

Ns. Tri Diani Agustuti, S.Kep., M.Kep

MODUL

MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI



Jl. Letjend Ibrahim Adjie No 180 SindangBarang
Bogor Barat

Phone : 0251-8327396 / 0251-8327399

Mobile: 0852-1670-1658 / 0812-9581-9088

Email: wijayahusada@gmail.com

Website: www.wijayahusada.com



MODUL

MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI

DISUSUN OLEH :

Ns. Tri Diani Agustuti, S.Kep, M.Kep



PROGRAM STUDI S1 KEPERAWATAN
STIKES WIJAYA HUSADA BOGOR

Jl. Letjend Ibrahim Adjie No 180 Sindang Barang
Bogor Barat

Phone : 0251-8327396 / 0251-8327399

Mobile: 0852-1670-1658 / 0812-9581-9088

Email: wijayahusada@gmail.com

Website: www.wijayahusada.com

KATA PENGANTAR

Rasa syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih dan berkat karunia-Nya sehingga buku modul praktek ini dapat diselesaikan. Penyusunan buku modul praktek ini merupakan salah satu upaya STIKes Wijaya Husada dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran sehingga lebih baik, sehingga mudah dipahami untuk melengkapi materi yang berkaitan dengan Mikrobiologi dan Parasitologi.

Dalam penyusunan buku modul praktek ini, kami banyak dibantu oleh teman seprofesi baik dalam lingkungan kampus STIKes Wijaya Husada Bogor maupun dari pihak luar. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua STIKes Wijaya Husada Bogor beserta seluruh karyawan dan staf dosen STIKes Wijaya Husada Bogor, yang telah memberikan dukungan sehingga buku modul praktek ini dapat tersusun.

Penyusun menyadari bahwa buku praktek modul ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran yang membangun sangat kami harapkan guna perbaikan buku modul praktek ini. Akhir kata, berbagai saran dan kritik yang membangun akan selalu diharapkan.

Ketua STIKes Wijaya Husada Bogor

dr. Pridady, Sp.PD KGEH

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PRAKTIKUM MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI	iv
TATA TERTIB PRAKTIKUM.....	vii
AKTIVITAS PRAKTIKUM.....	viii
SEL DAN STRUKTURNYA	1
BAKTERI DAN VIRUS.....	10
FUNGI (JAMUR)	18
ALGAE DAN PROTOZOA	24
ENZIM MIKROBA.....	37
BIOENERGETIK MIKROBA	45
PERTUMBUHAN MIKROBA	55
FAKTOR LINGKUNGAN UNTUK PERTUMBUHAN MIKROBA	61
VIROLOGI	70
PENGANTAR PARASITOLOGI	77
JENIS PARASITOLOGI {MIKOLA, PROTOZOA, CESTODA, NEMATODATREMATODA, ANTROPODA)	80
PERSIAPAN PASIEN UNTUK PEMERISAAN PARASIT DAN LINGKUNGAN DENGAN PARASIT	92
ANALISA HASIL PEMERIKSAAN PARASIT	97
PRINSIP PENCEGAHAN PENULARAN PEYAKIT PARASIT	99

PRAKTIKUM

MIKROBIOLOGI DAN PARASITOLOGI

A. DESKRIPSI MATA KULIAH

Mikrobiologi:

Focus mata ajaran ini membahas tentang siklus pertumbuhan dan ekosistem mikroorganisme serta reaksi tubuh manusia terhadap mikro organism, prinsip – prinsip sterilisasi, desinfektan dan upaya mencegah mikroorganisme terhadap tubuh manusia.

Parasitologi:

Focus mata ajaran ini membahas siklus pertumbuhan dan ekosistem parasit serta reaksi tubuh manusia terhadap parasit, prinsip – prinsip upaya mencegah penularan terhadap tubuh manusia.

B. STANDAR KOMPETENSI

Mahasiswa mampu memahami struktur makro dan mikro, mekanisme kerja dan proses metabolisme tubuh secara komprehensif sebagai landasan dilaksanakannya praktek keperawatan. Setelah mengikuti mata ajaran ini mahasiswa mampu:

Mikrobiologi:

1. Mengenal berbagai organisme dan mikroba yang dapat mengganggu kesehatan manusia.
2. Memahami siklus pertumbuhan dan ekosistem mikroorganisme.
3. Memahami efek mikroorganisme terhadap tubuh manusia.
4. Mengenal adanya penyimpanan – penyimpanan hasil pemeriksaan mikroba.
5. Melaksanakan prinsip – prinsip desinfektan dan sterilisasi sebagai dasar dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

Parasitologi:

1. Mengenal berbagai parasit yang dapat mengganggu kesehatan manusia.
2. Memahami siklus pertumbuhan dan ekosistem parasit.
3. Memahami efek parasit terhadap tubuh manusia.
4. Mengenal adanya penyimpangan – penyimpangan hasil pemeriksaan parasit.
5. Melaksanakan prinsip – prinsip upaya pencegahan penularan penyakit parasit sebagai dasar dalam melaksanakan asuhan keperawatan.

C. KOMPETENSI DASAR

Mahasiswa dapat mengetahui, memahami, menguasai dan mampu mengaplikasikan prinsip penanganan kegawatdaruratan pada semua kasus & tingkat usia, sigap, tangkas dan sistematis dalam bertindak pada keadaan gawat-darurat dan menerapkan kerja tim dalam penanganan kasus gawat-darurat serta melakukan upaya mencegah kematian dan kecacatan yang berlanjut.

D. INDIKATOR

Mahasiswa mampu melakukan praktek keperawatan gawat darurat sesuai prosedur:

1. Mikroba
2. Bakteriologi
3. Immunologi
4. Virologi
5. Spesimen
6. Parasitologi
7. Prinsip pencegahan penyakit

E. FORMAT PENILAIAN

Nama Kelompok :

Hari. Tanggal Pelaksanaan :

Materi :

No	Aspek yang dinilai	Nilai Maksimal	Nilai Didapat
1	Persiapan tempat	5	
2	Persiapan media & audio visual	5	
3	Menyampaikan tujuan	5	
4	Kejelasan dalam menyampaikan materi	20	
5	Ketepatan waktu	5	
6	Kemampuan menyampaikan argumentasi	10	
7	Kemampuan memahami pertanyaan	10	
8	Ketepatan menjawab pertanyaan	20	
9	Kemampuan mendorong diskusi secara aktif	10	
10	Kemampuan menyimpulkan hasil	10	
	J u m l a h	100	

F. BUKU SUMBER

- Dealatol, A. M. Mikrobiology in Health and Diseases, Philadelphia: Lea and Febiger.
- Jawetz, Melnick&Adelberg, MikrobiologiKedokteran, alihbahasa Edi N. & R. F. Maulany, penerbit EGC, Jakarta, 2001
- J. M. Gibson, Mikrobiologi&Patologi Modern UntukPerawat, alih bahasa K. K. G. Soma P., Penerbit EGC, Jakarta, 2001.
- Syamsunir Adam, Dasar – DasarMikrobiologi – Parasitologi untuk Perawat, Penerbit EGC, Jakarta, 2000
- Mukayat D. B., Parasit&Parasitisme, Media Sarana Press, Jakarta, 1987.
- Soedarto, Helmintologi Kedokteran, Penerbit EGC, Jakarta, 2000.

TATA TERTIB PRAKTIKUM

1. Mahasiswa wajib belajar sebelum mengikuti kegiatan praktikum
2. Praktikan wajib mengajukan permohonan peminjaman alat & fasilitas lab minimal 1 hari sebelum praktikum.
3. Praktikan harus hadir 10 menit sebelum praktikum dimulai. Bagi mahasiswa yang terlambat lebih dari 10 menit tidak diijinkan mengikuti praktikum.
4. Dilarang makan dan minum serta MEMOTRET saat praktikum berlangsung
5. Praktikan wajib menjaga kebersihan ruangan.
6. Dilarang bermain dengan bahan dan alat praktikum yang tidak sesuai dengan tujuan praktikum
7. Setelah selesai praktikum, praktikan wajib membersihkan, merapikan, dan menyerahkan peralatan laboratorium kepada laboran.
8. Praktikan yang merusakkan, memecahkan, dan menghilangkan alat harus mengganti dengan alat dan merek yang sama.
9. Praktikan wajib mematuhi tata tertib lainnya yang diberlakukan pada setiap praktikum.
10. Bagi yang melanggar tata tertib yang telah ditentukan dikenakan sanksi tidak diijinkan megikuti acara praktikum tersebut dan selanjutnya.
11. Mencuci tangan sebelum dan setelah meninggalkan laboratorium
12. Tata tertib praktikum ini dibuat sebagaimana mestinya dan wajib untuk dilaksanakan oleh peserta praktikum.

TTD

Koordinator Lab STIKES

AKTIFITAS PRAKTIKUM

No	Kegiatan	Kegiatan	Yang dilakukan		Waktu
			Mahasiswa	Instruktur	
1	Pembukaan	Perkenalan	memperkenalkan diri	memperkenalkan diri	20"
		Absen mahasiswa	Aktif	meng-absensi mahasiswa	
		Penyampaian topik & tujuan praktikum	Mendengarkan	menjelaskan topik & tujuan praktikum	
		Penjelasan alat yang digunakan	menyimak & mendengarkan	menjelaskan alat yang digunakan	
2	Kegiatan utama	Trial Error	mencoba ketrampilan	memperhatikan mahasiswa	60"
		Feedback mahasiswa latihan	aktif memberikan umpan balik	memperhatikan mahasiswa	
		Feedback Mahasiswa pasien simulasi	aktif memberikan umpan balik	memperhatikan mahasiswa	
		Feedback mahasiswa anggota	aktif memberikan umpan balik	memperhatikan mahasiswa	
		Feedback dosen instruktur	menyimak & mendengarkan	aktif memberikan umpan balik	
		Diskusi critical point	menyimak & mendengarkan	memberikan critical point	
		demonstrasi oleh instruktur (tanpa di sela)	Menyimak & memperhatikan	melakukan demonstrasi	
		Latihan mahasiswa	aktif latihan	memperhatikan mahasiswa latihan	
3	Penutup	Feedback instruktur	Menyimak & mendengarkan	memberikan umpan balik	20"

MATERI

SEL DAN STRUKTURNYA

PENDAHULUAN

Unit fisik terkecil dari organisme hidup adalah sel. Komposisi material sel pada semua organisme adalah sama yaitu: DNA, RNA, protein, lemak dan fosfolipid, yang merupakan komponen dasar semua jenis sel. Namun demikian pengamatan lebih teliti menunjukkan adanya perbedaan sangat mendasar antara sel bakteri dan sianobakteria di satu pihak dengan sel hewan dan tumbuhan di lain pihak.

Ada dua tipe sel yaitu: sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel prokariotik merupakan tipe sel pada bakteri dan sianobakteria / alga biru (disebut jasad prokariot). Sel eukariotik merupakan tipe sel pada jasad yang tingkatnya lebih tinggi dari bakteri (disebut jasad eukariot) yaitu khamir, jamur (fungi), alga selain alga biru, protozoa dan tanaman serta hewan.

Perbedaan kedua tipe jasad itu adalah sebagai berikut:

Struktur	Prokariot	Eukariot
Macam mikroba	Bakteri dan Sianobakteria (Algae hijau-biru)	Algae umumnya, Fungi, Protozoa, Plantae, animalia
Ukuran sel	<1-2 x 1-4 μ (mikron)	> 5 μ (mikron)
Struktur genetik: - Membran inti - Jumlah kromosom - Mitosis - DNA inti - DNA organel - % G+C DNA	Tidak ada 1 (siklis) tidak ada tidak terikat histon tidak ada 28-73	ada > 1 ada terikat histon ada $\pm$ 40
Struktur dalam sitoplasma: - Mitokondria - Kloroplas - Ribosom plasma - Ribosom organel - Retikulum endoplasmik - Aparat golgi - Fagositosis - Pinositosis	Tidak ada Tidak ada 70 S ^{*)} tidak ada tidak ada tidak ada tidak ada tidak ada tidak ada	Ada Ada / tidak ada 80 S ^{*)} ada (70 S ^{*)} ada ada ada / tidak ada ada / tidak ada

Keterangan: *) S : konstante pengendapan Svedberg = 1×10^{-13} detik/dyne/gram

SEL PROKARIOTIK

Tipe sel prokariotik mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan sel eukariotik. Beberapa sel bakteri *Pseudomonas* hanya berukuran 0,4-0,7 μ diameternya dan panjangnya 2-3 μ . Sel ini tidak mempunyai organela seperti mitokondria, khloroplas dan aparat golgi.

