang dapat mengakibatkan kerusakan atau kematian hewan dan tumbuhan serta dapat merusak bangunan, khususnya yang terbuat dari kayu dan besi (memicu terjadinya perkaratan).



Sumber: Kesehatan Lingkungan, Ricki M. Mulia, 2005

Gambar 8.6 Proses terjadinya hujan asam

Selain itu, SO juga dapat mengakibatkan penyempitan saluran pernapasan yang menyebabkan batuk, gangguan pernapasan, dan bronkitis.

- e. *Chloroflourocarbon* (CFC) merupakan gas yang sukar terurai sehingga sulit dihilangkan dari udara. Gas ini tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun. Gas ini banyak digunakan sebagai bahan pengembang busa, pendingin (lemari es dan AC), serta bahan penyemprot (hair spray dan parfum). Di lapisan atas atmosfer, gas ini bereaksi dengan ozon-lapisan yang melindungi bumi dari sinar ultraviolet. Reaksi antara CFC dan ozon akan membentuk lubang ozon. Dari lubang ini, sinar ultraviolet akan menembus bumi. Sinar ultraviolet ini dapat menyebabkan penyakit kanker kulit, berkurangnya kekebalan tubuh, dan matinya algae yang dapat merusak ekosistem laut.
- f. Partikel merupakan polutan yang dapat bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemaran lainnya. Partikel yang dapat masuk dalam saluran pernapasan adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer (PM10). Partikel dapat berupa:
- (a) *aerosol* (partikel) yang terhambur dan melayang di udara;
 - (b) *fog* (kabut) yang merupakan aerosol berupa butiran air di udara;
 - (c) *dust* (debu) atau aerosol yang berupa butiran padat yang melayang di udara karena tiupan angin;

- (d) *smoke* (asap) yang merupakan aerosol campuran antara butiran padat dan cair yang melayang di udara;
- (e) *mist*, mirip kabut, berupa butiran zat cair, terhambur, dan melayang di udara;
- (f) *plume*, asap dari cerobong pabrik; (7) smog, campuran smoke dan fog;
- (g) *fume*, aerosol dari kondensasi uap logam.

D. Jenis Pencemaran Lingkungan

Berdasarkan lingkungan yang tercemar, pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu pencemaran air, tanah, udara, dan suara.

1. Pencemaran Air

Air selalu diperlukan oleh setiap makhluk hidup, apalagi manusia. Air dimanfaatkan oleh manusia untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan lain-lain. Oleh karena itu, diperlukan upaya-upaya untuk memperoleh air yang sehat dan aman dikonsumsi. Coba bayangkan bagaimana jika air yang kalian gunakan untuk minum dan memasak tercemar limbah?

Seiring dengan perkembangan iptek, terjadi pula peningkatan terhadap aktivitas manusia. Namun, sering kali aktivitas manusia tersebut juga menyebabkan penurunan terhadap kualitas air. Jika penurunan ini tidak dikendalikan, akan terjadi pencemaran air. Pencemaran air adalah masuknya polutan ke dalam air atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya (PP RI No. 82 tahun 2001). Kemampuan air pada suatu sumber air, untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar disebut daya tampung beban pencemaran. Polutan dapat berupa zat cair atau padat yang berasal dari limbah rumah tangga, industri, pertanian, dan sebagainya.

Jika kalian lihat di daerah-daerah perkotaan, parit, dan sungai- sungai sudah tidak berwarna jernih lagi, tetapi telah berubah menjadi cokelat, hitam, dan sangat bau. Bagaimana mungkin ada hewan dan tumbuhan yang dapat hidup di dalamnya?

Limbah deterjen dan penggunaan pupuk buatan yang berlebihan juga dapat mengganggu ekosistem air. Sisa pupuk buatan yang terbawa oleh air akan menyuburkan tumbuhan yang hidup di air seperti enceng gondok sehingga tumbuhan tersebut dapat menutupi permukaan air. Keadaan ini akan mengganggu kehidupan makhluk hidup di dalam air. Mengapa? Karena tertutupnya permukaan air oleh tumbuhan air akan menghalangi masuknya cahaya matahari ke dalam air. Hal ini berpengaruh pada kegiatan fotosintesis

yang dilakukan oleh fitoplankton yang semakin berkurang. Secara tidak langsung juga terjadi pengurangan ketersediaan oksigen di dalam air. Kalian tahu bahwa oksigen sangat diperlukan dalam respirasi makhluk hidup. Dapat kalian bayangkan bagaimana jika di dalam air itu tidak terdapat oksigen? Selain itu, adanya populasi tumbuhan air yang sangat cepat juga memicu terjadinya pendangkalan sungai. Akibat selanjutnya adalah cepat rusaknya bendungan dan mudahnya terjadi banjir.

1) Sumber Utama Pencemaran Air

Secara umum, pencemaran air dapat dikategorikan sebagai berikut.

- (a) Infection Agent merupakan bahan pencemar yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia (penyakit). Bahan pencemar ini berupa mikroorganisme patogen yang berasal dari excreta manusia dan hewan yang tidak dikelola dengan baik. Untuk mendeteksi keberadaan mikroorganisme patogen di dalam air, dapat digunakan bakteri Coliform sebagai bakteri penunjuk (indicator organism). Jika dalam sampel air itu ditemui indikator organism, air tersebut sudah tercemar oleh tinja (mikroorganisme patogen). Akan tetapi, jika di dalam air tidak ditemukan indicator organism, air tersebut tidak tercemar oleh tinja (mikroorganisme patogen).
- (b) Zat-Zat Pengikat Oksigen adalah *Dissolved Oxygen* atau jumlah oksigen terlarut adalah indikator yang baik untuk menentukan kualitas air. Kandungan oksigen dalam air di atas 6 ppm dapat mendukung kehidupan tumbuhan, ikan, dan makhluk hidup dalam air. Kandungan oksigen kurang dari 2 ppm hanya dapat mendukung kehidupan cacing, bakteri, jamur, dan mikroorganisme pengurai. Oksigen yang terlarut dalam air berasal dari difusi oksigen dan proses fotosintesis fitoplankton. Oksigen digunakan untuk proses respirasi makhluk hidup air dan proses kimia dalam air.
Tahukah kalian tentang siklus oksigen? Jika dalam suatu perairan banyak kemasukan sisa makanan, jumlah mikroorganisme dalam perairan tersebut akan meningkat. Hal ini akan berakibat pada peningkatan jumlah oksigen dalam air yang digunakan untuk pernapasan mikroorganisme sehingga menurunkan jumlah oksigen terlarut. Jika bahan organik telah habis, jumlah mikroorganisme akan berkurang pula sehingga secara alamiah kandungan oksigen di dalam air akan naik dan kembali stabil. Bagaimana jika terjadi pembuangan sisa makanan ke dalam perairan tersebut secara terus-menerus?
- (c) Sedimen terdiri atas tanah dan pasir yang masuk ke air dari erosi atau banjir

dan dapat menimbulkan pendangkalan aliran sungai. Selain itu, sedimentasi dapat menimbulkan kekeruhan air yang menghalangi penetrasi cahaya matahari sehingga mengganggu proses fotosintesis fitoplankton yang berarti pula berkurangnya pasokan oksigen dalam air.

- (d) Nutrisi atau Unsur Hara (*Nitrat dan Posfat*) dapat mengakibatkan peningkatan produktivitas primer yang ditimbulkan oleh adanya penyaringan air dengan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan (*Eutrofikasi*). Keadaan ini dapat meningkatkan populasi ganggang dan bakteri dalam perairan tersebut. Akibatnya, air menjadi keruh dan bau. Selain itu, juga menghambat proses masuknya oksigen ke perairan yang secara tidak langsung dapat menurunkan kadar oksigen di dalam air.
- (e) Pencemar Anorganik adalah logam, garam, asam, dan basa. Merkuri, kadmium, timbel, dan nikel adalah logam dengan kadar yang relatif kecil sudah dapat mengakibatkan pencemaran. Ingat kejadian di teluk Minamata? Asam dapat masuk ke dalam air dari produk samping proses industri dan pelapisan logam. Asam dan basa ini dapat menyebabkan perubahan pH air yang dapat mengganggu kehidupan di dalam air. Contoh lain, kasus keracunan kobalt yang terjadi di Nebraska merupakan penyakit tidak menular yang disebabkan oleh kontaminasi kobalt di dalam air. Akibat keracunan ini timbul penyakit jantung, kerusakan kelenjar gondok, darah tinggi, dan kaki bengkak.
- (f) Zat Kimia Organik mempunyai toksisitas yang tinggi. Kontaminasi antara zat kimia organik dengan air dapat mengancam kesehatan. Zat kimia organik digunakan dalam industri kimia, misalnya, untuk pembuatan pestisida, plastik, produk farmasi, pigmen, dan produk lainnya.
- (g) Energi Panas jika kualitas air akan turun terjadi perubahan temperatur. Pembuangan air limbah yang mengandung panas mengakibatkan kenaikan temperatur yang menyebabkan turunnya kadar oksigen dalam air. Air yang panas pada permukaan air dapat menghambat masuknya oksigen ke dalam air di level bawah.
- (h) Zat radioaktif yang terapan dalam teknologi nuklir yang digunakan pada berbagai bidang dapat menimbulkan sisa pembuangan. Dapat saja sisa zat radioaktif tersebut terbawa ke dalam lingkungan air. Pengaruh radioaktif ini dapat mengakibatkan gangguan pada proses pembelahan sel, rusaknya kromosom, dan lebih jauh dalam waktu yang lama dapat terjadi kerusakan

sistem reproduksi dan sel tubuh. Secara garis besar, pencemaran air yang utama dapat dilihat di dalam Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Sumber Utama Pencemaran Air

No.	Nama Bahan Pencemar	Contoh	Sumber
A. Mengakibatkan Gangguan Kesehatan			
1.	Agen infeksi	Bakteri, virus, dan parasit	Excreta, manusia, dan hewan
2.	Zat kimia organik	Pestisida, plastik, minyak, bensin, dan deterjen	Pertanian, industri, dan rumah tangga
3.	Pencemar anorganik	Asam, basa, dan logam	Air limbah industri, bahan pembersih rumah tangga, dan air limbah
4.	Zat radioaktif	Thorium, uranium, cesium, iodine, dan radon	Pembangkit listrik, penambangan dan pengolahan mineral, produksi senjata, dan sumber alamiah
B. Mengakibatkan Gangguan Ekosistem			
1.	Sedimen	Tanah dan lumpur	Erosi daratan dan banjir
2.	Nutrisi atau unsur hara	Nitrat, fosfat, dan amonium	Pupuk pertanian, pembuangan limbah, dan pupuk
3.	Zat-zat pengikat oksigen	Pupuk kandang dan residu tumbuhan	Pembuangan kotoran, limpasan pertanian, pabrik kertas, dan
4.	Energi panas	Panas	Pembangkit listrik dan air pendingin industri

(Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005)

Untuk mengurangi terjadinya pencemaran air, dapat dilakukan usaha-usaha pencegahan, antara lain:

1. tidak membuang sampah di sumber air;
2. Membuat tempat pengolahan limbah cair, sehingga air limbah tersebut tidak berbahaya lingkungan;
3. Tidak menggunakan pupuk pertanian secara berlebihan.

2) Dampak Pencemaran Air

Air limbah yang dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu merupakan salah satu sumber pencemaran air. Air limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan manusia yang berwujud cair. Air limbah ini dapat berasal dari rumah tangga dan industri.

Air limbah dari rumah tangga sering kali mengandung mikroorganisme patogen, air seni yang mengandung fosfor, nitrogen, mungkin juga mikroorganisme, air bekas cucian dapur, mesin cuci, dan air mandi. Air limbah industri mengandung zat yang bervariasi

sesuai dengan pemakaian tiap-tiap industri. Hal ini berhubungan dengan dampak yang ditimbulkannya nanti.

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak yang tidak menguntungkan bagi lingkungan, antara lain:

(a) Penurunan Kualitas Lingkungan

Pembuangan air limbah secara langsung ke dalam air permukaan menyebabkan pencemaran air permukaan tersebut. Misalnya, pembuangan limbah organik ke dalam air dapat meningkatkan populasi mikroorganisme dan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air. Hal ini dapat menurunkan kandungan udara dalam air sehingga dapat mengganggu kehidupan di dalam air.

(b) Gangguan Kesehatan

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat mengandung bibit penyakit (jamur dan bakteri), vektor penyakit (sarang nyamuk, lalat, kecoa, dan lain-lain), serta menimbulkan gangguan kesehatan.

(c) Mengganggu Pemandangan

Kadang-kadang air limbah mengandung polutan yang tidak mengganggu kesehatan dan ekosistem, tetapi mengganggu pemandangan kota. Meskipun air yang tercemar tidak menimbulkan bau, perubahan warna air mengganggu pandangan mata kita.

(d) Mempercepat Proses Kerusakan Benda

Ada sebagian air limbah yang mengandung zat yang dapat diubah oleh bakteri anaerob menjadi gas yang dapat merusak seperti H₂S. Gas ini dapat mempercepat proses perkaratan pada besi. Agar terhindar dari hal-hal di atas, sebaiknya sebelum dibuang, air limbah harus diolah terlebih dahulu dan memenuhi ketentuan Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 8.2 Penyakit terkait kualitas air dan Penyebabnya

No.	Penyebab	Penyakit
1.	Virus - Rota virus - Virus hepatitis A - Virus poliomyelitis	Diare pada anak Hepatitis A Poliomyelitis
2.	Bakteri - <i>Vibrio cholerae</i> - <i>E. coli</i> - <i>Salmonella typhi</i> - <i>Salmonella paratyphi</i> - <i>Shigella dysenteriae</i>	Kolera Diare atau disentri Tifus abdominale Paratifus Disentri
3.	Protozoa - <i>Entamoeba histolytica</i> - <i>Balantidia coli</i>	Dysentri amoeba Balantidiasis

	- <i>Giardia Lamblia</i>	Giardiasis
4.	Metazoa - <i>Ascaris lumbricoides</i> - <i>Clonorchis sinensis</i> - <i>Diphyllobothrium latum</i> - <i>Taenia saginata/T solium</i> - <i>Schistosoma</i>	Ascariasis Clonorchiasis Diphyllobothriasis Taeniasis Schistosomiasis

Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan disebut status mutu air. Status mutu air ditetapkan untuk menyatakan: kondisi cemar, apabila mutu air tidak memenuhi baku mutu air, kondisi baik, apabila mutu air memenuhi baku mutu air.

Baku mutu air limbah usaha dan/atau kegiatan manusia, berlaku dengan ketentuan:

- a. jika air limbah yang dibuang ke badan air penerima sungai kelas I maka usaha dan/atau kegiatan tersebut mengikuti baku mutu air limbah golongan I dalam tabel baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan
- b. jika kandungan BOD kurang dari 1.500 ppm (seribu lima ratus parts per million) dan COD kurang dari 3.000 ppm (tiga ribu parts per million) pada air limbah sebelum dilakukan pengolahan, maka diberlakukan baku mutu air limbah golongan I dalam tabel baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan, walaupun badan air penerimanya bukan sungai kelas I;
- c. jika kandungan BOD lebih dari 1.500 (seribu lima ratus parts per million) dan/atau COD lebih dari 3.000 ppm (tiga ribu parts per million) pada air limbah sebelum dilakukan pengolahan, dan badan air penerimanya bukan sungai kelas I, maka diberlakukan baku mutu air limbah golongan II dalam tabel baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan

Kualitas dan karakteristik air limbah dapat ditentukan dengan parameter sebagai berikut:

- a) *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan banyaknya oksigen dalam mg/l yang diperlukan oleh mikroba untuk menguraikan bahan organik pada suhu 20 °C selama lima hari. Pengukuran BOD adalah dengan menghitung selisih antara oksigen terlarut awal dengan oksigen terlarut pada air sampel yang telah disimpan selama 5 hari pada suhu 20 °C. Kadar oksigen terlarut dalam air alami berkisar antara 5–7 ppm. 1 ppm adalah 1 mg oksigen yang terlarut dalam 1 liter air. Penurunan kadar oksigen terlarut dalam air adalah akibat terjadinya proses oksidasi bahan organik, reduksi zat hasil aktivitas bakteri anaerob, dan respirasi makhluk hidup air terutama pada malam hari. Limbah bahan organik yang masuk ke dalam air diurai oleh mikroba, mikroba membutuhkan oksigen terlarut untuk mengoksidasi bahan organik. Semakin banyak limbah organik, semakin banyak mikroba yang hidup. Untuk hidupnya, mikroba memerlukan oksigen. Semakin banyak mikroba, semakin rendah kadar oksigen terlarut dalam air. Hal ini dapat mengganggu kehidupan di dalam air. BOD dapat menggambarkan oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (biodegradable).

b) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand menunjukkan total jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi bahan organik secara kimiawi baik yang biodegradable maupun yang nonbiodegradable.

c) Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO)

Dissolved Oxygen menunjukkan jumlah kandungan oksigen di dalam air yang diukur dalam 1 mg/1 lt. DO dapat digunakan sebagai indikasi seberapa besar jumlah pengotoran limbah. Semakin tinggi oksigen terlarut, semakin kecil tingkat pencemarannya.

d) *Total Suspended Solid* (TSS),

Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS), dan *Mixed Liquor Volatile Suspended Solid* (MLVSS) TSS, MLSS, dan MLVSS menunjukkan jumlah berat dalam mg/1 kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah dilakukan penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. MLSS menunjukkan jumlah TSS yang berasal dari bak pengendap lumpur aktif sesudah dipanaskan pada suhu 103 °C – 105 °C, sedangkan MLVSS merupakan kandungan organik matter yang terdapat pada MLSS sesudah dipanaskan pada suhu 600 °C. Benda volatil yang menguap inilah yang disebut dengan MLVSS.

e) Kekeruhan (Turbidity)

Kekeruhan air dapat diukur dengan menggunakan efek cahaya. Kekeruhan air disebabkan oleh tercampurnya air dengan bahan organik di dalam air.

f) pH air

pH air dapat dijadikan indikasi apakah air tersebut tercemar atau tidak dan seberapa besar tingkat pencemarannya. pH air alami berkisar antara 6,5 – 8,5. Pencemaran air dapat menyebabkan naik atau turunnya pH air. Jika banyak tercemar zat yang bersifat asam (bahan organik), pH air akan lebih kecil dari 6,5, tetapi jika air tercemar oleh zat yang bersifat basa (kapur), pH air akan lebih besar dari 8,5. Setiap kenaikan 1 angka pada skala pH menunjukkan kenaikan kebasaaan 10 kali. Demikian juga sebaliknya, penurunan 1 angka pada skala pH menunjukkan penurunan keasaman 10 kali.

Pencemaran air dapat dilihat secara mudah bila terdapat perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air yang merupakan sumber air minum yaitu danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia. Jumlah air minum yang tersedia dari sumber tersebut sebesar 3% yang terus menerus terancam dan terkontaminasi oleh berbagai faktor yang menyebabkan pencemaran air. Setelah mengetahui persyaratan kualitas air maka kita akan belajar mengenai limbah yang sering mencemari sumber air kita. Tahukan kamu apakah limbah itu ? Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah merupakan material sisa yang tidak lagi digunakan setelah berakhirnya suatu proses. Limbah akan diproses lebih lanjut menggunakan daur ulang alami, seperti halnya daun-daun kering yang jatuh dari pohon. Limbah dapat menjadi masalah dalam kehidupan sehari-hari, bila tidak terurai atau terdegradasi. Limbah sebagai bahan buangan sisa kegiatan manusia yang keberadaannya bila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan berbagai macam dampak negatif.