Inti sel prokariotik tidak mempunyai membran. Bahan genetis terdapat di dalam sitoplasma, berupa untaian ganda (double helix) DNA berbentuk lingkaran yang tertutup. “Kromosom” bakteri pada umumnya hanya satu, tetapi juga mempunyai satu atau lebih molekul DNA yang melingkar (sirkuler) yang disebut plasmid. Sel prokariotik tidak mengandung organel yang dikelilingi oleh membran. Ribosom yang dimiliki sel prokariot lebih kecil yaitu berukuran 70S.

Ukuran genom sel prokariot berbeda dengan sel eukariot. Jumlah DNA penyusun pada sel prokariot berkisar antara 0,8-8.10⁶ pasangan basa (pb) DNA. DNA pada sel eukariot mempunyai pasangan basa lebih tinggi, sebagai contoh: *Neurospora* 19.10⁶; *Aspergillus niger* 40.10⁶; Jagung 7.10⁹; dan manusia 29.10⁹. Sel prokariotik tidak seluruhnya membutuhkan oksigen, misalnya pada bakteri anaerob.

SEL EUKARIOTIK

Sel eukariotik mempunyai inti sejati yang diselimuti membran inti. Inti sel mengandung bahan genetis berupa genome/ DNA. Seluruh bahan genetis tersebut tersusun dalam suatu kromosom. Di dalam kromosom terdapat DNA yang berasosiasi dengan suatu protein yang disebut histon. Kromosom dapat mengalami pembelahan melalui proses yang dikenal sebagai mitosis.

Sel eukariotik juga mengandung organel-organel seperti mitokondria dan khloroplas yang mengandung sedikit DNA. Bentuk DNA dalam ke dua organel tersebut adalah sirkuler tertutup (seperti DNA prokariot). Ribosom pada sel eukariotik lebih besar dibandingkan prokariotik, berukuran 80S. Di dalam sel ini juga dijumpai organel lain yang bermembran, yaitu aparatus golgi. Pada tanaman organela ini mirip dengan diktiosom. Kedua organel tersebut berperan dalam proses sekresi.

STRUKTUR SEL

1. Inti Sel

Inti sel eukariotik pada interfase dikelilingi oleh suatu membran. Membran terdiri atas 2 lapisan lemak (lipid bilayers). DNA pada inti tersebar dalam suatu struktur yang disebut kromosom. Pembelahan inti dari satu menjadi dua anak inti dikenal sebagai mitosis. Pada tanaman dan hewan tingkat tinggi dikenal adanya reproduksi secara seksual. Pada saat pembuahan, ke dua inti dari sel jantan dan sel betina (gamet) melebur membentuk sigot. Masing-masing jenis gamet menyumbang sejumlah (n) kromosom. Dengan demikian sigot mengandung dua set kromosom ($2n$). Apabila gamet bersifat haploid, maka sigot bersifat diploid. Semua sel somatik bersifat diploid (mengandung 2 set kromosom). Pada saat generasi seksual berikutnya, kromosom normal ($2n$) mengalami segregasi menjadi haploid. Proses pengurangan separo kromosom dari $2n$ menjadi n kromosom disebut meiosis.

2. Membran Sel Prokariotik

Permukaan luar lipid bilayers membran sel bersifat hidrofil, sedangkan permukaan dalamnya bersifat hidrofob. Stabilitas membran sel disebabkan oleh kekuatan hidrofobik antara residu asam lemak dan kekuatan elektrostatis antara ujung-ujung hidrofilik. Pada bilayer terdapat protein yang letaknya tenggelam (di dalam) bilayer atau terdapat pada permukaannya.

Pada beberapa bakteri, membran mengelilingi sitoplasma tanpa menunjukkan adanya lipatan. Membran pada bakteri lain mengalami pelipatan ke dalam yang disebut mesosom. Pada bakteri fotosintetik, khlorofil tidak terdapat dalam suatu khloroplas, melainkan terdapat dalam membran yang sangat berlipat-lipat di dalam sel, yang disebut membran tilakoid. Sistem fotosintetik pada bakteri disamping menggunakan khlorofil, juga karotenoid. Keduanya mengandung sistem transport elektron yang menghasilkan ATP pada proses fotosintesis.

3. Dinding Sel

Dinding sel bakteri bersifat agak elastis. Dinding sel tidak bersifat permeabel terhadap garam dan senyawa tertentu dengan berat molekul rendah. Secara normal konsentrasi garam dan gula yang menentukan tekanan osmotik di dalam sel lebih tinggi dari pada di luar sel. Apabila tekanan osmose di luar sel naik, air sel akan mengalir keluar, protoplasma mengalami pengkerutan, dan membran akan terlepas dari dinding sel. Proses ini disebut dengan plasmolisis. Rangka dasar dinding sel bakteri: Rangka dasar dinding sel bakteri adalah murein peptidoglikan. Murein tersusun dari

N-asetil glukosamin dan N-asetil asam muramat, yang terikat melalui ikatan 1,4- β -glikosida. Pada N-asetil asam muramat terdapat rantai pendek asam amino: alanin, glutamat, diaminopimelat, atau lisin dan alanin, yang terikat melalui ikatan peptida. Peranan ikatan peptida ini sangat penting dalam menghubungkan antara rantai satu dengan rantai yang lain. Komponen dan struktur dinding sel prokariot ini sangat unik, dan tidak dijumpai pada sel eukariotik.

Dinding sel bakteri gram positif: Dinding sel bakteri gram positif terdiri 40 lapis rangka dasar murein, meliputi 30-70 % berat kering dinding sel bakteri. Senyawa lain penyusun dinding sel gram positif adalah polisakarida yang terikat secara kovalen, dan asam teikoat yang sangat spesifik.

Dinding sel bakteri gram negatif: Dinding sel bakteri gram negatif hanya terdiri atas satu lapis rangka dasar murein, dan hanya meliputi $\pm$ 10% dari berat kering dinding sel. Murein hanya mengandung diaminopemelat, dan tidak mengandung lisin. Di luar rangka murein tersebut terdapat sejumlah besar lipoprotein, lipopolisakarida, dan lipida jenis lain. Senyawa-senyawa ini merupakan 80 % penyusun dinding sel. Asam teikoat tidak terdapat dalam dinding sel ini.

Peranan lisosim dan penisilin: Lisosim adalah enzim antibakteri yang terdapat dalam putih telur dan air mata, dan dapat dihasilkan oleh beberapa bakteri. Lisosim akan merusak ikatan antar N-asetilglukosamin dan N-asetil asam muramat dalam murein, sehingga lisosim dapat merombak murein. dalam dinding sel. Dinding sel yang rusak akan menghasilkan sel tanpa dinding sel yang disebut spheroplas. Spheroplas sangat rentan terhadap tekanan osmotik.

Penisilin akan bekerja aktif terhadap dinding sel gram positif yang sedang membelah. Senyawa ini mengakibatkan sel tumbuh tidak beraturan. Dalam hal ini penisilin menghambat pembentukan dinding sel.

4. Flagel dan Pili

Flagel merupakan salah satu alat gerak bakteri. Letak flagel dapat polar, bipolar, peritrik, maupun politrik. Flagel mengakibatkan bakteri dapat bergerak berputar. Penyusun flagel adalah sub unit protein yang disebut flagelin, yang mempunyai berat molekul rendah. Ukuran flagel berdiameter 12-18 nm dan panjangnya lebih dari 20 nm. Pada beberapa bakteri, permukaan selnya dikelilingi oleh puluhan sampai ratusan pili, dengan panjang 12 nm. Pili disebut juga sebagai fimbrae. Sex-pili berperan pada konjugasi sel. Pada bakteri *Escherichia coli* strain K-12 hanya dijumpai 2 buah pili.

5. Kapsul dan Lendir

Beberapa bakteri mengakumulasi senyawa-senyawa yang kaya akan air, sehingga membentuk suatu lapisan di permukaan luar selnya yang disebut sebagai kapsul atau selubung berlendir. Fungsinya untuk kehidupan bakteri tidak begitu esensial, namun menyebabkan timbulnya sifat virulen terhadap inangnya. Dalam pembentukan agregasi tanah, senyawa yang terkandung dalam kapsul atau lendir inilah yang sangat berperan. Keberadaan kapsul mudah diketahui dengan metode pengecatan negatif menggunakan tinta china atau nigrosin. Kapsul akan tampak transparan diantara latar belakang yang gelap. Pada umumnya penyusun utama kapsul adalah polisakarida yang terdiri atas glukosa, gula amino, rhamnosa, serta asam organik seperti asam piruvat dan asam asetat. Ada pula yang mengandung peptida, seperti kapsul pada bakteri *Bacillus* sp. Lendir merupakan kapsul yang lebih encer. Adakalanya kapsul bakteri dapat dipisahkan dengan metode penggojokan kemudian diekstrak untuk menghasilkan lendir.

PERBEDAAN SEL TANAMAN, HEWAN, DAN BAKTERI

SEL TANAMAN	SEL HEWAN	SEL BAKTERI
Dinding sel dan Membran sel Dinding sel Dinding sel tanaman sangat kuat dan kasar. Banyak mengandung selulosa yang terikat pada polisakarida dan protein. Fungsinya melindungi membran dari kerusakan mekanis atau tekanan osmosa, dan menyebabkan bentuk sel tetap	Tidak mempunyai dinding sel	Dinding sel terdiri atas rantai polisakarida dan rantai peptida pendek. Permukaannya dilapisi lipopolisakarida. Tidak semua bakteri mempunyai pili. Pili dapat berfungsi sebagai jalan pemindahan DNA pada saat konjugasi. Dinding sel melindungi sel bakteri dari lingkungan hipotonis. Dinding sel mempunyai pori yang dapat dilewati molekul kecil.
Membran sel Membran sel tanaman tebalnya $\pm 9\text{nm}$ dan mengandung lipida dan protein dalam jumlah yang sama. Lipida tersusun dalam 2 lapisan. Jenis lipida lebih bervariasi daripada lipida penyusun membran sel bakteri. Membran sel tanaman bersifat selektif permeabel, mengandung protein/ensim yang berperan pada pemindahan nutrien dan ion anorganik	Membran sel hewan mirip dengan membran sel tanaman, tetapi komposisi lipidanya beda. Membran bersifat fleksibel dan lengket. Permukaan sel yang lengket penting dalam pembentukan jaringan. Membran sangat selektif permeabel. Mengandung protein ensim yang berperan dalam pengangkutan ion K^+ dan Na^+, glukosa, asam amino, dll	Membran sel bakteri mengandung $\pm 45\%$ lipida dan 55% protein. Lipida menyelu-bungi secara kontinyu dan non-polar. Pada beberapa tempat, membran mengalami pelipatan ke dalam sel yang disebut dengan mesosome. Membran bersifat selektif permeabel. Air, beberapa nutrien dan ion logam dapat bebas melewatinya. Beberapa ensim yang berperan menghasilkan ATP terdapat dalam membran sel bakteri.