Pencegahan Pencemaran Air dapat dilakukan menggunakan metode 5R yaitu *Reduce, Reuse, Recycle, Recharge dan Recovery*. Dua yang terakhir adalah usaha pemulihan, misalnya dengan pembuatan lubang biopori dan sumur resapan. Sedangkan contoh recycle yaitu dengan memanfaatkan air mandi untuk menyiram tanaman atau nyuci kendaraan.

Cara Mencegah Pencemaran Air dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Menggunakan air dengan bijaksana.
2. Mengurangi penggunaan deterjen.

3. Mengurangi konsumsi obat-obat kimia.
4. Mengurangi penggunaan obat nyamuk dan pembasmi serangga.
5. Mengurangi penggunaan bahan-bahan yang sulit terurai.
6. Mengelola sampah rumah tangga dengan baik.
7. Menanam pohon.
8. Mengurangi penggunaan kendaraan bermotor.
9. Menggalakkan industri daur ulang.
10. Pengelolaan limbah pada industri rumah tangga

g) Indikator Biologi

Indikator biologi dapat dimanfaatkan untuk mengukur kualitas air atau seberapa besar tingkat pencemarannya. Makhluk hidup atau organisme yang ada di dalam perairan tersebut dapat dijadikan indikator ada tidaknya pencemaran di dalam perairan tersebut. Makhluk hidup ini mempunyai sensitivitas yang lebih tinggi dengan perubahan lingkungan yang terjadi, termasuk adanya zat asing dalam lingkungannya. Sebagai contoh, cacing Planaria yang biasa hidup di air jernih akan sangat sensitif dengan pencemaran. Ada tidaknya Planaria di dalam perairan itu dapat menunjukkan ada tidaknya pencemaran di perairan tersebut. Semakin tinggi tingkat pencemaran, semakin sulit Planaria itu ditemukan. Selain Planaria, hewan lain yang dapat dijadikan indikator biologi adalah Tubifex (indikator pencemaran bahan organik), serangga air, ikan mikroinvertebrata, ganggang, dan bentos.

3) Pengolahan Air Limbah

Pengolahan limbah bertujuan untuk menetralkan air dari bahan-bahan tersuspensi dan terapung, menguraikan bahan organik biodegradable, meminimalkan bakteri patogen, serta memerhatikan estetika dan lingkungan. Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara alami dan secara buatan.

- (a) Pengolahan air limbah secara alamiah dapat dilakukan dengan pembuatan kolam stabilisasi. Dalam kolam stabilisasi, air limbah diolah secara alamiah untuk menetralkan zat-zat pencemar sebelum air limbah dialirkan ke sungai. Kolam stabilisasi yang umum digunakan adalah kolam anaerobik, kolam fakultatif (pengolahan air limbah yang tercemar bahan organik pekat), dan kolam maturasi (pemusnahan mikroorganisme patogen). Karena biaya yang dibutuhkan murah, cara ini direkomendasikan untuk daerah tropis dan sedang berkembang.

(b) Pengolahan air limbah dengan bantuan alat dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu *primary treatment* (pengolahan pertama), *secondary treatment* (pengolahan kedua), dan *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan).

Primary treatment merupakan pengolahan pertama yang bertujuan untuk memisahkan zat padat dan zat cair dengan menggunakan filter (saringan) dan bak sedimentasi. Beberapa alat yang digunakan adalah saringan pasir lambat, saringan pasir cepat, saringan multimedia, percoal filter, mikrostaining, dan vacuum filter.

Secondary treatment merupakan pengolahan kedua, bertujuan untuk mengkoagulasikan, menghilangkan koloid, dan menstabilisasikan zat organik dalam limbah. Pengolahan limbah rumah tangga bertujuan untuk mengurangi kandungan bahan organik, nutrisi nitrogen, dan fosfor.

Penguraian bahan organik ini dilakukan oleh makhluk hidup secara aerobik (menggunakan oksigen) dan anaerobik (tanpa oksigen).

Secara aerobik, penguraian bahan organik dilakukan mikroorganisme dengan bantuan oksigen sebagai electron acceptor dalam air limbah. Selain itu, aktivitas aerobik ini dilakukan dengan bantuan lumpur aktif (*activated sludge*) yang banyak mengandung bakteri pengurai. Hasil akhir aktivitas aerobik sempurna adalah CO_2 , uap air, dan excess sludge. Secara anaerobik, penguraian bahan organik dilakukan tanpa menggunakan oksigen. Hasil akhir aktivitas anaerobik adalah biogas, uap air, dan excess sludge.

Tertiary treatment merupakan lanjutan dari pengolahan kedua, yaitu penghilangan nutrisi atau unsur hara, khususnya nitrat dan posfat, serta penambahan klor untuk memusnahkan mikroorganisme patogen.

2. Pencemaran Tanah

Tanah merupakan tempat hidup berbagai jenis tumbuhan dan makhluk hidup lainnya termasuk manusia. Kualitas tanah dapat berkurang karena proses erosi oleh air yang mengalir sehinggakesuburannya akan berkurang. Selain itu, menurunnya kualitas tanah juga dapat disebabkan limbah padat yang mencemari tanah.

Menurut sumbernya, limbah padat dapat berasal dari sampah rumah tangga (domestik), industri dan alam (tumbuhan). Adapun menurut jenisnya, sampah dapat dibedakan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik berasal dari sisa-sisa makhluk hidup, seperti dedaunan, bangkai binatang, dan kertas. Sampah anorganik biasanya berasal dari limbah industri, seperti plastik, logam dan kaleng.

Sampah organik pada umumnya mudah dihancurkan dan dibusukkan oleh mikroorganisme di dalam tanah. Sampah anorganik tidak mudah hancur sehingga dapat menurunkan kualitas tanah.

3. Pencemaran Udara

Apakah yang kalian rasakan ketika berada di tengah kemacetan jalan raya yang panas dan penuh dengan asap kendaraan bermotor? Apakah kalian merasa nyaman? Tahukah kalian bahwa di dalam asap tersebut terkandung berbagai macam gas yang dapat mengganggu kesehatan? Asap kendaraan bermotor mengandung bermacam gas yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Gas-gas tersebut adalah karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NO), hidrokarbon (HO), sulfur oksida (SO), dan lain-lain. Pernahkah kalian membayangkan bahwa gas buangan dari lemari es, AC, dan parfum yang sering disebut gas Chloro- fluorocarbon (CFC) merupakan gas yang sangat berbahaya karena dapat merusak lapisan ozon yang berada di lapisan atas atmosfer bumi? Keadaan di atas menunjukkan adanya pencemaran udara yang terjadi di sekitar kita. Udara dikatakan tercemar jika mengandung unsur-unsur yang mengotori udara. Bentuk pencemar udara bermacam-macam, ada yang berbentuk gas dan ada yang berbentuk partikel cair atau padat. Pencemaran udara adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga terjadi penurunan kualitas udara sampai tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran udara ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan, harta benda, ekosistem, dan iklim.

Beberapa penyakit yang disebabkan oleh pencemaran udara adalah bronkitis dan emphysema. Adanya hujan asam yang bersifat korosif dapat menyebabkan kerugian harta benda karena berkaratnya benda-benda dari besi yang kontak dengannya. Hujan asam menyebabkan perubahan pH air dan tanah. Keadaan ini berpengaruh pada keseimbangan ekosistem. Gas-gas rumah kaca (CO₂, CFCs, dan N₂O) dapat menyerap radiasi inframerah dan menghangatkan udara di permukaan. Peningkatan temperatur di bumi menyebabkan gunung-gunung es mencair yang mengakibatkan perubahan iklim global. Selain itu, CFCs juga dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon. Kebocoran ozon sangat berbahaya bagi kehidupan manusia karena dari lubang ozon tersebut, sinar ultraviolet dapat masuk menembus ke bumi. Radiasi sinar UV ini dapat menyebabkan kerusakan materi genetik DNA dan kanker.

4. Jenis-Jenis Pencemaran Udara

Jumlah polutan yang dikeluarkan ke udara dalam satuan waktu dinamakan emisi. Emisi dapat disebabkan oleh emisi biogenik (proses alam), misalnya, CH_4 hasil aktivitas penguraian bahan organik oleh mikroba, dan emisi antropogenik (kegiatan manusia), misalnya, asap kendaraan bermotor, asap pabrik, dan sisa pembakaran. Beberapa jenis polutan pencemar udara, antara lain:

- a) Karbon Monoksida (CO) merupakan gas pencemar udara yang beracun dan berbahaya bagi tubuh. Gas ini dapat berikatan dengan hemoglobin dalam tubuh sehingga pengikatan oksigen oleh darah menjadi terganggu. Keadaan ini dapat menimbulkan sakit kepala (pusing), mual-mual, mata berkunang-kunang, dan lemas. Dalam kadar tinggi dapat menyebabkan kematian.
- b) Karbon Dioksida (CO_2) diperlukan oleh tumbuhan dalam proses fotosintesis, tetapi jika jumlah CO_2 di udara terlalu banyak, CO_2 tersebut akan naik ke atmosfer dan menghalangi pemancaran panas dari bumi sehingga panas dipantulkan kembali ke bumi. Akibatnya, bumi menjadi sangat panas. Peristiwa ini disebut efek rumah kaca (pemanasan global). Pemanasan global ini dapat mengakibatkan bahaya kekeringan yang hebat yang mengganggu kehidupan manusia dan mencairnya lapisan es di daerah kutub. Gas karbon dioksida ini berasal dari asap pabrik, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan asap kendaraan bermotor. Selain itu, efek rumah kaca juga dipicu oleh hasil pembakaran fosil (batu bara dan minyak bumi) yang berupa hasil buangan bentuk CO_2 dan sulfur belerang.
- c) Hidrokarbon (HC) dan Nitrogen Oksida (NO) yang dipengaruhi oleh sinar matahari akan membentuk smog berupa gas yang sangat pedih jika mengenai mata dan juga bisa menyebabkan penyakit kanker.
- d) Sulfur Oksigen (SO) yang bereaksi dengan uap air di udara dapat menyebabkan hujan asam. Asam bersama air hujan akan jatuh ke bumi sebagai hujan asam yang dapat mengakibatkan kerusakan atau kematian hewan dan tumbuhan serta dapat merusak bangunan, khususnya yang terbuat dari kayu dan besi (memicu terjadinya perkaratan). Selain itu, SO juga dapat mengakibatkan penyempitan saluran pernapasan yang menyebabkan batuk, gangguan pernapasan, dan bronkitis.
- e) *Chloroflourocarbon* (CFC) merupakan gas yang sukar terurai sehingga sulit dihilangkan dari udara. Gas ini tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun.