Inti Inti sel, anak inti sel serta membran inti sel tanaman mempunyai struktur, komposisi dan fungsi seperti pada sel hewan.	Diameter inti sel hewan $\pm 4-6\mu$. Dilapisi oleh selaput/membran berpori sebagai tempat keluar-masuknya bahan ke dalam inti. DNA di dalam inti berasosiasi dengan protein histon dan terorganisir menjadi kromosom. Di dalam inti terdapat anak inti/ nukleolus yang kaya RNA, berbentuk bulat, gelap, tetapi tidak dilingkupi oleh membran. Anak inti merupakan tempat terbentuknya RNA. Setiap inti ada 1-4 anak inti. Selama mitosis DNA kromosom mengalami replikasi, kemudian memisah menjadi kromosom anak.	Bakteri tidak mempunyai bentuk inti seperti pada sel tanaman dan hewan. Bahan genetik hanya berupa satu untai ganda DNA yang tersusun secara heliks. Panjang DNA mencapai 1,2 mm, tetapi terlipat menjadi diameter 2nm. Selama pembelahan sel masing-masing untai DNA bereplikasi menghasilkan dua molekul untai DNA kembali. DNA akan ditranskripsi menjadi bentuk messenger (m) RNA. Bakteri juga mempunyai plasmid, yaitu untai ganda DNA di luar kromosom berbentuk sirkuler. Plasmid dapat bereplikasi secara mandiri tidak tergantung pada replikasi kromosom sel.
--	---	--

Mitokondria Mitokondria berbentuk lonjong, dijumpai pada semua sel tanaman. Strukturnya mirip dengan mitokondria sel hewan. Mitokondria mengandung DNA yang tipenya khusus. Di dalam mitokondria, banyak mengandung enzim yang berperan dalam oksidasi nutrisi dan perubahan energi menjadi ATP.	Jumlah mitokondria dalam sel dapat mencapai 800. Jumlahnya semakin banyak pada sel yang aktif. Membran dalam mitokondria berlipat-lipat. Matriks di dalamnya banyak mengandung enzim yang berperan dalam oksidasi karbohidrat, lipid, asam amino menjadi CO₂ dan H₂O. Hasil oksidasi adalah ATP untuk sumber energi.	Sel bakteri tidak mempunyai mitokondria. Oksidasi nutrisi dilakukan oleh enzim oksidase yang terdapat dalam membran atau mesosome.
ER pada sel tanaman mempunyai struktur yang mirip dengan ER pada sel hewan. ER pada sel tanaman mempunyai struktur yang mirip dengan ER pada sel hewan.	ER merupakan membran inti yang melipat-lipat menyerupai lorong. Permukaannya kasar karena ada ribosom yang menempel. ER dari inti menembus sitoplasma menuju luar sel. Ribosome merupakan tempat terbentuknya protein. Ribosom juga tersebar bebas dalam sitoplasma.	Sel bakteri tidak mempunyai ER. Ribosome tersebar dalam sitoplasma. Ribosome sebagai tempat sintesis protein. Setiap sel bakteri E. coli mengandung 15.000 ribosome. Setiap ribosome terdiri atas 2 subunit: subunit besar dan subunit kecil. Setiap subunit terdiri atas 65% RNA dan 35% protein. mRNA terikat pada lekukan diantara 2 subunit RNA saat terjadi sintesis asam amino. Jenis asam amino yang dibentuk sesuai dengan susunan bahan genetik di mRNA

Khloroplas Sel tanaman mempunyai plastida yang disebut khloroplas, di dalamnya terdapat khlorofil. Khloroplas dikelilingi oleh membran yang mengandung DNA. Bentuk khloroplas bermacam-macam, jumlahnya dapat lebih dari satu per sel. Fungsi khlorofil untuk menerima energi matahari, yang diubah menjadi ATP untuk pembentukan gula dari CO₂ dan H₂O dalam proses fotosintesis.	Sel hewan tidak mempunyai khloroplas	Bakteri fotosintetik mempunyai khlorofil yang tidak berada dalam khloroplast, tetapi ada dalam membran yang sangat melipat-lipat ke dalam sel, yang disebut membran fotosintetik (tilakoid). Pada alga biru <i>Anabaena azollae</i> tilakoid tersebar di seluruh sel.
Vakuola Vakuola merupakan ciri khusus sel tanaman.	Ukuran vakuola bertambah dengan bertambahnya umur sel. Vakuola mengandung gula, garam dari asam organik, protein terlarut, garam mineral, pigmen, oksigen dan CO₂, yang merupakan bahan sisa maupun cadangan makanan. Bahan tersebut selalu dihasilkan selama sel melakukan aktivitas, sehingga ukuran vakuola semakin lama semakin besar.	Bakteri akuatik mempunyai vakuola yang berisi gas (vakuola gas). Fungsinya agar sel dapat mengapung di lingkungan air, sehingga dapat bergerak naik turun (bouyanci). Vakuola tidak untuk menyimpan cadangan makanan. Cadangan makanan disimpan di suatu bulatan atau granula, berupa polisakarida, lipida, polifosfat, metafosfat, sulfur, dan poli beta hidroksi asam butirat (PHB). Cadangan makanan dimanfaatkan saat kondisi lingkungan miskin, atau saat spora berkecambah.

Tugas Praktikum :

Pertemuan 1: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi mikroba I

Pertemuan 2: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi mikroba II

BAKTERI DAN VIRUS

BAKTERI

Bakteri merupakan mikrobia prokariotik uniselular, termasuk klas Schizomycetes, berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil kecuali beberapa yang bersifat fotosintetik.

Cara hidup bakteri ada yang dapat hidup bebas, parasitik, saprofitik, patogen pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitatnya tersebar luas di alam, dalam tanah, atmosfer (sampai ± 10 km diatas bumi), di dalam lumpur, dan di laut.

Bakteri mempunyai bentuk dasar bulat, batang, dan lengkung. Bentuk bakteri juga dapat dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu. Bakteri dapat mengalami involusi, yaitu perubahan bentuk yang disebabkan faktor makanan, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri. Selain itu dapat mengalami pleomorfi, yaitu bentuk yang bermacam-macam dan teratur walaupun ditumbuhkan pada syarat pertumbuhan yang sesuai. Umumnya bakteri berukuran 0,5-10 μ .

Berdasarkan klasifikasi artifisial yang dimuat dalam buku “Bergey’s manual of determinative bacteriology” tahun 1974, bakteri diklasifikasikan berdasarkan deskripsi sifat morfologi dan fisiologi. Dalam buku ini juga terdapat kunci determinasi untuk mengklasifikasikan isolat bakteri yang baru ditemukan. Menurut Bergey’s manual, bakteri dibagi menjadi 1 kelompok (grup), dengan Cyanobacteria pada grup 20. Pembagian ini berdasarkan bentuk, sifat gram, kebutuhan oksigen, dan apabila tidak dapat dibedakan menurut ketiganya maka dimasukkan ke dalam kelompok khusus.

Klasifikasi Bakteri

I. Bakteri berbentuk kokus (bulat)

a. Bakteri kokus gram positif (grup 14)

Aerobik: Micrococcus, Staphylococcus, Streptococcus, Leuconostoc

Anaerobik: Methanosarcina, Thiosarcina, Sarcina, Ruminococcus

b. Bakteri kokus gram negatif

Aerobik: Neisseria, Moraxella, Acinetobacter, Paracoccus (grup 10) Anaerobik:

Veillonella, Acidaminococcus, Megasphaera (grup 11)

II. Bakteri berbentuk batang

a. Bakteri gram positif

1. Bakteri gram positif tidak membentuk spora (grup 16)

Aerobik: *Lactobacillus*, *Listeria*, *Erysipelothrix*, *Caryophanon*.

2. Bakteri Coryneform dan actinomycetes (grup 17)

Aerobik Coryneform : *Corynebacterium*, *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Cellulomonas*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium*.

Aerobik Actinomycetes : *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Actinomyces*,

Frankia, *Actinoplanes*, *Dermatophilus*, *Micromonospora*, *Microbispora*, *Streptomyces*, *Streptosporangium*.

Actinomycete dapat membentuk miselium yang sangat halus dan bercabang-cabang. Miselium vegetatif tumbuh di dalam medium, dan miselium udara ada di permukaan medium. Bakteri ini dapat berkembang biak dengan spora, secara fragmentasi dan segmentasi, dengan chlamydospora, serta dengan bertunas. Bakteri ini umumnya mempunyai habitat pada lingkungan dengan pH yang tinggi. Cara hidupnya ada yang bersifat saprofit, simbiosis dan beberapa sebagai parasit. *Frankia* adalah actinomycetes yang mampu menambat nitrogen dan dapat bersimbiosis dengan tanaman.

3. Bakteri pembentuk endospora (grup 15)

Aerobik : *Bacillus*, *Sporolactobacillus*, *Sporosarcina*, *Thermoactinomyces*

Anaerobik : *Clostridium*, *Desulfotomaculum*, *Oscillospira*

b. Bakteri gram negatif

1. Bakteri gram negatif aerobik (grup 7)

Aerobik: *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Zoogloea*, *Gluconobacter*, *Acetobacter*, *Azotobacter*, *Azomonas*, *Beijerinckia*, *Derxia*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Brucella*, *Legionella*, *Thermus*. Bakteri *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Derxia*, *Rhizobium* termasuk diazotroph yang dapat menambat nitrogen dari udara. *Azotobacter*, *Beijerinckia*, dan *Derxia* cara hidupnya bebas tidak bersimbiosis, *Rhizobium* hidupnya dapat bersimbiosis dengan akar tanaman leguminosa dengan membentuk bintil akar.

2. Bakteri gram negatif aerobik khemolitotrofik (grup12)

Aerobik : *Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus*, *Nitrosomonas*,

Nitrosospira, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*. Bakteri bakteri tersebut

umumnya berperan dalam proses nitrifikasi di dalam tanah. *Thiobacillus*, *Sulfolobus*, *Thiobacterium*, *Thiovolum*, yang merupakan bakteri yang berperan dalam proses oksidasi sulfur di alam.

3. Bakteri berselubung (grup 3)

Aerobik : *Sphaerotilus*, *Leptothrix*, *Cladothrix*, *Crenothrix*. Bakteri *Sphaerotilus* biasanya hidup di saluran-saluran air. *Leptothrix*, dan *Cladothrix* merupakan bakteri yang mampu mengoksidasi besi atau penyebab korosi.

4. Bakteri gram negatif fakultatif anaerobik (grup 8)

Fakultatif anaerobik : *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Serratia*, *Erwinia*, *Yersinia*, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Photobacterium*.

5. Bakteri gram negatif anaerobik (grup 9)

Sangat Anaerobik : *Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Leptotrichia*

6. Bakteri Methanogens dan arkaebakteria (grup 13)

Sangat Anaerobik : *Methanobacterium*, *Methanothermus*, *Methanosarcina*, *Methanothrix*, *Methanococcus*. Bakteri ini merupakan pembentuk metan (CH_4) dari hasil perombakan bahan organik secara anaerobik.

Aerobik : *Halobacterium*, *Halococcus*, *Thermoplasma*. Bakteri ini ada yang tahan hidup pada kadar garam tinggi dan ada yang tahan pada suhu tinggi.

Anaerobik: *Thermoproteus*, *Pyrodictium*, *Desulforococcus*.

III. Bakteri berbentuk lengkung

a. Bakteri gram negatif spiril dan lengkung (grup 6)

Aerobik : *Spirillum*, *Aquaspirillum*, *Azospirillum*, *Oceanospirillum*, *Campylobacter*, *Bdellovibrio*, *Microcycilus*, *Pelosiigma*. Bakteri *Azospirillum* termasuk bakteri penambat nitrogen yang dapat berasosiasi dengan tanaman gramineae termasuk tanaman padi. Bakteri *Bdellovibrio* adalah bakteri yang dapat hidup sebagai parasit pada sel bakteri lain (parasit bakteri).

b. Bakteri gram negatif lengkung anaerobik (grup 9)

Anaerobik : *Desulfovibrio*, *Succinivibrio*, *Butyrivibrio*, *Selenomonas*. Bakteri *Desulfovibrio* merupakan salah satu bakteri yang mampu mereduksi sulfat.

c. *Spirochaeta* (grup 5)

Aerobik dan anaerobik: *Spirochaeta*, *Cristispira*, *Treponema*, *Borrelia*,

Leptospira.

Bakteri ini berbentuk benang tipis dan terulir. Dinding sel tipis dan lentur. Bakteri ini dapat bergerak dengan cara kontraksi sel menurut garis sumbu selnya. Selnya berukuran $0,1-3 \mu \times 4-8 \mu$.

IV. Bakteri yang termasuk kelompok khusus

a. Bakteri yang merayap (meluncur) (grup 2)

Bakteri ini dapat merayap walaupun tidak berflagela. Bakteri ini selalu bersifat gram negatif. Dalam kelompok ini termasuk beberapa ganggang biru, beberapa bakteri kemoorganotrof dan beberapa bakteri belerang (sulfur).

Kelompok bakteri yang menjadi anggota bakteri merayap (meluncur) adalah sebagai berikut :

1. Bakteri yang mengandung sulfur intraseluler, berbentuk benang. Contoh : Beggiatoa, Thiothrix, Achromatium.
2. Bakteri bebas sulfur, membentuk trikoma (bulu). Contoh: Vitreoscilla, Leucothrix, Saprospira.
3. Bakteri uniselular, bentuk batang pendek. Contoh: Cytophaga, Flexibacter, Myxobacteria.
4. Bakteri fototrof yang bergerak merayap. Contoh: Chloroflexus
5. Cyanobacteria yang bergerak merayap. Contoh: Oscillatoria.

Myxobacteria. Bakteri yang termasuk myxobacteria mempunyai dinding sel sangat tipis dan lentur. Bakteri ini bersifat gram negatif, dan dapat bergerak meluncur. Bentuk sel umumnya memanjang (spoel) dengan ujung runcing. Dalam siklus hidupnya dapat membentuk badan buah, yang merupakan kumpulan sel yang berdiferensiasi. Ukuran badan buah kurang dari 1 mm. Contoh: Chondromyces, Myxococcus.

b. Bakteri bertangkai atau bertunas (grup 4)

Bakteri ini mempunyai struktur mirip tangkai atau tunas yang merupakan tonjolan dari sel, atau hasil pengeluaran lendir. Contoh: Hypomicrobium, Caulobacter, Prosthecomicrobium, Ancalomicrobium, Gallionella, Nevskia.

c. Bakteri parasit obligat: Rickettsiae dan Chlamydiae (grup 18)

Merupakan bakteri yang berukuran paling kecil, tetapi lebih besar dari virus, yaitu $0,3 \times 2 \mu$. Bentuk sel pleomorfik, dapat berupa batang, kokus, atau filamen. Bakteri ini cara hidupnya sebagai parasit sejati (parasit obligat) di dalam sel jasad

lain dan bersifat patogen. Hidupnya intraselular di dalam sitoplasma dan inti sel binatang dan manusia. Oleh karena itu bakteri kelompok ini merupakan penyebab penyakit, yang biasanya ditularkan oleh vektor serangga. Contoh: *Rickettsia prowazekii*, *Chlamydia trachomatis*, *Coxiella burnetii*.

d. *Mycoplasma* (klas Mollicutes) (grup 19)

Mycoplasma disebut juga PPLO (Pleuropneumonia Like Organisms). Ciriya yaitu tidak mempunyai dinding sel, atau merupakan bentuk L dari bakteri sejati (Eubakteria) atau bentuk speroplas sel eubakteria, sehingga sifatnya mirip bakteri sejati. *Mycoplasma* berukuran 0,001-7 μ . Umumnya lebih besar dari *Rickettsiae* dan dapat dicat dengan cat anilin. Ukuran koloni mencapai 10-600 μ NOSelnya berbentuk kokus, filamen, roset, dan sangat pleomorfik. Selnya dapat memperbanyak diri dengan pembelahan biner, fragmentasi, dan perkecambahan. Cara hidupnya sebagai saprofit atau patogen. Contoh: *Mycoplasma mycoides*, *M. homonia*, *M. orale*, *Acholeplasma*, *Spiroplasma*.

Bakteri bentuk L atau bakteri dalam bentuk protoplas, tidak berdinding sel. Hal ini dapat terjadi karena mutasi atau dibuat. Contohnya (a) *Mycobacterium tuberculosis* dalam medium dengan tegangan muka rendah dan ditambah lisosim serta EDTA, (b) Strain mutan *Staphylococcus aureus* dalam medium dengan penisilin G.

e. Bakteri anaerobik anoksigenik fototrofik (grup 1) Bakteri ini mempunyai ciri berpigmen fotosintetik.

Ada yang berbentuk kokus, batang, dan lengkung. Berdasarkan sifat fisiologinya dapat dibagi menjadi :

1. Familia Thiorhodaceae (bakteri sulfur ungu).

Contoh : *Thiospirillum* sp., *Chromatium* sp.

2. Familia Athiorhodaceae / Rhodospirillaceae (bakteri sulfur non-ungu).

Contoh : *Rhodospirillum*, *Rhodopseudomonas*.

3. Familia Chlorobiaceae (bakteri sulfur hijau).

Contoh : *Chlorobium*, *Chloropseudomonas*, *Chlorochromatium*.

f. Bakteri aerobik oksigenik fototrofik: Cyanobacteria (grup 20)

Bakteri ini termasuk Myxophyceae atau Cyanophyceae. Sifatnya yang mirip bakteri adalah dinding selnya terdiri mukokompleks, tidak berdinding inti,

tidak ada mitokondria dan kloroplas. Sifatnya yang berbeda adalah dapat berfotosintesa mirip tumbuhan tingkat tinggi, dan menghasilkan O₂.

Bakteri ini mempunyai klorofil a dan fikobilin (fikosianin dan fikoeritrin). Bentuk selnya tunggal (uniselular), koloni, dan benang-benang (filamen). Selnya dapat bergerak meluncur tetapi sangat lambat (250 μ per menit), meskipun tidak berflagela. Cara hidupnya bebas, dan berasosiasi simbiosis. Umumnya dapat menambat nitrogen dari udara, dan bersifat fotoautotrof obligat. Contoh: *Gloeobacter*, *Gloeocapsa*, *Dermocarpa*, *Spirulina*, *Nostoc*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Calothrix*, *Cylindrospermum*. *Anabaena azollae* dapat bersimbiosis dengan tanaman paku air *Azolla* sp. dan *Nostoc* bersimbiosis dengan jamur membentuk Lichenes.

VIRUS

Virus ukurannya sangat kecil dan dapat melalui saringan (filter) bakteri. Ukuran virus umumnya 0,01-0,1 μ . Virus tidak dapat diendapkan dengan sentrifugasi biasa. Untuk melihat virus diperlukan mikroskop elektron. Sifat-sifat virus yang penting antara lain :

1. Virus hanya mempunyai 1 macam asam nuklein (RNA atau DNA)
2. Untuk reproduksinya hanya memerlukan asam nuklein saja.
3. Virus tidak dapat tumbuh atau membelah diri seperti mikrobia lainnya

Virus memiliki sifat-sifat khas dan tidak merupakan jasad yang dapat berdiri sendiri. Virus memperbanyak diri dalam sel jasad inang (parasit obligat) dan menyebabkan sel-sel itu mati. Sel inang adalah sel manusia, hewan, tumbuhan, atau pada jasad renik yang lain. Sel jasad yang ditumpangi virus dan mati itu akan mempengaruhi sel-sel sehat yang ada didekatnya, dan karenanya dapat mengganggu seluruh kompleks sel (becak-becak daun, becak-becak nekrotik dan sebagainya).

1. VIRUS TUMBUHAN

Virus tumbuhan pada umumnya masuk ke dalam sel melalui luka, jadi tidak dapat menerobos secara aktif. Sebagai tanda penyerangannya ialah adanya becak-becak nekrotik di sekitar luka primer. Dalam alam virus tumbuhan disebarkan dengan pertolongan hewan serangga vektor atau dengan cara lain, misalnya tanaman *Cuscuta* dengan haustoriannya juga memindahkan virus melalui sistem jaringan angkutannya (buluh-buluh pengangkutan).

Banyak jenis virus yang memperbanyak diri terlebih dahulu di dalam tractus digestivushewan-hewan vektornya. Setelah masa inkubasi tertentu dapat menyebabkan infeksi pada tumbuh-tumbuhan lagi. Virus semacam itu dikenal sebagai virus yang persisten. Virus yang nonpersisten dapat segera ditularkan dengan gigitan (sengatan) serangga (hewan).

Virus tumbuhan yang telah banyak dipelajari adalah TMV (Tobacco Mozaic Virus = Virus Mozaik Tembakau). Bahan genetik virus ini ialah RNA.

2. BENTUK VIRUS

Suatu virion terdiri atas bahan genetik (RNA atau DNA) yang diselubungi oleh selubung protein. Selubung protein ini disebut kapsid. Asan nuklein yang diselubungi kapsid disebut nukleokapsid. Nukleokapsid dapat telanjang misalnya pada TMV (Tobacco Mozaik Virus yang menyebabkan penyakit becak daun), Adenovirus dan virus kutil (Warzervirus); atau diselubungi oleh suatu membran pembungkus misalnya pada virus influenza, virus herpes. Kapsid terdiri atas bagian-bagian yang disebut kapsomer (misalnya pada TMV dapat terdiri atas hanya satu rangkaian polipeptida, juga dapat terdiri atas protein monomer-protein monomer yang identik yang masing-masing terdiri atas rangkaian polipeptida). Pada dasarnya kapsid terdiri atas banyak satuan-satuan dasar yang identik. Pada umumnya kapsid tersusun simetris. Pada TMV (suatu virus yang berbentuk batang) kapsomernya tersusun dalam bentuk anak tangga uliran spiral. Bentuk dasar virus adalah yang bulat, silindris, kubus, polihedral, seperti huruf T, dan lain-lain.

3. BAKTERIOPHAGE (VIRUS YANG MENYERANG BAKTERI)

Virus pada bakteri coli (T-phage) terdiri atas dua bagian, yaitu bagian kepala yang berbentuk heksagonal dan bagian ekornya. Bentuk demikian itu hanya dapat dilihat pada pengamatan dengan mikroskop elektron. Bagian kepala terdiri atas bagian utama yang bagian pusatnya terdiri atas DNA; sedang bagian luarnya merupakan selubung protein yang berfungsi sebagai pelindung. Bagian ekornya berupa tubus yang mempunyai sumbat, selain itu dilengkapi pula dengan serabut ekor. Bakteri yang terserang bakteriofag akan lisis.

Untuk mendapatkan gambaran tentang siklus hidup bakteriofag, perlu ditinjau tingkatan-tingkatan yang terjadi pada waktu phage menyerang bakteri :

- a. Pada permulaannya phage melekat dengan bagian ekornya pada bagian tertentu dari sel (fase adsorpsi phage pada sel) .
- b. DNA phage dimasukkan ke dalam sel melalui tubus ekornya, DNA phage

merusak DNA bakteri sehingga proses di dalam sel dikendalikan oleh DNA phage, kemudian akan terbentuk protein (selubung) phage dan DNA phage yang baru (fase perkembangan phage).

- c. Fase yang terakhir ialah keluarnya partikel-partikel virus (bakteriophage) dari sel. Sel bakteri mengalami lisis (bakteriolisis/ fase pembebasan phage).

Tabel . Kelompok virus yang penting.

Ukuran (mm)	Kelompok Virus	Virus atau gejalanya
Virus DNA		
300 X 250	Virus cacar	Variola
100 - 150	Herpes virus	Herpes simplex, Varicella / Zoster
20 - 60	Arbovirus	Yellow fever, pappataci
130	virus serangga	
60 - 75	Reovirus	Reovirus
70 - 85	Adenovirus	Adenovirus
Virus RNA		
80 - 200	Myxovirus	Vaccinia, Moliuscum parainfluenza - influenza campak
17 - 30	Picornavirus	Polyomyolitis radang mulut dan kuku
40 - 55	Papovavirus	Papillom (kutil) Polyoma (tumor)
25 - 45	Bacteriovirus	Phage berbentuk kubik
40 - 80	virus serangga	
25 X 200	Bacterivirus	T-phage
18 X 300	Virus tumbuhan	Mozaik tembakau

Ada beberapa virus yang ukurannya sangat kecil, dan hanya tersusun dari beberapa asam nukleat saja. Virus yang sangat sederhana ini disebut viroid. Sekarang telah ditemukan juga jasad hidup yang susunan kimianya hanya terdiri dari beberapa molekul protein, jasad ini disebut prion.