Gas ini banyak digunakan sebagai bahan pengembang busa, pendingin (lemari es dan AC), serta bahan penyemprot (hair spray dan parfum). Di lapisan atas atmosfer, gas ini bereaksi dengan ozon-lapisan ozon adalah lapisan yang melindungi bumi dari sinar ultraviolet. Reaksi antara CFC dan ozon akan membentuk lubang ozon. Dari lubang ini, sinar ultraviolet akan menembus bumi. Sinar ultraviolet ini dapat menyebabkan penyakit kanker kulit, berkurangnya kekebalan tubuh, dan matinya algae yang dapat merusak ekosistem laut.

- f) Partikel merupakan polutan yang dapat bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikel yang dapat masuk dalam saluran pernapasan adalah partikel yang berukuran 10 mikrometer (PM_{10}). Partikel dapat berupa:
- (1) aerosol (partikel) yang terhambur dan melayang di udara;
 - (2) fog (kabut) yang merupakan aerosol berupa butiran air di udara;
 - (3) debu atau aerosol yang berupa butiran padat yang melayang di udara karena tiupan angin;
 - (4) asap yang merupakan aerosol campuran antara butiran padat dan cair yang melayang di udara;
 - (5) mist, mirip kabut, berupa butiran zat cair, terhambur, dan melayang di udara;
 - (6) plume, asap dari cerobong pabrik;
 - (7) smog, campuran smoke dan fog;
 - (8) fume, aerosol dari kondensasi uap log

5. Dampak Pencemaran Udara dan Pengelolaan Kualitas Udara

Telah disebutkan di atas bahwa pencemaran udara dapat menimbulkan berbagai macam permasalahan, mulai dari masalah kesehatan sampai perubahan iklim global. Pencemaran udara tidak dapat dihilangkan sama sekali, tetapi hanya dapat dikurangi atau dikendalikan. Manusia dapat mengakibatkan pencemaran udara, tetapi juga dapat berperan dalam pengendalian pencemaran udara ini.

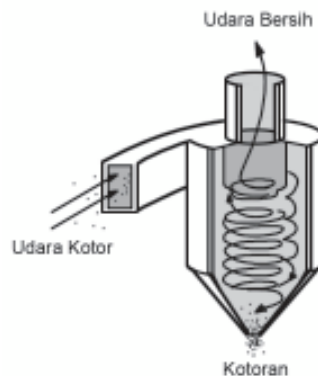
Standar batas-batas pencemaran udara secara kuantitatif diatur dalam Baku Mutu Udara Ambien dan Baku Mutu Udara Emisi. Baku Mutu Udara Ambien menunjukkan batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di udara, tetapi tidak menimbulkan gangguan pada makhluk hidup. Sementara itu, Baku Mutu Udara Emisi menunjukkan batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar untuk

dikeluarkan dari sumber pencemaran ke udara sehingga tidak mengakibatkan pencemaran yang melampaui batas Baku Mutu Udara Ambien.

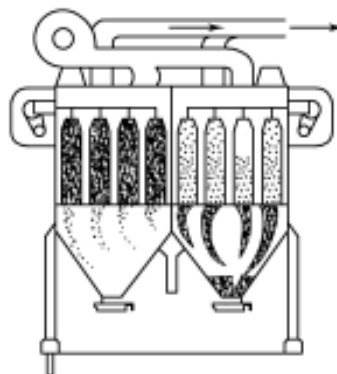
Dengan ketentuan tersebut, perusahaan yang mengeluarkan emisi akan berusaha untuk menjaga agar sesuai dengan ketentuan tersebut. Secara tidak langsung, hal tersebut telah dapat mengendalikan laju pencemaran udara.

Pengendalian emisi dapat dilakukan dengan berbagai alat. Pemilihannya dapat dilakukan dengan pertimbangan efisiensi, sifat kimiawi pencemar, dan lainnya. Beberapa alat pengendali emisi, antara lain:

- a. Filter udara berguna untuk menyaring partikel yang ikut keluar dari cerobong agar tidak ikut terlepas ke udara sehingga hanya udara yang bersih yang keluar ke lingkungan.



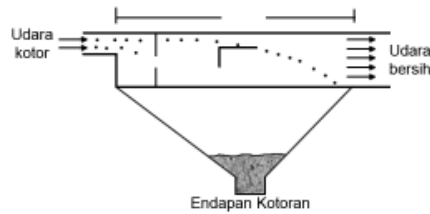
Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005
Gambar 8.7. Filter udara



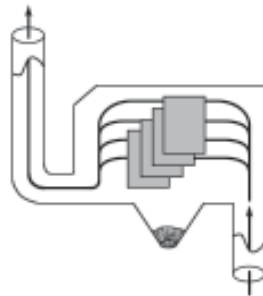
Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005
Gambar 8.8. Pengendap siklon

- b. Pengendap siklon, yaitu pengendap partikel yang ikut dalam emisi dengan memanfaatkan gaya sentrifugal dari partikel dengan cara partikel diembuskan ke dinding tabung siklon sehingga partikel yang berat akan mengendap.
- c. Pengendap sistem gravitasi, yaitu ruang panjang yang dilalui partikel sehingga

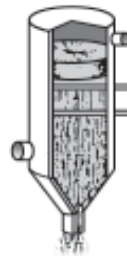
perlahan-lahan dimungkinkan terjadi pengendapan partikel kebawah akibat gaya gravitasi.



Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005
Gambar 8.9. Pengendap sistem gravitasi



Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005
Gambar 8.10. Pengendap elektrostatis



Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005
Gambar 8.11. Filter basah

- d. Pengendap elektrostatis, berguna untuk mengendapkan partikel di bawah diameter 5 mikrometer dan paling efektif digunakan pengendap elektrostatis. Dengan alat ini, volume udara yang dibersihkan dapat dalam jumlah yang besar.
- e. Filter basah, scrubber, atau wet collectors, berguna untuk mengendapkan pencemar non partikel. Scrubber dapat memisahkan udara bersih dari pencemar nonpartikel. Kerja alat ini adalah dengan menggunakan larutan penyerap. Pencemar nonpartikel dilewatkan dalam larutan penyerap sehingga larutan akan menyerap pencemar non partikel tersebut.

Selain itu, ada beberapa pencemar yang dikelola secara khusus, misalnya

- a) Pengendalian sulfur dioksida (SO_2)

Pengendalian SO₂ dilakukan dengan mengurangi penggunaan bahan bakar bersulfur tinggi, seperti batubara dengan bahan bakar yang lebih bersih untuk lingkungan.

b) Pengendalian oksida nitrogen (NO₂)

Cara yang paling tepat untuk menghindari terjadinya pencemaran NO₂ adalah dengan menghindari penggunaan bahan bakar fosil.

Secara garis besar, upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya pencemaran udara adalah:

- a) mengurangi atau mengganti bahan bakar rumah tangga yang berasal dari fosil dengan bahan bakar yang ramah lingkungan;
- b) tidak menggunakan barang-barang rumah tangga yang mengandung CFC;
- c) tidak merokok didalam ruangan;
- d) mencegah terjadinya kebakaran hutan, perusakan hutan, dan penggundulan hutan;
- e) menanam tumbuhan hijau di sekitar rumah dan berpartisipasi dalam penghijauan dan reboisasi;
- f) adanya peraturan yang mengharuskan membuat cerobong asap bagi industri dan pabrik.

6. Pencemaran Tanah

Tanah dan makhluk hidup yang hidup di atasnya mempunyai hubungan yang sangat erat. Tanah memberikan sumber daya yang berguna bagi kelangsungan makhluk hidup di atasnya. Tanah juga merupakan habitat alamiah bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Sudah seharusnya manusia selalu menjaga dan memelihara kualitas tanah untuk mempertahankan kesejahteraan hidup. Dapat dikatakan bahwa hidup manusia tergantung dari tanah.

Kegiatan manusia, seperti perusakan hutan dan pertanian ladang berpindah memengaruhi kualitas tanah. Terkontaminasinya tanah oleh zat kimia dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran air tanah. Jika tidak segera dihentikan, hal ini akan menimbulkan kerusakan tanah, bahkan dapat menimbulkan bencana bagi kehidupan manusia.

Pencemaran tanah merupakan pencemaran yang disebabkan oleh masuknya polutan yang berupa zat cair atau zat padat ke dalam tanah. Bahan cair yang berupa limbah rumah tangga, pertanian, dan industri ini akan meresap masuk ke dalam tanah. Bahan-bahan ini

akan membunuh mikroorganisme di dalam tanah. Jika makhluk hidup tersebut merupakan bakteri pengurai, penyediaan humus akan berkurang dan sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang mati tidak akan terurai lagi menjadi unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Keadaan ini membuat petani harus memberikan pupuk buatan yang begitu mahal untuk kesuburan tanamannya, padahal dengan memberikan pupuk tersebut, unsur hara dalam tanah juga akan ikut terbunuh lagi.

Bahan padat seperti sampah, logam, plastik, dan sampah dari pasar jika dibuang ke tanah, kandungan kimianya akan terserap tanah sehingga akan mencemari tanah. Apalagi bahan logam berat, seperti merkuri, kadmium, dan litium jika terserap tanah, akan mengakibatkan gangguan susunan saraf dan cacat pada tubuh keturunan makhluk hidup.