Tugas Praktikum :

Pertemuan 3: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi bakteriologi I

Pertemuan 4: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi bakteriologi II

FUNGI (JAMUR)

Di dalam dunia mikrobia, jamur termasuk divisio Mycota (fungi). Mycota berasal dari kata mykes (bahasa Yunani), disebut juga fungi (bahasa Latin). Ada beberapa istilah yang dikenal untuk menyebut jamur, (a) mushroom yaitu jamur yang dapat menghasilkan badan buah besar, termasuk jamur yang dapat dimakan, (b) mold yaitu jamur yang berbentuk seperti benang-benang, dan (c) khamir yaitu jamur bersel satu.

Jamur merupakan jasad eukariot, yang berbentuk benang atau sel tunggal, multiseluler atau uniseluler. Sel-sel jamur tidak berklorofil, dinding sel tersusun dari khitin, dan belum ada diferensiasi jaringan. Jamur bersifat khemoorganoheterotrof karena memperoleh energi dari oksidasi senyawa organik. Jamur memerlukan oksigen untuk hidupnya (bersifat aerobik).

Habitat (tempat hidup) jamur terdapat pada air dan tanah. Cara hidupnya bebas atau bersimbiosis, tumbuh sebagai saprofit atau parasit pada tanaman, hewan dan manusia.

Morfologi Jamur Benang

Jamur benang terdiri atas massa benang yang bercabang-cabang yang disebut miselium. Miselium tersusun dari hifa (filamen) yang merupakan benang-benang tunggal. Badan vegetatif jamur yang tersusun dari filamen-filamen disebut thallus. Berdasarkan fungsinya dibedakan dua macam hifa, yaitu hifa fertil dan hifa vegetatif. Hifa fertil adalah hifa yang dapat membentuk sel-sel reproduksi atau spora-spora. Apabila hifa tersebut arah pertumbuhannya keluar dari media disebut hifa udara. Hifa vegetatif adalah hifa yang berfungsi untuk menyerap makanan dari substrat.

Berdasarkan bentuknya dibedakan pula menjadi dua macam hifa, yaitu hifa tidak bersepta dan hifa bersepta. Hifa yang tidak bersepta merupakan ciri jamur yang termasuk Phycomycetes (Jamur tingkat rendah). Hifa ini merupakan sel yang memanjang, bercabang-cabang, terdiri atas sitoplasma dengan banyak inti (soenositik). Hifa yang bersepta merupakan ciri dari jamur tingkat tinggi, atau yang termasuk Eumycetes.

Perkembangbiakan Jamur

Jamur dapat berkembang biak secara vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual). Perkembang biakan aseksual dapat dilakukan dengan fragmentasi miselium (thalus) dan pembentukan spora aseksual. Ada 4 cara perkembang biakan dengan fragmentasi thalus yaitu, (a) dengan pembentukan tunas, misalnya pada khamir, (b) dengan blastospora, yaitu tunas yang tumbuh menjadi spora, misalnya pada *Candida* sp., (c) dengan arthrospora (oidium), yaitu terjadinya segmentasi pada ujung-ujung hifa, kemudian sel-sel membulat dan akhirnya lepas menjadi spora, misalnya pada *Geotrichum* sp., dan (d) dengan chlamydospora, yaitu pembulatan dan penebalan dinding sel pada hifa vegetatif, misalnya pada *Geotrichum* sp.

Spora aseksual terbentuk melalui 2 cara. Pada jamur tingkat rendah, spora aseksual terbentuk sebagai hasil pembelahan inti berulang-ulang. Misalnya spora yang terbentuk di dalam sporangium. Spora ini disebut sporangiospora. Pada jamur tingkat tinggi, terbentuk spora yang disebut konidia. Konidi terbentuk pada ujung konidiofor, terbentuk dari ujung hifa atau dari konidi yang telah terbentuk sebelumnya.

Perkembang biakan secara seksual, dilakukan dengan pembentukan spora seksual dan peleburan gamet (sel seksual). Ada dua tipe kelamin (mating type) dari sel seksual, yaitu tipe kelamin + (jantan) dan tipe kelamin – (betina). Peleburan gamet terjadi antara 2 tipe kelamin yang berbeda. Proses reproduksi secara seksual dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu: (a) plasmogami yaitu meleburnya 2 plasma sel, (b) kariogami yaitu meleburnya 2 inti haploid yang menghasilkan satu inti diploid, dan (c) meiosis yaitu pembelahan reduksi yang menghasilkan inti haploid.

Bentuk dan cara reproduksi jamur sangat beraneka ragam, dan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasikan jamur tersebut.

Klasifikasi Jamur

Ada beberapa klasis jamur, yaitu Acrasiomycetes (Jamur lendir selular), Myxomycetes (Jamur lendir sejati), Phycomycetes (Jamur tingkat rendah), dan Eumycetes (Jamur tingkat tinggi). Eumycetes terdiri atas 3 klasis yaitu Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes (Fungi imperfecti).

Sistem tata nama jamur menggunakan nama binomial, yang terdiri nama genus dan nama spesifik / spesies. Nama famili dengan akhiran –aceae, nama order dengan akhiran –ales, dan nama klasis dengan akhiran –mycetes.

1. ACRASIOMYCETES

Jamur ini merupakan kelompok jamur lendir selular, yang hidup bebas di dalam tanah, biasanya diisolasi dari tanah humus. Bentuk vegetatifnya berupa sel berinti satu yang amoeboid, seperti protozoa uniselular atau merupakan amoeba haploid, dan disebut juga pseudoplasmodium.

Ciri-ciri sel jamur ini adalah dapat bergerak diatas media padat (pseudopodia), makan dengan cara fagositosis, misalnya dengan memakan bakteri. Sifatnya yang mirip fungi adalah adanya stadium badan buah, dan terbentuknya spora. Struktur spora seperti bentuk kista dari amoeba.

Perkembang biakan jamur ini dimulai dari berkecambahnya spora, kemudian sel memperbanyak diri membentuk pseudoplasmodium, selanjutnya sel-sel beragregasi dan akan membentuk badan buah, akhirnya terbentuk sporokarp yang menghasilkan spora kembali. Contoh jamur ini adalah *Dictyostelium mucoroides* dan *D. discoideum*.

2. MYXOMYCETES

Jamur ini merupakan jamur lendir sejati. Jamur ini dapat ditemukan pada kayu terombak, guguran daun, kulit kayu, dan kayu. Bentuk vegetatifnya disebut plasmodium. Plasmodium merupakan masa sitoplasma berinti banyak dan tidak dibatasi oleh dinding sel yang kuat. Sel-selnya mempunyai gerakan amoeboid diatas substrat. Cara makan dengan fagositosis. Apabila plasmodium merayap ke tempat yang kering, akan terbentuk badan buah. Badan buah menghasilkan spora berinti satu yang diselubungi dinding sel. Spora berasal dari inti-inti plasmodium. Struktur pada semua stadium sama, yaitu seperti sel soenositik dengan adanya aliran sitoplasma.

Perkembang biakan jamur ini dimulai dari sel vegetatif haploid hasil perkecambahan spora. Sel tersebut setelah menggandakan diri akan mengadakan plasmogami dan kariogami yang menghasilkan sel diploid. Sel diploid yang berkembang menjadi plasmodium yang selnya multinukleat tetapi uniselular, selanjutnya membentuk badan buah yang berbentuk sporangium. Sporangium tersebut menghasilkan spora haploid. Contoh jamur ini adalah *Lycogala epidendron*, *Cribraria rufa*, dan *Fuligo septica*.

3. PHYCOMYCETES

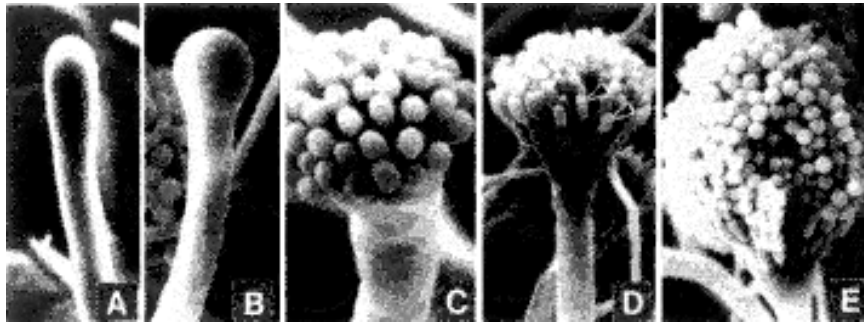
Jamur ini termasuk jamur benang yang mempunyai hifa tidak bersepta, sel vegetatif multinukleat, atau disebut thalus soenositik. Secara vegetatif dapat memperbanyak diri dengan potongan-potongan hifa, dan menghasilkan spora aseksual dalam sporangium (sporangiospora). Perkembang biakan secara generatif dengan membentuk spora seksual. Berdasarkan cara terbentuknya spora dibagi menjadi 2 macam, (a) Oospora, hasil peleburan antara gamet-gamet yang tidak sama besarnya, dan (b) Zygospora, hasil peleburan gamet-gamet yang sama besarnya. Berdasarkan tipe sporanya maka jamur ini juga dapat dikelompokkan dalam Oomycetes dan Zygomycetes.



4. DEUTEROMYCETES (FUNGI IMPERFECTI)

Semua jamur yang tidak mempunyai bentuk (fase) seksual dimasukkan ke dalam kelas Deuteromycetes. Jamur ini merupakan bentuk konidial dari kelas Ascomycetes, dengan askus tidak tertutup atau hilang karena evolusi. Jamur ini juga tidak lengkap secara seksual, atau disebut paraseksual. Proses plasmogami, kariogami dan meiosis ada tetapi tidak terjadi pada lokasi tertentu dari badan vegetatif, atau tidak terjadi pada fase perkembangan tertentu. Miseliumnya bersifat homokariotik. Contoh jamur ini adalah beberapa spesies *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Monilia*.





Aspergillus
sp.

Identifikasi Jamur Benang

Untuk mengidentifikasi jamur benang lebih diutamakan pengujian sifat-sifat morfologinya, tetapi perlu juga pengujian sifat-sifat fisiologi. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada pengamatan morfologi jamur benang adalah:

1. Tipe hifa, bersepta atau tidak, jernih atau keruh, dan berwarna atau tidak.
2. Tipe spora, seksual (oospora, zygospora, askospora, atau basidiospora), aseksual (sporangiospora, konidia, atau oidia)
3. Tipe badan buah, bentuk, ukuran, warna, letak spora atau konidi.

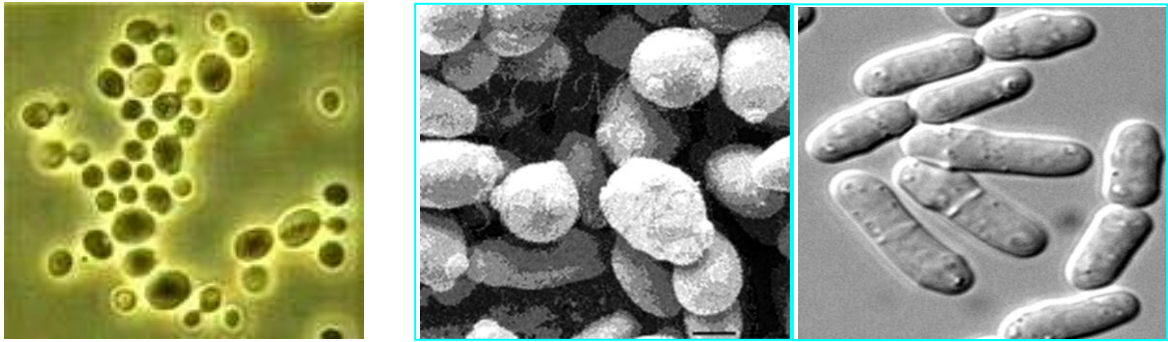
Bentuk sporangiofor / konidiofor, kolumela / vesikula.