Permasalahan tersebut dapat dikurangi dengan menumbuhkan kesadaran pada masyarakat untuk membuang sampah pada tempatnya. Sebelum dibuang, sampah harus dipisahkan antara sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik adalah sampah yang berasal dari tumbuhan dan hewan yang cepat busuk dan dapat didaur ulang menjadi kompos. Sampah anorganik seperti plastik, baterai, dan kaleng bekas, tidak dapat diurai oleh mikroorganisme sehingga harus dipisahkan. Penumpukan sampah yang terlalu lama dapat menimbulkan bau dan penyakit. Selain itu, pembuangan sampah ke parit dan sungai dapat memicu terjadinya banjir.

7. Pencemaran Suara

Tanah yang telah terkontaminasi oleh bahan kimia dapat dipulihkan dengan metode pengolahan sebagai berikut.

- 1) Penyimpanan, yaitu tanah yang terkontaminasi digali dan dibawa ke gudang penyimpanan untuk disimpan sementara sampai ditemukan cara mengolah yang tepat.
- 2) Teknik insitu, yaitu pengolahan tanah terkontaminasi di tempat dengan konversi biologi dan kimia, pemisahan daerah terkontaminasi agar tidak mencemari lingkungan lainnya.
- 3) Teknik eksitu, yaitu pengolahan tanah terkontaminasi digali dan diolah di suatu unit pengolahan, antara lain, dapat dilakukan dengan cara memisahkan bahan pencemar dengan tanah, penguraian kontaminan dengan mikroba, pemanfaatan energi panas yang dapat menguapkan kontaminan dari tanah, dan ekstraksi kontaminan dari tanah.

Pencemaran suara dapat ditimbulkan oleh adanya suara bising yang disebabkan oleh suara mesin pabrik, mesin penggilingan padi, mesin las, pesawat, kendaraan bermotor

yang berlalu-lalang, dan suara kereta api, kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Kep 48/MENLH/11/1996).

1) Jenis-Jenis Kebisingan adalah:

- a) kebisingan yang terus-menerus dengan jangkauan frekuensi yang sempit, misalnya, mesin gergaji;
- b) kebisingan yang terputus-putus, misalnya, suara arus lalu lintas atau pesawat terbang;
- c) kebisingan impulsif, misalnya, tembakan, bom, atau suara ledakan;
- d) kebisingan impulsif berulang, misalnya, suara mesin tempa.

2) Dampak Pencemaran Suara Kebisingan

Suara-suara bising ini dapat menyebabkan terganggunya pendengaran manusia. Selain itu, lama-kelamaan suara bising ini akan menimbulkan berbagai keluhan pada tubuh kita, misalnya, pusing, mual, jantung berdebar-debar, sulit tidur, badan kaku, dan naiknya tekanan darah.

Tingkat kebisingan atau ukuran energi bunyi dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Pengukurannya menggunakan alat yang bernama *Sound Level Meter*.

8. Pencemaran Limbah Padat



Sumber: Dok. BP, 2006

Gambar 8.12. Limbah padat berupa plastik dan besi tidak dapat terurai dan dapat menimbulkan cairan yang berbahaya.

1) Jenis Limbah Padat

Limbah padat adalah segala sesuatu yang tidak terpakai dan berbentuk padat atau setengah padat. Limbah padat dapat berupa campuran berbagai bahan baik yang tidak berbahaya (sisa makanan) maupun berbahaya (limbah bahan berbahaya dan beracun dari industri).

Beberapa jenis limbah dapat dilihat pada Tabel 8.3 berikut ini.

Tabel 8.3 Jenis Limbah Padat

No.	Sumber	Tempat	Jenis
1.	Domestik	Rumah tangga	Sisa makanan dan pembungkus makanan
2.	Komersial	Pertokoan, restoran, hotel, dan institusi	Kertas, kardus, dan abu
3.	Industri	Pabrik, pertambangan, kilang	Limbah industri, bahan berbahaya, dan beracun Tanah, semen, dan baja
4.	Konstruksi	minyak,dll.	

Sumber: Kesehatan Lingkungan, 2005

Adanya limbah padat yang terkontaminasi mikroorganismenya dapat berdampak pada timbulnya berbagai gangguan kesehatan. Gas-gas yang dikeluarkan dalam proses pembusukan, pembakaran, ataupun pembuangan limbah juga dapat mengganggu kesehatan.

Cairan yang dihasilkan dari penguraian limbah organik padat disebut *leachate* (lindi). Lindi dapat menyerap zat-zat pencemar di sekelilingnya sehingga di dalam lindi terdapat mikroba patogen, logam berat, atau zat berbahaya lain. Keadaan ini dapat mencemari air tanah dan jika terminum, dapat menimbulkan penyakit. Limbah padat yang tidak dikelola dengan baik akan menjadi vektor penyakit.

2) Daur Ulang Limbah Padat

Pengolahan limbah padat dapat dimulai dengan pemisahan limbah sesuai dengan karakteristiknya, yaitu limbah yang dapat terurai dan yang tidak dapat terurai. Salah satu contoh limbah padat adalah sampah rumah tangga.

Sampah yang dapat diuraikan oleh mikroorganismenya adalah sampah organik, sedangkan sampah yang tidak dapat diuraikan oleh makhluk hidup adalah limbah padat yang mengandung bahan anorganik. Jika ada yang dapat didaur ulang, sebaiknya dilakukan daur ulang atau dimanfaatkan kembali, tetapi jika tidak memungkinkan, bakarlah sampah anorganik tersebut untuk memperkecil volumenya.

Limbah padat anorganik yang beracun dan berbahaya harus dikelola secara khusus, misalnya, dengan menggunakan incinerator dengan beberapa komponen penyusunnya, seperti tungku pembakar, ruang purna bakar, unit pembersih gas buang, dan cerobong

asap. Limbah padat organik yang tidak mengandung bahan berbahaya dan beracun dapat diproses secara biologi agar dapat diubah menjadi produk yang berguna, contohnya, biogas atau kompos, seperti pada pengolahan air limbah. Limbah padat secara biologi dapat dilakukan dengan proses aerobik (pembuatan kompos) dan anaerobik (pembuatan biogas). Limbah padat organik yang berupa sisa makanan dapat diolah menjadi makanan ternak (*animal feeding*). Pengolahan limbah padat harus dilakukan secara bijak sehingga pengetahuan tentang karakteristik limbah padat harus dikuasai.

Semua cara untuk mengatasi pencemaran lingkungan tersebut tidak akan terwujud tanpa peran serta seluruh anggota masyarakat, baik itu di perkotaan maupun di perdesaan. Hendaknya kita semua melakukan dengan penuh kesadaran bahwa lingkungan yang bersih dan sehat dapat meningkatkan kualitas hidup kita. Kesadaran untuk mencintai lingkungan ini tidak datang begitu saja, tetapi harus ditanamkan sejak dini. Banyak cara untuk menanamkan cinta lingkungan kepada anak-anak. Salah satunya adalah dengan mengarahkannya untuk tidak membuang sampah sembarangan, mengadakan lomba kebersihan antarkelas, dan tidak membuang air kecil atau air besar di sembarang tempat.

9. Dampak Pencemaran Bagi Manusia Secara Global

Pembakaran bahan bakar minyak dan batubara pada kendaraan bermotor dan industri menyebabkan naiknya kadar CO₂ di udara. Gas ini juga dihasilkan dari kebakaran hutan. Gas CO₂ ini akan berkumpul di atmosfer Bumi. Jika jumlahnya sangat banyak, gas CO₂ ini akan menghalangi pantulan panas dari Bumi ke atmosfer, sehingga panas akan diserap dan dipantulkan kembali ke Bumi. Akibatnya, suhu di Bumi menjadi lebih panas. Keadaan ini disebut efek rumah kaca (*green house effect*). Selain gas CO₂, gas lain yang menimbulkan efek rumah kaca adalah CFC yang berasal dari aerosol, juga gas metan yang berasal dari pembusukan kotoran hewan.

Efek rumah kaca dapat menyebabkan suhu lingkungan menjadi naik secara global, atau lebih dikenal dengan pemanasan global. Akibat pemanasan global ini, pola iklim dunia menjadi berubah. Permukaan laut menjadi naik, sebagai akibat mencairnya es di kutub sehingga pulau-pulau kecil menjadi tenggelam. Keadaan tersebut akan berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem dan membahayakan makhluk hidup, termasuk manusia.

Akibat lain yang ditimbulkan pencemaran udara adalah terjadinya hujan asam. Jika hujan asam terjadi secara terus menerus akan menyebabkan tanah, danau, atau air sungai menjadi asam. Keadaan itu akan mengakibatkan tumbuhan dan mikroorganisme yang

hidup di dalamnya terganggu dan mati. Hal ini tentunya akan berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem dan kehidupan manusia.

E. Pelestarian Lingkungan

Berbagai upaya telah dilakukan, baik oleh pemerintah maupun masyarakat untuk menanggulangi pencemaran lingkungan, antara lain melalui penyuluhan dan penataan lingkungan. Namun, usaha tersebut tidak akan berhasil jika tidak ada dukungan dan kepedulian masyarakat terhadap lingkungan.

Untuk membuktikan kepedulian kita terhadap lingkungan, kita perlu bertindak. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menanggulangi pencemaran lingkungan, diantaranya sebagai berikut:

1. Membuang sampah pada tempatnya

Membuang sampah ke sungai atau selokan akan menyebabkan aliran airnya terhambat. Akibatnya sampah akan menumpuk dan membusuk. Sampah yang membusuk selain menimbulkan bau tidak sedap juga akan menjadi tempat berkembang biak berbagai jenis penyakit. Selain itu, bisa menyebabkan banjir pada musim hujan.

Salah satu cara untuk menanggulangi sampah terutama sampah rumah tangga adalah dengan memanfaatkannya menjadi pupuk kompos. Sampah-sampah tersebut dipisahkan antara sampah organik dan anorganik. Selanjutnya, sampah organik ditimbun di dalam tanah sehingga menjadi kompos. Adapun sampah anorganik seperti plastik dan kaleng bekas dapat di daur ulang menjadi alat rumah tangga dan barang-barang lainnya.

2. Penanggulangan limbah industri

Limbah dari industri terutama yang mengandung bahan-bahan kimia, sebelum dibuang harus diolah terlebih dahulu. Hal tersebut akan mengurangi bahan pencemar di perairan. Dengan demikian, bahan dari limbah yang mengandung bahan-bahan beracun dapat dihilangkan sehingga tidak mengganggu ekosistem.

Menempatkan pabrik atau kawasan industri di daerah yang jauh dari keramaian penduduk. Hal ini dilakukan untuk menghindari pengaruh buruk dari limbah pabrik dan asap pabrik terhadap kehidupan masyarakat.

3. Penanggulangan pencemaran udara

Pencemaran udara akibat sisa dari pembakaran kendaraan bermotor dan asap pabrik, dapat dicegah dan ditanggulangi dengan mengurangi pemakaian bahan bakar minyak. Perlu dipikirkan sumber pengganti alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan, seperti kendaraan berenergi listrik. Selain itu, dilakukan usaha untuk mendata dan membatasi

jumlah kendaraan bermotor yang layak beroperasi. Terutama pengontrolan dan pemeriksaan terhadap asap buangan dan knalpot kendaraan bermotor.

4. Diadakan penghijauan di kota-kota besar

Tumbuhan mampu menyerap CO_2 di udara untuk fotosintesis. Adanya jalur hijau akan mengurangi kadar CO_2 di udara yang berasal dari asap kendaraan bermotor atau asap pabrik. Dengan demikian, tumbuhan hijau bisa mengurangi pencemaran udara. Selain itu, tumbuhan hijau melepaskan O_2 ke atmosfer.

5. Penggunaan pupuk dan obat pembasmi hama tanaman yang sesuai

Pemberian pupuk pada tanaman dapat meningkatkan hasil pertanian. Namun, di sisi lain dapat menimbulkan pencemaran jika pupuk tersebut masuk ke perairan. Eutrofikasi salah satu dampak negatif yang ditimbulkan oleh pupuk buatan yang masuk ke perairan.

Begitu juga dengan penggunaan obat anti hama tanaman. Jika penggunaannya melebihi dosis yang ditetapkan akan menimbulkan pencemaran. Selain dapat mencemari lingkungan juga dapat menyebabkan musnahnya organisme tertentu yang dibutuhkan, seperti bakteri pengurai atau serangga yang membantu penyerbukan tanaman. Pemberantasan hama secara biologis merupakan salah satu alternatif yang dapat mengurangi pencemaran dan kerusakan ekosistem pertanian.

6. Pengurangan pemakaian CFC

Untuk menghilangkan kadar CFC di atmosfer diperlukan waktu sekitar seratus tahun, salah satu cara penanggulangannya yaitu dengan mengurangi penggunaan CFC yang tidak perlu oleh manusia. Mengurangi penggunaan CFC dapat mencegah rusaknya lapisan ozon di atmosfer sehingga dapat mengurangi pemanasan global.

Dewasa ini, tingkah laku manusia dengan sikap semena-mena terhadap lingkungan sudah sampai pada tingkat yang mengkhawatirkan. Selain mengeksploitasi alam secara serakah, manusia juga telah meracuni alam ini dengan berbagai jenis sampahnya.

F. Rangkuman

1. a. Keseimbangan lingkungan merupakan keadaan ketika terjadi keseimbangan antara jumlah energi yang masuk dan keluar, bahan makanan yang terbentuk dan yang digunakan, serta terjadi keseimbangan antara komponen abiotik dan komponen biotiknya. Keseimbangan lingkungan akan terganggu jika terjadi gangguan pada salah satu komponen tersebut.
- b. Dalam suatu sistem lingkungan terdapat dua daya, yaitu daya lenting dan daya dukung.

- c. Daya lenting adalah kemampuan lingkungan untuk kembali kepada keseimbangan lingkungan.
- d. Daya dukung lingkungan adalah kemampuan lingkungan dalam memberikan sumber daya alam kepada makhluk hidup yang hidup di dalamnya secara normal.
- 2. a. Perubahan lingkungan dapat mengarah pada keseimbangan lingkungan atau mengarah pada kerusakan lingkungan.
- b. Faktor yang menyebabkan kerusakan lingkungan dapat berasal dari alam dan manusia.
- 3. a. Pencemaran lingkungan (polusi) adalah masuknya bahan-bahan ke dalam lingkungan yang dapat mengganggu kehidupan makhluk hidup di dalamnya.
- b. Polutan adalah zat yang dapat mencemari lingkungan dan dapat mengganggu kelangsungan hidup makhluk hidup.
- c. Polutan dapat berupa zat kimia, debu, suara, radiasi, atau panas yang masuk ke dalam lingkungan. Polutan dapat bersifat sebagai racun, kuman penyakit, mudah larut, dan sebagai radioaktif.
- d. Berdasarkan lingkungan yang tercemar, pencemaran lingkungan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu pencemaran air, tanah, udara, dan suara.
- e. Pencemaran air adalah masuknya polutan ke dalam air atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya (PP RI No. 82 tahun 2001).
- f. Sumber utama pencemaran air adalah infection agent, zat-zat pengikat oksigen, sedimen, nutrisi atau unsur hara, pencemar anorganik, zat kimia organik, energi panas, dan zat radio aktif.
- g. Dampak pencemaran air adalah adanya penurunan kualitas air, gangguan kesehatan, mengganggu pemandangan, dan mempercepat kerusakan benda.
- h. Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara alami dan bantuan alat.
- i. Pencemaran udara adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga terjadi penurunan kualitas udara sampai tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak berfungsi sesuai dengan peruntukannya.
- j. Pencemaran udara ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan, harta benda, ekosistem, dan iklim.
- k. Polutan udara adalah CO, CO₂, NO, SO, CFC, dan HO.

- l. Dampak pencemaran udara dapat dikendalikan dengan alat filter udara, pengendap siklon, pengendap sistem gravitasi, pengendap elektrostatik, dan filter basah.
- m. Pencemaran tanah merupakan pencemaran yang disebabkan oleh masuknya polutan yang berupa zat cair atau zat padat ke dalam tanah.
- n. Pencemaran suara (kebisingan) adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.
- o. Sumber pencemaran adalah suara kendaraan bermotor, suara pesawat, mesin pabrik, suara arus lalu lintas, dan lain-lain.
- p. Limbah padat adalah segala sesuatu yang tidak terpakai dan berbentuk padat atau setengah padat.
- q. Limbah padat dapat berupa campuran berbagai bahan, baik yang tidak berbahaya (sisa makanan) maupun yang berbahaya (limbah bahan berbahaya dan beracun dari industri).

Refleksi Diri

1. Setelah mempelajari materi tentang pengaruh aktivitas manusia terhadap ekosistem, apakah kalian tidak menguasai, sedikit menguasai, menguasai, atau sangat menguasai untuk:
 - a. mengetahui pengaruh aktivitas manusia terhadap ekosistem;
 - b. mendeskripsikan arti pencemaran dan penyebab terjadinya pencemaran;
 - c. mengetahui macam-macam pencemaran;
 - d. mengetahui upaya-upaya pelestarian lingkungan?
2. Dari materi dan beberapa kegiatan tentang pengaruh aktivitas manusia terhadap ekosistem, bagian mana yang paling kalian sukai? Mengapa?

Kata Kunci

efek rumah kaca

limbah ultraviolet

emisi

pencemaran lingkungan

karbon dioksida

Uji Kompetensi

I. Pilih salah satu jawaban yang kamu anggap benar!

- Dibawah ini yang bukan merupakan sumber pencemaran air adalah
 - Zooplanton
 - Infectiagent
 - Zakanorganik
 - zatradioaktif
 - pestisida
- Berikut ini yang bukan merupakan bentuk-bentuk partikel adalah
 - Aerosol
 - Pasir
 - Debu
 - Asap rokok
 - Kabut
- Masuknya bahan-bahan ke dalam lingkungan yang dapat mengganggu makhluk hidup didalamnya disebut....
 - Polutan
 - Polusi
 - Efek rumah kaca
 - Ozon
 - Asap
- Dibawah ini yang bukan merupakan gas-gas yang mencemari udara adalah....
 - CO
 - O₂
 - NO
 - CFC
 - NO₂
- Bau tidak sedap yang dikeluarkan oleh sampah yang membusuk merupakan salah satu contoh polusi....
 - Air
 - Tanah
 - Udara
 - Suara
 - Sungai
- Emisi tidak dapat dikendalikan dengan cara....
 - Filter udara
 - Pengendap elektrostatika
 - pengendap siklon
 - Filter basah
 - Filter asam
- Gas hasil pembakaran fosil yang harus dikurang iadalah....
 - Karbondioksida
 - Karbonmonoksida
 - oksida nitrogen
 - Sulfur dioksida
 - Sulfat

8. Berbagai penyakit yang disebabkan oleh pencemaran air bawaan adalah...
 - a. demam berdarah
 - b. Pilek
 - c. Batuk
 - d. Diabetes
 - e. Hepatitis
9. Dibawah ini yang bukan merupakan sumber pencemar air yang berupa zat-zat pengikat oksigen adalah...
 - a. Pembangkit listrik
 - b. Pembuangan kotoran
 - c. Lipasan pertanian
 - d. Pabrik kertas
 - e. Pabrik gula
10. Berikut ini yang bukan merupakan bentuk limbah rumah tangga adalah...
 - a. Tinja
 - b. Sampah organik
 - c. Airseni
 - d. Greywater
 - e. Limbah pabrik
11. Angka kelahiran dikatakan tinggi jika angka kelahiran bernilai...
 - a. $N < 30$
 - b. $N > 30$
 - c. $20 < N < 30$
 - d. $N < 20$
 - e. $N < 10$
12. Angka kematian dikatakan sedang jika...
 - a. $M > 18$
 - b. $20 < M < 30$
 - c. $14 < M < 18$
 - d. $M < 14$
 - e. $M < 10$
13. Dibawah ini yang tidak termasuk dalam masalah yang ditimbulkan karena kepadatan penduduk yang terus meningkat adalah...
 - a. ketersediaan pangan
 - b. kemajuan teknologi
 - c. kurangnya air bersih
 - d. ketersediaan air bersih
 - e. timbulnya bermacam-macam penyakit menular
14. Efek rumah kaca terjadi karena peningkatan gas...diudara.
 - a. HC
 - b. SO_2
 - c. CO_2
 - d. NO_2
 - e. O_2