4. Bentuk khusus, misalnya adanya stolon, rhizoid, sel kaki, apofisa, klamidospora, sklerosia, dan lain-lain.

Khamir

Khamir atau disebut yeast, merupakan jamur bersel satu yang mikroskopik, tidak berflagela. Beberapa genera membentuk filamen (pseudomiselium). Cara hidupnya sebagai saprofit dan parasit. Hidup di dalam tanah atau debu di udara, tanah, daun-daun, nektar bunga, permukaan buah-buahan, di tubuh serangga, dan cairan yang mengandung gula seperti sirup, madu dan lain-lain.

Khamir berbentuk bulat (sferoid), elips, batang atau silindris, seperti buah jeruk, sosis, dan lain-lain. Bentuknya yang tetap dapat digunakan untuk identifikasi. Khamir dapat dimasukkan ke dalam klas Ascomycetes, Basidiomycetes dan Deuteromycetes.



Sel
khamir

1. Perkembang biakan sel khamir

Perkembang biakan sel khamir dapat terjadi secara vegetatif maupun secara generatif (seksual). Secara vegetatif (aseksual), (a) dengan cara bertunas (*Candida* sp., dan khamir pada umumnya), (b) pembelahan sel (*Schizosaccharomyces* sp.), dan (c) membentuk spora aseksual (klas *Ascomycetes*). Secara generatif dengan carakonyugasi (reproduksi seksual). Konyugasi khamir ada 3 macam, yaitu (a) konyugasi isogami (*Schizosaccharomyces octosporus*), (b) konyugasi heterogami (*Zygosaccharomyces priorianus*), dan konyugasi askospora pada *Zygosaccharomyces* sp. dan *Schizosaccharomyces* sp. (sel vegetatif haploid), serta pada *Saccharomyces* sp., dan *Saccharomycodes* sp. (sel vegetatif diploid).

2. Identifikasi khamir

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mengidentifikasi khamir adalah :

1. Ada tidaknya askospora, kalau ada bagaimana pembentukannya (konyugasi isogami, heterogami, atau konyugasi askospora), bentuk, warna, ukuran, dan jumlah spora.
2. Bentuk, warna, dan ukuran sel vegetatifnya.
3. Cara reproduksi aseksual (bertunas, membelah, dsb)
4. Ada tidaknya filamen atau pseudomiselium.
5. Pertumbuhan dalam medium dan warna koloninya.
6. Sifat-sifat fisiologi, misalnya sumber karbon (C) dan nitrogen (N), kebutuhan vitamin, bersifat oksidatif atau fermentatif, atau keduanya, lipolitik, uji pembentukan asam, penggunaan pati, dan lain-lain.

ALGAE DAN PROTOZOA

ALGAE

Di dunia mikrobia, algae termasuk eukariotik, umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah (fikoeritrin). Morfologi algae ada yang berbentuk uniseluler, ada pula yang multiseluler tetapi belum ada pembagian tugas pada sel-sel komponennya. Algae dibedakan dari tumbuhan hanya karena hal tersebut.

1. Habitat algae

Habitat algae dapat berada di permukaan atau dalam perairan (aquatik) maupun daratan (terrestrial) yang terkena sinar matahari, tetapi kebanyakan di perairan.

Algae terrestrial dapat hidup di permukaan tanah, batang kayu, dan lain-lain. Algae darat dapat bersimbiose dengan jamur dan membentuk lumut kerak (Lichenes). Pada lichenes algae bertindak sebagai fikobion, sedangkan jamur sebagai mikobion. Algae yang dapat membentuk Lichenes adalah anggota dari Chlorophyta, Xanthophyta, dan algae hijau biru (Cyanobacteria) yang termasuk bakteri. Fikobion memanfaatkan sinar matahari untuk fotosintesa, sehingga dihasilkan bahan organik yang dapat dimanfaatkan oleh mikobion. Mikobion memberikan perlindungan dan berfungsi untuk menyerap mineral bagi fikobion. Pada beberapa kasus mikobion dapat menghasilkan faktor tumbuh yang dapat dimanfaatkan oleh fikobion. Lichenes sangat lambat pertumbuhannya, tetapi dapat hidup pada tempat ekstrem yang tidak bisa digunakan untuk tempat tumbuh jasad hidup lain. Sebagai contoh Lichenes dapat tumbuh pada batuan dengan keadaan yang sangat kering, panas dan miskin unsur hara atau bahan organik. Lichenes menghasilkan asam-asam organik yang dapat melarutkan mineral batuan.

Algae laut mempunyai peranan yang sangat penting di dalam siklus unsur-unsur di bumi, mengingat jumlah massanya yang sangat banyak yang kemungkinan lebih besar dari jumlah tumbuhan di daratan. Beberapa algae laut bersel satu bersimbiosa dengan hewan invertebrata tertentu yang hidup di laut, misalnya spon, koral, cacing laut. Kandungan beberapa pigmen fotosintetik pada algae memberikan warna yang spesifik. Beberapa divisi algae dinamakan berdasarkan warna tersebut, misalnya algae hijau, algae merah dan algae coklat.

2. Morfologi algae

Algae uniseluler (mikroskopik) dapat betul-betul berupa sel tunggal, atau tumbuh dalam bentuk rantai atau filamen. Ada beberapa jenis algae yang sel-selnya membentuk koloni, misalnya pada *Volvox*, koloni terbentuk dari 500-60.000 sel. Koloni-koloni inilah yang dapat dilihat dengan mata biasa.

Algae multiseluler (makroskopik) mempunyai ukuran besar, sehingga dapat dilihat dengan mata biasa. Pada algae makroskopik biasanya mempunyai berbagai macam struktur khusus. Beberapa jenis algae mempunyai struktur yang disebut hold fast, yang mirip dengan sistem perakaran pada tanaman, yang berfungsi untuk menempelnya algae pada batuan atau substrat tertentu, tetapi tidak dapat digunakan untuk menyerap air atau nutrisi. Algae tidak memerlukan sistem transport nutrisi dan air, karena nutrisi dan air dapat dipenuhi dari seluruh sel algae. Struktur khusus yang lain adalah bladder atau pengapung, yang berguna untuk menempatkan algae pada posisi tepat untuk mendapatkan cahaya maksimum. Tangkai atau batang pada algae disebut stipe, yang berguna untuk mendukung blade, yaitu bagian utama algae yang berfungsi mengabsorpsi nutrisi dan cahaya.

3. Perkembangbiakan algae

Perkembangbiakan secara aseksual terjadi melalui proses yang disebut mitosis. Kebanyakan algae bersel tunggal berkembang biak dengan membelah diri, seperti pada bakteri (prokariot). Perbedaannya, pada pembelahan sel prokariot terjadi replikasi DNA, dan masing-masing sel hasil pembelahan mempunyai setengah DNA awal dan setengah DNA hasil replikasi. Sedangkan pada algae eukariot, terjadi penggandaan kromosom dengan proses yang lebih kompleks yang disebut mitosis. Masing-masing sel hasil pembelahan mempunyai kromosom turunannya.

Algae lain, khususnya yang berbentuk multiseluler, berkembang biak dengan berbagai cara. Beberapa jenis algae dapat mengadakan fragmentasi, yaitu pemotongan bagian filamen yang kemudian dapat tumbuh menjadi individu baru. Algae yang lain berkembang biak dengan menghasilkan spora. Spora algae mempunyai struktur yang berbeda dengan endospora pada bakteri. Spora ada yang dapat bergerak aktif, yang disebut zoospora, dan ada yang tidak dapat

bergerak aktif (nonmotil) disebut autospora.

Perkembangbiakan secara aseksual pada algae seperti pada jasad eukariotik lain, yaitu dengan terbentuknya dua jenis sel khusus yang disebut gamet yang bersifat haploid. Dua sel gamet tersebut melebur dan menghasilkan zygot yang bersifat diploid. Zygot mempunyai dua turunan masing-masing kromosom (2^n). Gamet hanya mempunyai satu turunan kromosom (1^n). Proses reduksi jumlah kromosom ini disebut meiosis.

Meiosis terjadi dalam masa-masa yang berbeda pada berbagai siklus hidup algae. Beberapa jenis algae selama siklus hidupnya terutama berada pada fase diploid, tetapi algae lain mempunyai fase zygot sampai meiosis yang sangat singkat, sehingga dalam siklus hidupnya terutama berada pada fase haploid. Pada algae yang berukuran besar (makroskopik) ada yang mempunyai 2 macam struktur reproduktif yang berbeda, yaitu gametofit (haploid) dan sporofit (diploid). Sebagai contoh adalah pada *Ulva* yang termasuk algae hijau.

4. Fisiologi algae

Pada umumnya algae bersifat fotosintetik, menggunakan H_2O sebagai donor elektron, pada keadaan tertentu beberapa algae dapat menggunakan H_2 untuk proses fotosintesa tanpa menghasilkan O_2 . Sifat fotosintetik pada algae dapat bersifat mutlak (obligat fototrof), jadi algae ini tumbuh di tempat-tempat yang terkena cahaya matahari. Beberapa algae bersifat kemoorganotrof, sehingga dapat mengkatabolisme gula-gula sederhana atau asam organik pada keadaan gelap. Senyawa organik yang banyak digunakan algae adalah asetat, yang dapat digunakan sebagai sumber C dan sumber energi. Algae tertentu dapat mengasimilasi senyawa organik sederhana dengan menggunakan sumber energi cahaya (fotoheterotrof). Pada algae tertentu dapat tidak terjadi proses fotosintesa sama sekali, dalam hal ini pemenuhan kebutuhan nutrisi didapatkan secara heterotrof.

Pada umumnya algae yang dapat melakukan fotosintesa normal, dapat tumbuh baik dengan cepat dalam keadaan gelap, dengan menghabiskan berbagai senyawa organik hasil fotosintesa. Pada keadaan gelap, proses fotosintesa berubah menjadi proses respirasi. Pada algae heterotrof, pemenuhan kebutuhan energi berasal dari bahan organik yang ada di sekitarnya. Algae yang tidak berdinding sel dapat memakan bakteri secara fagotrofik.

Algae leukofitik adalah algae yang kehilangan kloroplas. Hilangnya kloroplas tersebut bersifat tetap, atau tidak dapat kembali seperti semula. Hal ini banyak terjadi pada algae bersel tunggal seperti diatomae, flagelata, dan algae hijau nonmotil. Algae leukofitik dapat dibuat, misalnya *Euglena* yang diperlakukan dengan streptomisin atau sinar ultra violet.

5. Pengelompokan algae

Berdasarkan tipe pigmen fotosintetik yang dihasilkan, bahan cadangan makanan di dalam sel, dan sifat morfologi sel, maka algae dikelompokkan menjadi 7 divisio utama, yaitu Chlorophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta, Rhodophyta, Phaeophyta, dan Cryptophyta.

a. Divisio Chlorophyta

Ciri-ciri algae ini adalah berwarna hijau, mempunyai pigmen fotosintetik yang terdiri dari klorofil a dan b seperti pada tumbuhan, karoten, dan beberapa xantofil. Cadangan makanan berupa pati, dinding sel terdiri dari selulosa, xylan, manan, beberapa tidak berdinding sel, dan mempunyai flagela 1 sampai 8 buah.

Algae hijau ini banyak terdapat di ekosistem perairan, dan diduga merupakan asal dari tumbuhan. Organisasi selnya dapat berbentuk uniseluler, multiseluler yang berbentuk koloni, dan multiseluler yang berbentuk filamen. Contoh algae hijau uniseluler yaitu order Volvocales, genera *Chlamydomonas* dan *Volvox*, yang bersifat motil karena berflagela, sedangkan algae yang berbentuk filamen adalah genera *Ulothrix*, *Spirogyra* dan *Ulva*. Bentuk *Spirogyra* sangat khusus karena kloroplasnya yang berbentuk spiral. Anggota algae ini yang sering ditanam sebagai rumput laut yaitu *Scenedesmus*, dan yang sering digunakan sebagai makanan kesehatan adalah *Chlorella*.

Pada siklus hidup *Chlamydomonas*, algae ini mengadakan reproduksi secara seksual dengan peleburan sel yang menghasilkan zygot. Setelah periode dorman akan terjadi meiosis sehingga terbentuk 4 sel yang kemudian memperbanyak diri dengan pembelahan mitosis. Pada perkembangbiakan secara asexual, sel akan kehilangan flagela dan kemudian terjadi pembelahan secara mitosis menjadi 4, 8 atau 16 sel. Masing-masing sel keluar dari dinding sel dan kemudian tumbuh flagela.

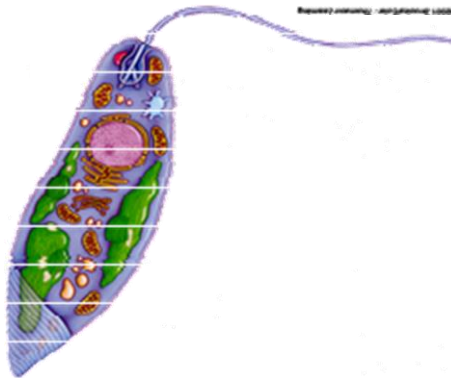


Perkembangbiakan algae yang berbentuk filamen terutama secara aseksual, yaitu dengan cara fragmentasi. Pada *Spirogyra* dapat berkembang secara seksual dengan membentuk tabung konjugasi, setelah isi sel melebur akan terbentuk zygot dan berkembang menjadi zygospora, dan pembelahan meiosis terjadi setelah zygospora berkecambah.

b. Divisio Euglenophyta

Algae ini berbentuk euglenoid, mempunyai pigmen fotosintetik yang terdiri klorofil a dan b sehingga tampak berwarna hijau dan mempunyai karoten serta xantofil. Perbedaan dengan algae hijau adalah cadangan makanannya yang berupa paramilon, yaitu polimer glukosa dengan ikatan B1,3. Semua anggota algae ini uniseluler, mempunyai 1-3 flagela dengan letak apical atau subapical, dan mempunyai membran plasma dengan struktur fleksibel yang disebut pelikel. Euglenophyta kebanyakan hidup di perairan atau tanah. Perkembangbiakannya dengan membelah diri, dan tidak dapat berkembangbiak secara seksual.

Algae *Euglena gracilis* mempunyai 2 flagela yang tidak sama panjang, dan bintik mata yang berwarna merah karena berisi karotenoid. Bintik mata berfungsi sebagai penerima cahaya untuk mengatur gerak aktif, sebagai respon sel terhadap arah dan intensitas cahaya. Algae ini tidak berdinding sel sehingga lentur.



Euglen
a

c. Divisio Pyrrophyta

Anggota algae ini juga sering disebut dinoflagelata, mempunyai pigmen fotosintetik berupa klorofil a dan c, karoten dan beberapa jenis mengandung xantofil. Cadangan makanan terdiri atas pati atau minyak, dinding sel tersusun dari selulosa dan ada yang sangat keras disebut teka, tetapi ada yang tidak berdinding sel. Algae ini umumnya mempunyai alat gerak yang berupa 2 flagela.

Pyrrophyta umumnya berwarna merah atau coklat, karena adanya pigmen xantofil dan selnya berbentuk uniseluler. Algae ini terutama hidup di laut, beberapa anggotanya dapat mengeluarkan cahaya bioluminesen, maka sering disebut fire algae. Contoh algae ini *Gonyaulax polyedra*, yang menghasilkan toksin berwarna merah atau merah coklat yang dapat mematikan hewan-hewan laut.

© 2000 Brooks/Cole - Thomson Learning



Dinoflagela
ta

Dinoflagelata tertentu dapat tumbuh dengan memakan bakteri dan spesies algae lain. Beberapa spesies algae ini tidak mempunyai klorofil,

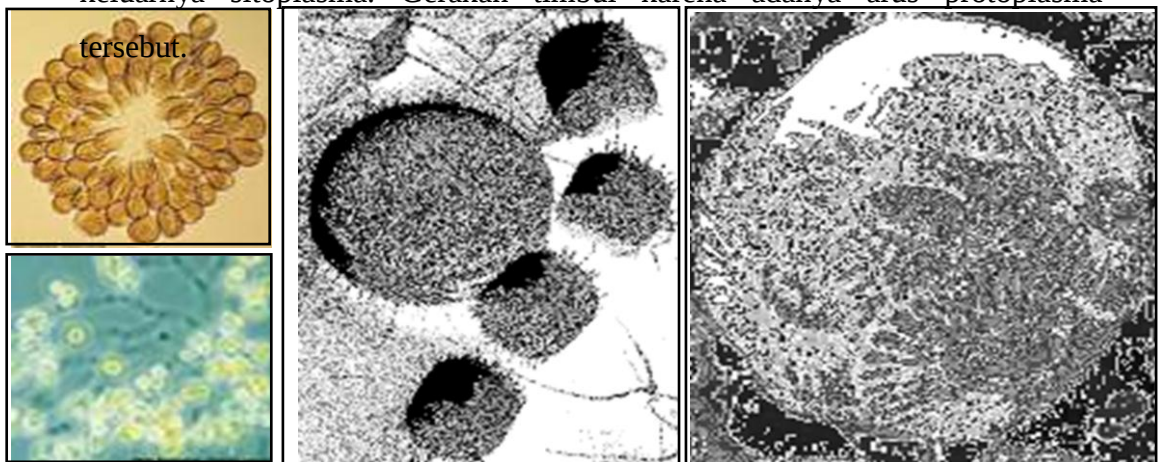
dan bersifat heterotrof. Anggota algae ini ada yang bersifat mikсотrofik, selain mampu mengadakan metabolisme sebagai heterotrof juga bersifat sebagai fotoautotrof.

d. Divisio Chrysophyta

Algae ini mempunyai pigmen yang berbeda-beda sehingga ada yang disebut algae kuning hijau (Xanthophyceae), dan algae keemasan (Chrysophyceae). Diatomae yang termasuk Bacillariophyceae juga termasuk anggota algae ini.

Pigmen fotosintetik terdiri atas klorofil a dan c, karoten, fukoxantin, dan beberapa xantofil. Bahan cadangan makanan algae ini berupa krisolaminarin, yaitu polimer glukosa dengan ikatan B. Dinding selnya tersusun dari selulosa, silika, dan kalsium karbonat. Pada beberapa jenis algae ini mempunyai 1 atau 2 flagela.

Dinding sel diatomae yang keras disebut frustule. Ada 2 macam bentuk frustule, yaitu centric dan pennate. Diatomae dengan bentuk pennate yang tidak berflagela, ada yang dapat bergerak diatas substrat padat karena adanya raphe. Raphe adalah celah memanjang dan sempit pada dinding sel sebagai tempat keluarnya sitoplasma. Gerakan timbul karena adanya arus protoplasma



Diatoma
e

Dinding sel diatomae merupakan dua bagian yang saling menutupi. Dinding sel yang keras ini menjadi masalah saat mengadakan perkembangbiakan secara asexual, yaitu dengan cara membelah diri secara

longitudinal. Sel baru hasil pembelahan terdiri setengah bagian sel sebelum pembelahan yang ditutup dengan setengah bagian sel yang baru terbentuk. Akibatnya setelah beberapa kali membelah, maka sel hasil pembelahan semakin mengecil ukurannya, kurang lebih 30 % lebih kecil dibandingkan dengan sel hasil perkembangbiakan secara seksual.

e. Divisio Phaeophyta

Phaeophyta disebut juga algae coklat, warna ini disebabkan xantofil yang dihasilkan melebihi karoten dan klorofil. Algae ini mempunyai pigmen fotosintetik yang terdiri atas klorofil a dan c, karoten, fukoxantin dan xantofil. Cadangan makanan di dalam selnya berupa laminarin dan manitol, dengan dinding sel tersusun dari selulosa, asam alginat, dan mukopolisakarida sulfat. Algae ini berflagela dua yang tidak sama, dengan letak lateral.

Anggota kelompok ini terdiri lebih dari 200 genera dan 1500 spesies, terutama hidup di permukaan laut yang dingin. Organisasi selnya multiseluler, dan dapat membentuk morfologi yang sangat besar dan kompleks seperti tumbuhan. Terdapat struktur seperti akar (hold fast), seperti daun (blade), seperti batang (stipe), dan pengapung (bladder), tetapi tidak ada sistem transport nutrisi dan cadangan makanan. Di tengah stipe terdapat sel-sel memanjang seperti jaringan vaskuler pada tumbuhan. Sel-sel tersebut berfungsi untuk membantu memindahkan karbohidrat hasil fotosintesa, dari blade ke tempat sel-sel yang kurang aktif fotosintesisnya seperti stipe dan hold fast.



Anggota algae ini yang banyak hidup di laut adalah genera *Sargassum*, *Macrocystis*, *Nereocystis*, dan *Laminaria*. Algae coklat ini dapat tumbuh dengan sangat cepat, misalnya *Nereocystis* dapat mencapai panjang 40 meter

dalam satu musim. Kebanyakan cara perkembangbiakan algae coklat sama dengan algae hijau Ulva. Genera Fucus umumnya tumbuh di batu-batuan, dan dapat melapukkan batuan tersebut.

Jenis tertentu algae ini dapat digunakan untuk biosorpsi, atau penyerapan logam berat oleh biomassa. Hal ini disebabkan karena kandungan polisakarida pada dinding selnya dapat bersifat sebagai resin penukar ion (ion exchange). Algae ini juga dapat digunakan sebagai indikator adanya pencemaran logam berat seperti Cadmium, Cu, dan Pb, misalnya algae Fucus vesiculosus. Beberapa jenis algae coklat seperti Macrocystis, banyak mengandung bahan algin pada dinding selnya. Bahan algin ini mempunyai nilai ekonomis untuk bahan pembuat stabiliser dan emulsifier pada cat, tekstil, kertas, bahan makanan, dan bahan lain.

f. Divisio Rhodophyta

Sering disebut sebagai algae merah, karena pigmen fotosintetik didominasi oleh fikoeritrin. Pigmen lain terdiri atas klorofil a, dan pada beberapa jenis mempunyai klorofil d, fikosianin, karoten, dan beberapa xantofil. Bahan cadangan makanan di dalam selnya berupa pati floridean, yaitu polisakarida yang mirip amilopektin. Algae ini mempunyai dinding sel berupa selulosa, xylan, dan galaktan. Alat gerak yang berupa flagela tidak ada.

Umumnya algae merah hidup di lautan, terutama di daerah tropis, beberapa spesies hidup di daerah dingin. Adanya klorofil a, fikoeritrin dan fikosianin atau fikobilin merah, menyebabkan algae ini dapat mengabsorpsi dengan baik sinar hijau, violet dan biru yang dapat menembus air dalam. Jadi algae merahpun dapat tumbuh sampai kedalaman lebih dari 175 meter di perairan. Algae merah kebanyakan tumbuh menempel pada batuan dan substrat lain atau lagae lain, tetapi ada juga yang hidup mengapung dengan bebas. Anggota dari algae ini yang sering ditanam sebagai rumput laut adalah Navicula.

Dinding selnya terdiri dua lapis, lapisan bagian dalam kasar (rigid) dan menyerupai mikrofibril, sedangkan bagian luar berbentuk lapisan mucilaginous. Pada dinding selnya terdapat berbagai macam bahan selain selulosa, yaitu polisakarida sulfat, agar dan karagenin. Pada algae pembentuk koral, dapat mengumpulkan CaCO_3 di dalam dinding selnya, oleh karenanya jenis algae ini berperan penting dalam proses pembentukan

karang.



g. Divisio Cryptophyta

Algae ini mempunyai pigmen fotosintetik klorofil a dan c, karoten, fikobilin dan xantofil yang terdiri dari aloxantin, krocoxantin, dan monadoxantin. Cadangan makanan terdiri pati, dinding selnya tidak mengandung selulosa, dan berflagela dua yang tidak sama dengan letak subapikal. Algae ini hidup di laut, dan anggotanya sangat sedikit apabila dibandingkan dengan algae lain. Cryptophyta berkembang biak secara aseksual, yaitu dengan pembelahan sel secara longitudinal.