15. Lapisan yang berguna untuk melindungi ibumidarisinarultraviolet adalah....
- atmosfer
 - litosfer
 - stratosfer
 - Ozon
 - Hidrosfer
16. Hujan asam tidak terjadi dari persenyawaan unsur dibawah ini, yaitu....
- SO₂
 - NO₂
 - H₂O
 - O₂
 - CO₂
17. Gas apakah yang dapat merusak lapisan ozon...
- CFC
 - O₂
 - NO
 - CO
 - Cl
18. Gas yang paling mudah membuat ikatan dengan haemoglobin darah adalah...
- CO
 - O₂
 - NO
 - CFC
 - NO₂
19. Karnivora tiba-tiba mati setelah memakan ular, ular telah memakan ikan, ikan telah memakan tumbuhan air, dan karnivora mati karena tumbuhan tersebut telah tercemari DDT. Peristiwa ini disebut...
- Polusi
 - Pemekatan hayati
 - Pencemaran lingkungan
 - Pencemaran air
 - Pencemaranudara
20. Dalam teori Robert Malthus, kenaikan kebutuhan bahan pangan sesuai dengan...
- Kenaikan jumlah penduduk
 - Deret hitung
 - Deret ukur
 - Ledakan penduduk
 - Populasi penduduk

II. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat danjelas!

- Sebutkan macam-macam sumber pencemaran berdasarkan sifat zatnya!
- Sebutkan cara yang dilakukan untuk mengurangi terjadinya pencemaran suara!
- Apakah yang dimaksud dengan limbah padat?
- Mengapa kepadatan penduduk berpengaruh terhadap kesehatan dan keamanan manusia?
- Sebutkan dampak yang ditimbulkan karena tercemarnya air oleh air limbah!

6. Sebutkan tiga macam pencemaran lingkungan berdasarkan lingkungan yang mengalami pencemaran!
7. Apa yang dimaksud dengan eutrofikasi?
8. Sebutkan pencemar udara yang berbentuk gas dan pencemar udara yang berbentuk partikel cair atau padat!
9. Apa dampak yang ditimbulkan dari efek rumah kaca dan hujan asam?
10. Sebutkan upaya-upaya penanggulangan pencemaran lingkungan!

DAFTAR PUSTAKA

- Audesirk, Gerald dan T. Audersirk. 1989. *Biology, Life and Eart*. New York Macmillan.
- Campbell. 1994. *Biology*. New York: The Benjamin Cummings. Publishing Co. Inc.Educational Press Ltd.
- Garnida, Dadang. 2000. *Konsep Dasar IPA II*. Departemen Agama RI.
- Gembong, T. 2005. *Taksonomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hartanto, L.N. 2004. *Biologi Dasar*. Yogyakarta: Penebar Swadaya.
- Keeton, W.Tet al. 1993. *Biologycal Science* 5th ed. USA: W.W. Norton & Company, inc.
- Kimballl, J.W., Siti Soetarmi Tjitro dan Nawangsari Sugiri. 1983. *Biologi*, Jilid 1, edisi kelima. Jakarta: Erlangga.
- Kimballl, J.W., Siti Soetarmi Tjitro dan Nawangsari Sugiri. 1983. *Biologi*, Jilid 2, edisi kelima. Jakarta: Erlangga.
- Mackean, D.G. 1991. *GCSE Biology*. London: John Murray.
- Mukayat, D.B. 1989. *Zoologi Dasar*. Erlangga: Jakarta
- Mulia, Ricki M. 2005. *Kesehatan Lingkungan*.
- Pelczar, M.J., and Chan. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press.
- Resosoedarmo, R.S., 1990. *Pengantar Ekologi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Robert, M.B.V. 1987. *Biology for Life*. London: Thomas Nelson and Sons.
- Sambas, W. 2003. *Dasar-Dasar Ekologi*. Jakarta: UI Press.
- Schlegel, H.G. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Campbell., Reece dan Mitcheel. 2003. *Biologi*. Erlangga, Jakarta.
- Entjeng, I. 2003. *Mikrobiologi dan Parastologi*. PT Citra Aditya Bakti, Jakarta.
- Fardiaz, Srikandi. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. IPB, Bogor.
- Pelczar, Jr. 1989. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI Press, Jakarta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. nomor 5 tahun 2014 tentang Baku mutu air limbah
- Peraturan Pemerintah No 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3
- Undang-undang Republik Indonesia No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Undang-undang RI no 23 tahun 1993 tentang Pencemaran Lingkungan
- Undang Undang No. 23 Tahun 1992 Tentang Kesehatan
- <http://www.biologisma.com/2016/11/keamanan-dan-keselamatan-kerja-di.html>, diunduh pada tanggal 26 Agustus 2016

GLOSARIUM

absorpsi	Penyerapan
aerob	proses pernapasan bakteri yang menggunakan oksigen bebas/udara untuk pernapasannya
anaerob	proses pernapasan bakteri yang tidak memerlukan oksigen bebas/udara untuk pernapasannya
antheridium	badan penghasil spermatozoid; sel kelamin jantan pada tumbuhan lumut dan paku.
antitoksin	Zat pelawan antigen
archaeobacteria	prokariot yang uniseluler, mikroskopik, dinding selnya bukan peptidoglikon dan secara biokimia berbeda dengan eubacteria.
archegonium	badan penghasil ovum; sel kelamin betina pada tumbuhan lumut dan paku.
autotrof	mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik yang diperlukan oleh tubuh.
askospora	spora yang dihasilkan melalui perkawinan jamur ascomycota
askus	kotak berisi spora yang merupakan hasil dari perkawinan, berada di dalam sel dan berjumlah 8
bakteriofag	virus yang menyerang bakteri
binomial	nomenklatur sistem pemberian nama ilmiah yang menggunakan dua kata
basidium	sel penghasil spora merupakan hasil dari hasil perkawinan, berada di luar sel dan berjumlah 4
Cagaralam	suatu daerah yang dibiarkan apa adanya sebagai suatu ekosistem yang bebas dari segala macam eksploitasi
CFC	chloroflourocarbon, zat yang digunakan sebagai bahan pengembang busa, pendingin dan penyemprot yang dapat merusak lapisan ozon.
Class	Kelas
DDT	Diklorodifeniltrikloroetana, insektisida
Diatom	ganggang kersik
haploid	sel yang mempunyai n kromosom

heterotrof	organisme yang tidak dapat membuat makanan sendiri sehingga bahan makan diperoleh dari organisme lain atau lingkungannya
hipotesis hifa	dugaan sementara yang harus dicari kebenarannya benang-benang halus berwarna putih penyusun jamur
jamur hifa	sel jamur yang berbentuk seperti benang, ada yang bersekat dan ada yang tidak
injeksi	masuknya virus ke dalam sel inang selubung protein virus
kapsid kapsomer	satu unit protein penyusun kapsid
keanekaragaman hayati	keanekaragaman makhluk hidup
kemoautotrof	organisme yang dapat menyusun bahan makanannya dengan bantuan energi dari reaksi kimia
kemoorganotrof	yaitu menggunakan senyawa organik sebagai sumber energi dan tidak membutuhkan cahaya matahari untuk pertumbuhannya
kingdom	dunia atau kerajaan
klasifikasi	pengelompokan makhluk hidup berdasarkan persamaan dan perbedaan ciri yang dimiliki
konidia	alat reproduksi aseksual yang terbentuk pada ujung hifa
konidiospora	spora yang dihasilkan dengan jalan membentuk sekat melintang pada ujung hifa atau dengan diferensiasi hingga terbentuk banyak konidia
konjugasi	proses menempelnya dua sel untuk memindahkan materi genetik antara kedua sel tersebut
konservasi	pemeliharaan, perlindungan dan pelestarian yang bertujuan untuk mencegah kerusakan dan kepunahan
kunci dikotomis	kunci determinasi sederhana yang sering digunakan dalam klasifikasi makhluk hidup
kunci determinasi	daftar yang memuat sejumlah keterangan dari suatu organisme yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan kelompok organisme berdasarkan ciri-ciri yang dimilikinya
lapisan ozon	lapisan yang melindungi bumi dari sinar ultraviolet
lisogenik	bakteri yang mengandung DNA virus dan dalam keadaan

	stabil
litik	sel pecah
miselium	sekumpulan benang-benang hifa
Monera	kelompok makhluk hidup bersel satu
Multinukleat	Berinti banyak
MRI	(Magnetic Resonance Imaging) merupakan suatu alat diagnostik mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh anda dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa operasi, penggunaan sinar X, ataupun bahan radioaktif
Multiseluler	bersel banyak
Nukula	tempat arkegonium pada Chara
Objektif	sesuai kenyataan, apa adanya dan tidak memihak
ordo	bangsa
Parasit	cara hidup dengan menumpang pada makhluk hidup lain dan merugikan inangnya karena mengambil makanan dari inangnya.
Patogen	penyebab penyakit
peptidoglikan	persenyawaan antara polisakarida dan protein, merupakan penyusun dinding sel bakteri
plasmodium	tahap vegetatif pada jamur lendir, parasit penyebab malaria
Polusi	masuknya bahan-bahan ke dalam lingkungan yang dapat mengganggu kehidupan organisme di dalamnya
Polutan	zat yang dapat mencemari lingkungan dan dapat mengganggu kelangsungan hidup makhluk hidup
Plantae	kelompok tumbuhan
prokariot	organisma dengan sel yang tidak bermembran inti tetapi memiliki DNA, inti sel yang tidak memiliki membran sel
Protiste	kelompok makhluk hidup yang menyerupai tumbuhan dan hewan tetapi bukan tumbuhan dan bukan hewan
Replikasi	penggandaan atau pengkopian DNA

Sampel	sejumlah individu yang dianggap mewakili suatu populasi
Sampel	cara hidup dengan menguraikan sisa-sisa zat organik (sampah) cara hidup dari sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati
Saprofit	cara hidup dengan menguraikan sisa-sisa zat organik (sampah) cara hidup dari sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati
Senosit	pembelahan inti yang membentuk massa berinti banyak
Singami	peleburan dua gamet
Sintesis	pembentukan
Sorus	Sekumpulan kotak spora
Spesies	kelompok terkecil dari klasifikasi makhluk hidup dan hewan atau tumbuhan dalam satu spesies dapat melakukan perkawinan yang menghasilkan keturunan baru
Sporangium	Kotak spora; kumpulan kotak spora
Suaka margasatwa	daerah tertentu yang berfungsi untuk melindungi satwa langka dan pelestariannya
Talus	tubuh yang tidak memiliki akar, batang, dan daun sejati
Ulangan	perlakuan yang sama terhadap banyak individu
Uniseluler	Bersel satu
Variabel	faktor yang berpengaruh terhadap suatu benda atau makhluk
Vaksin	patogen yang telah dilemahkan
Vakuola	rongga untuk mencerna dan mengedarkan makanan keseluruh tubuh pada Paramecium

INDEKS

A

abiotik 59, 64
adsorpsi 54, 212
adrenal 89
aerob 77, 85
amandel 89
air 31
air raksa 35
anaerob 77, 85, 246
anatomi 80
antropotomi 80
animalia 29, 36, 37, 38
antibiotik 76, 77
antibiosis 73
antitoksin 58
archaeobacteria 133
autotrof 61, 136
Aspergillus 37
Azolla 57
Avian influenza 22

B

Bacillus 22, 23
Bacillus cereus 36
B. subtilis 36
B. licheniformis 36
bakteri 50, 51, 53, 58, 71, 73, 81, 223
bakteriofag 52, 53, 55
besi 35
biosfer 58
biotik 59, 64
B3 189

C

Calcium 35
Cacar 22
Campak 114
Clostridium perfringens 36
cyanobacteri 37
cacar air 114
chikungunya 122
CFC 206

D

Daur biogeokimia 67
Daur karbon 67
Daur nitrogen 67
Daur belerang 67
Daur fosfor 67
Daur hidrologik 67
Dermis 87
dekomposer 60, 65
demam berdarah 122
desinfektan 74
diabetes 90
dikotil
diploid 107
divisio 31, 32, 37

E

ebola 59, 115
ekosistem 55, 58, 63
ekskresi 184, 190
enzim 55, 56
Edwarsiella tada 22
Enterobacter aerogenes 22

Escherichia coli 22, 37

efek rumah kaca 203

F

fertilisasi 190

filum 31, 32, 37, 87, 178, 195

flagellata 38, 87, 89, 97, 98, 98, 101

Flourida 35

Flu burung 116

fotosintesis 88, 89, 90, 158, 165, 214,216, 229

fragmentasi 79, 92, 105, 183

fungi 29, 37, 38, 99, 100, 105

Fusarium 37

G

Gastrointestinal 83

gastrovascular 184

getah bening 89

gigi 85

glikogen 74

gonad 90

gondong 118

Gram 22

H

habitat 140, 151, 157

haploid 100, 107, 108, 116

Haemophilus influenza 23

heksagonal 52

hepatitis 119

heterotrof 61

hermafrodit

herpes 50, 59, 61, 120

hifa 99, 106, 108, 109

hipotesis 7, 8, 10, 13, 19

I

identifikasi 38, 39

imun 87

incisivus 84

individu 56

infeksi 59, 60, 61, 111

influenza 50, 54

inhalasi 21

inkubasi 59, 60

inspirasi 21

integumen 87

interpendensi 63

J

jamur 37, 87, 160

janin 61

jaring-jaring makanan 65

jasad renik 17

K

Kapsul 136

Kardiovaskular 90

Keratin 87

Kesehatan 10

Kesehatan lingkungan 31

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K 3) 13, 16

kapsid 55

kapsomer 52

khamir 175

kingdom 33, 34, 36, 38, 99, 156

klasifikasi 28, 31, 32, 36, 42, 108, 156, 172, 183

Klebsiella 22

klorofil 79, 93, 99, 106, 156,
kloroplas 91, 158
komensalisme 73
kompetisi 73
komunitas 58
konjugasi 76, 85, 91, 92
konsumen 60, 65
kosmopolit 71
kuku 87
kunci determinasi 39, 41, 43

L

Lambung 86
Limbah 187
Limfa 92
Limfosit 88
Limfoid 89
lipida 69
lisogenik 55, 56, 111
lisozim 55, 56
litik 54, 55, 110
lutut 94

M

Magnetic resonance imaging (MRI) 22
Makanan 35
Makrofag 88
meiosis 84, 107
MERS 22
metanogen 84
mikroskop 25
mikroorganisme 16, 17, 18, 70, 227, 242, 245, 253, 256
miselium 99, 106, 108, 109, 116
mitosis 84

monokotil 154, 164, 167, 169, 170, 172
morfologi 8, 9, 11, 16, 30, 156
mosaik tembakau 50, 51
mutualisme 71

O

ordo 31, 32
organisme 30, 38, 39,
otak 98
ovipar 4

P

Pangan 35
parasit 52, 76, 99, 183, 184, 195
parasitisme 72
paratiroid 89
paru-paru 96
patogen 54, 256
pencemaran 185, 194
perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) 31, 42
Penicillium 37
Piramida makanan 67
plasenta 54
plumbum 19
polio 121
polonium 19
populasi 57
predatorisme 73
profag 55, 56, 65
produsen 60, 65
Protista 39, 87, 88, 101, 107
protozoa 36, 95, 96, 101

R

Rabies 125
Radium 19
Rangka 92
Rambut 87
Rantai makanan 65
rekayasa genetik 57
reproduksi 91, 93, 96
rongga mulut 84
rugae 86
rumah 40

S

Sanitasi 31
Sanitasi lingkungan 31
SARS 22, 123
Sehat 10
sekresi 58
simbiosisi 71
sintesis 49, 58
spesies 31, 32, 131, 132, 138, 139, 143
sporozoa 39, 87, 89, 98, 101
Shigella 37
Staphylococcus 22, 23
Salmolnella thypi 22
S. paratiphy 22
S. aureus 22, 38
S. epidermidis 22
S. saprophyticus 22
Streptococcus alfa 22
S. beta 22
S. gama 22
Stem cell 98
sterilisasi 78
sumsum tulang 88

T

taksonomi 29,

timus 88

tiroid 89

thorium 19

U

Udara 39

Usaha kesehatan sekolah (UKS) 44

Uranium 19

Urin 96

ultraviolet 22

V

vaksinasi 62

vakuola 96, 102

varietas 31, 131, 132

vektor 53, 54

ventilasi 41

virion 53, 54

Vibrio cholerae 38

virus 49, 50, 51, 52, 53, 104

Z

Zymogenic 85

zigot 107, 166,

BIODATA PENULIS



Hermin Pancasakti Kusumaningrum, SSi., MSi lahir di Semarang, merupakan staf pengajar di Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika di Universitas Diponegoro Semarang. Penulis mendapat gelar Sarjana Sains dari Jurusan Biologi Universitas Diponegoro Semarang. Gelar Magister Sains diperoleh dari Jurusan Biologi FMIPA Institut Teknologi Bandung sedangkan gelar Doktor diperoleh dari Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta bidang Bioteknologi. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Laboratorium Genetika tahun 2007-2016. Selain mengajar, penulis juga aktif melakukan berbagai penelitian terkait dengan genetika, bioteknologi dan biologi molekuler. Penulis juga aktif di dalam penulisan berbagai karya ilmiah.



Muhammad Zainuri, DEA lahir di Semarang, merupakan staf pengajar di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang. Penulis mendapat gelar Sarjana Sains dari Jurusan Perikanan Universitas Diponegoro Semarang. Pendidikan S2 dan S3 penulis dilakukan di Montpellier Perancis tahun 1988-1993 di bidang ekologi dan biologi populasi. Penulis aktif melakukan berbagai penelitian terkait dengan planktonologi, oseanografi biologi, zoologi laut, ekologi dan biologi populasi . Penulis juga aktif di dalam penulisan berbagai karya ilmiah.



ENDANG DWI PURBAJANTI. Penulis dilahirkan di Madiun pada tahun 1955. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) Mojorejo 1, SMP Negeri 2 dan SMA Negeri 1 Madiun telah ditempuh penulis di kota kelahiran. Jenjang pendidikan sarjana (S1) penulis tempuh di Institut Pertanian Bogor, Bogor dengan mengambil jurusan Agronomi. Pendidikan S2 ditempuh penulis di Universitas Padjadjaran Bandung dan pendidikan S3 diselesaikan penulis di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sejak tahun 1981 penulis menjadi staf pengajar Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro. Beberapa kali mendapatkan Hibah dari Ditjen DP3M Dikti Kemendikbud, yaitu Penelitian (Dosen Muda, Hibah Bersaing, Fundamental Research), Hibah Pengabdian kepada Masyarakat (Ipteks, Vucer, KCU) dan Hibah Penulisan Buku. Penulis pernah tergabung dalam Tim Penerjemahan Buku yang diterbitkan oleh Gadjah Mada University Press dengan dana Bank Dunia (Dasar-dasar Ilmu Tanah, 1988) dan penerjemahan buku Fisiologi Lingkungan Tanaman (1991, Gadjah Mada University Press). Buku hasil karya penulis yang telah diterbitkan adalah Usahatani Konservasi dalam Sistem Produksi Tanaman Pakan (2007, Penerbit UNDIP) dan Buku Ajar Ilmu Tanah dan Kesuburan , Buku Rumput dan Legum, sebagai hijauan pakan ternak (2013), Budidaya Tanaman Hias (2016), Teknik Budidaya Hidroponik (2017)