PROTOZOA

Seperti algae, protozoa merupakan kelompok lain yang termasuk protista eukariotik. Walaupun kadang-kadang antara algae dan protozoa kurang jelas perbedaannya. Beberapa organisme mempunyai sifat antara algae dan protozoa. Sebagai contoh algae hijau Euglenophyta, selnya berflagela dan merupakan sel tunggal yang berklorofil, tetapi dapat mengalami kehilangan klorofil dan kemampuan untuk berfotosintesa. Semua spesies Euglenophyta yang mampu hidup pada nutrisi kompleks tanpa adanya cahaya, beberapa ilmuwan memasukkannya ke dalam filum protozoa. Misalnya strain mutan algae genus *Chlamydomonas* yang tidak berklorofil, dapat dikelaskan sebagai protozoa genus *Polytoma*. Hal ini sebagai contoh bagaimana sulitnya membedakan dengan tegas antara algae dan protozoa.

Protozoa dibedakan dari prokariot karena ukurannya yang lebih besar, dan selnya eukariotik. Protozoa dibedakan dari algae karena tidak berklorofil,

dibedakan dari jamur karena dapat bergerak aktif dan tidak ber dinding sel, serta dibedakan dari jamur lendir karena tidak dapat membentuk badan buah.

1. Habitat Protozoa

Protozoa umumnya hidup bebas dan terdapat di lautan, lingkungan air tawar, atau daratan. Beberapa spesies bersifat parasitik, hidup pada organisme inang. Inang protozoa yang bersifat parasit dapat berupa organisme sederhana seperti algae, sampai vertebrata yang kompleks, termasuk manusia. Beberapa spesies dapat tumbuh di dalam tanah atau pada permukaan tumbuh - tumbuhan. Semua protozoa memerlukan kelembaban yang tinggi pada habitat apapun.

Beberapa jenis protozoa laut merupakan bagian dari zooplankton. Protozoa laut yang lain hidup di dasar laut. Spesies yang hidup di air tawar dapat berada di danau, sungai, kolam, atau genangan air. Ada pula protozoa yang tidak bersifat parasit yang hidup di dalam usus termit atau di dalam rumen hewan ruminansia.

2. Morfologi Protozoa

Protozoa tidak mempunyai dinding sel, dan tidak mengandung selulosa atau khitin seperti pada jamur dan algae. Kebanyakan protozoa mempunyai bentuk spesifik, yang ditandai dengan fleksibilitas ektoplasma yang ada dalam membran sel. Beberapa jenis protozoa seperti Foraminifera mempunyai kerangka luar sangat keras yang tersusun dari Si dan Ca. Beberapa protozoa seperti Diffugia, dapat mengikat partikel mineral untuk membentuk kerangka luar yang keras. Radiolarian dan Heliozoan dapat menghasilkan skeleton. Kerangka luar yang keras ini sering ditemukan dalam bentuk fosil. Kerangka luar Foraminifera tersusun dari CaO_2 sehingga koloninya dalam waktu jutaan tahun dapat membentuk batuan kapur.

Semua protozoa mempunyai vakuola kontraktil. Vakuola dapat berperan sebagai pompa untuk mengeluarkan kelebihan air dari sel, atau untuk mengatur tekanan osmosa. Jumlah dan letak vakuola kontraktil berbeda pada setiap spesies.

Protozoa dapat berada dalam bentuk vegetatif (trophozoite), atau bentuk istirahat yang disebut kista. Protozoa pada keadaan yang tidak menguntungkan dapat membentuk kista untuk mempertahankan hidupnya. Saat kista berada pada keadaan yang menguntungkan, maka akan berkecambah menjadi sel vegetatifnya. Protozoa merupakan sel tunggal, yang dapat bergerak secara khas menggunakan pseudopodia (kaki palsu), flagela atau silia, namun ada yang tidak

dapat bergerak aktif. Berdasarkan alat gerak yang dipunyai dan mekanisme gerakan inilah protozoa dikelompokkan ke dalam 4 kelas. Protozoa yang bergerak secara amoeboid dikelompokkan ke dalam Sarcodina, yang bergerak dengan flagela dimasukkan ke dalam Mastigophora, yang bergerak dengan silia dikelompokkan ke dalam Ciliophora, dan yang tidak dapat bergerak seret merupakan parasit hewan maupun manusia dikelompokkan ke dalam Sporozoa.

Mulai tahun 1980, oleh Committee on Systematics and Evolution of the Society of Protozoologist, mengklasifikasikan protozoa menjadi 7 kelas baru, yaitu Sarcomastigophora, Ciliophora, Acetospora, Apicomplexa, Microspora, Myxospora, dan Labyrinthomorpha. Pada klasifikasi yang baru ini, Sarcodina dan Mastigophora digabung menjadi satu kelompok Sarcomastigophora, dan Sporozoa karena anggotanya sangat beragam, maka dipecah menjadi lima kelas.

Contoh protozoa yang termasuk Sarcomastigophora adalah genera *Monosiga*, *Bodo*, *Leishmania*, *Trypanosoma*, *Giardia*, *Opalina*, *Amoeba*, *Entamoeba*, dan *Diffugia*. Anggota kelompok Ciliophora antara lain genera *Didinium*, *Tetrahymena*, *Paramecium*, dan *Stentor*. Contoh protozoa kelompok Acetospora adalah genera *Paramyxa*. Apicomplexa beranggotakan genera *Eimeria*, *Toxoplasma*, *Babesia*, *Theileria*. Genera *Metcchnikovella* termasuk kelompok Microspora. Genera *Myxidium* dan *Kudoa* adalah contoh anggota kelompok Myxospora.

3. Fisiologi Protozoa

Protozoa umumnya bersifat aerobik nonfotosintetik, tetapi beberapa protozoa dapat hidup pada lingkungan anaerobik (misal pada saluran pencernaan manusia atau ruminansia). Protozoa aerobik mempunyai mitokondria yang mengandung enzim untuk metabolisme aerobik, dan untuk menghasilkan ATP melalui proses transfer elektron dan atom hidrogen ke oksigen.

Protozoa umumnya mendapatkan makanan dengan memangsa organisme lain (bakteri) atau partikel organik, baik secara fagositosis maupun pinositosis. Protozoa yang hidup di lingkungan air, maka oksidogen dan air maupun molekul-molekul kecil dapat berdifusi melalui membran sel. Senyawa makromolekul yang tidak dapat berdifusi melalui membran, dapat masuk sel secara pinositosis. Tetesan cairan masuk melalui saluran pada membran sel, saat saluran penuh kemudian masuk ke dalam membran yang berikatan dengan vakuola. Vakuola kecil terbentuk, kemudian dibawa ke bagian dalam sel, selanjutnya

molekul dalam vakuola dipindahkan ke sitoplasma.

Partikel makanan yang lebih besar dimakan secara fagositosis oleh sel yang bersifat amoeboid dan anggota lain dari kelompok Sarcodina. Partikel dikelilingi oleh bagian membran sel yang fleksibel untuk ditangkap kemudian dimasukkan ke dalam sel oleh vakuola besar (vakuola makanan). Ukuran vakuola mengecil kemudian mengalami pengasaman. Lisosom memberikan enzim ke dalam vakuola makanan tersebut untuk mencernakan makanan, kemudian vakuola membesar kembali. Hasil pencernaan makanan didispersikan ke dalam sitoplasma secara pinositosis, dan sisa yang tidak tercerna dikeluarkan dari sel. Cara inilah yang digunakan protozoa untuk memangsa bakteri.

Pada kelompok Ciliata, ada organ mirip mulut di permukaan sel yang disebut sitosom. Sitosom dapat digunakan menangkap makanan dengan dibantu silia. Setelah makanan masuk ke dalam vakuola makanan kemudian dicernakan, sisanya dikeluarkan dari sel melalui sitopig yang terletak disamping sitosom.

4. Perkembangbiakan Protozoa

Protozoa dapat berkembang biak secara seksual dan aseksual. Secara aseksual protozoa dapat mengadakan pembelahan diri menjadi 2 anak sel (biner), tetapi pada Flagelata pembelahan terjadi secara longitudinal dan pada Ciliata secara transversal. Beberapa jenis protozoa membelah diri menjadi banyak sel (schizogony). Pada pembelahan schizogony, inti membelah beberapa kali kemudian diikuti pembelahan sel menjadi banyak sel anakan. Perkembangbiakan secara seksual dapat melalui cara konjugasi, autogami, dan sitogami.

Protozoa yang mempunyai habitat atau inang lebih dari satu dapat mempunyai beberapa cara perkembangbiakan. Sebagai contoh spesies Plasmodium dapat melakukan schizogony secara aseksual di dalam sel inang manusia, tetapi dalam sel inang nyamuk dapat terjadi perkembangbiakan secara seksual. Protozoa umumnya berada dalam bentuk diploid.

Protozoa umumnya mempunyai kemampuan untuk memperbaiki selnya yang rusak atau terpotong. Beberapa Ciliata dapat memperbaiki selnya yang tinggal 10 % dari volume sel asli asalkan inti selnya tetap ada.

ENZIM MIKROBA

Enzim adalah katalisator organik (biokatalisator) yang dihasilkan oleh sel. Enzim berfungsi seperti katalisator anorganik, yaitu untuk mempercepat reaksi kimia. Setelah reaksi berlangsung, enzim tidak mengalami perubahan jumlah, sehingga jumlah enzim sebelum dan setelah reaksi adalah tetap. Enzim mempunyai selektivitas dan spesifitas yang tinggi terhadap reaktan yang direaksikan dan jenis reaksi yang dikatalisasi.

MEKANISME BEKERJANYA ENZIM

Enzim meningkatkan kecepatan reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah energi yang diperlukan untuk mengaktifkan suatu reaktan sehingga dapat bereaksi untuk membentuk senyawa lain. Energi potensial hasil reaksi menjadi lebih rendah dari pada pereaksi, sehingga kesetimbangan reaksi menuju ke hasil reaksi. Adanya enzim menyebabkan energi aktivasi menjadi lebih rendah, tetapi enzim tidak mempengaruhi letak kesetimbangan reaksi.

Saat berlangsungnya reaksi enzimatik terjadi ikatan sementara antara enzim dengan substratnya (reaktan). Ikatan sementara ini bersifat labil dan hanya untuk waktu yang singkat saja. Selanjutnya ikatan enzim-substrat akan pecah menjadi enzim dan hasil akhir. Enzim yang terlepas kembali setelah reaksi dapat berfungsi lagi sebagai biokatalisator untuk reaksi yang sama.



Keterangan: E : Enzim, S: Substrat (reaktan), ES: ikatan sementara, P: Hasil reaksi

Sistem enzim-substrat untuk tiap-tiap reaksi enzimatik bersifat khusus. Kestabilan ikatan enzim-substrat ditentukan oleh konstanta Michaelis (K_m).

STRUKTUR ENZIM

Pada umumnya enzim tersusun dari protein. Protein penyusun enzim dapat berupa protein sederhana atau protein yang terikat pada gugusan non-protein. Banyak enzim yang hanya terdiri protein saja, misal tripsin.

Dialisis enzim dapat memisahkan bagian-bagian protein, yaitu bagian

protein yang disebut apoenzim dan bagian nonprotein yang berupa koenzim, gugus prostetis dan kofaktor ion logam. Masing-masing bagian tersebut apabila terpisah menjadi tidak aktif. Apoenzim apabila bergabung dengan bagian nonprotein disebut holoenzim yang bersifat aktif sebagai biokatalisator.

Koenzim dan gugus prostetik berfungsi sama. Koenzim adalah bagian yang terikat secara lemah pada apoenzim (protein). Gugus prostetik adalah bagian yang terikat dengan kuat pada apoenzim. Koenzim berfungsi menentukan jenis reaksi kimia yang dikatalisis enzim. Ion logam merupakan komponen yang sangat penting, diperlukan untuk memantapkan struktur protein dengan adanya interaksi antar muatan.

PENGGOLONGAN ENZIM

Enzim dapat digolongkan berdasarkan tempat bekerjanya, substrat yang dikatalisis, daya katalisisnya, dan cara terbentuknya. Umumnya pemberian nama enzim didasarkan atas nama substrat yang dikatalisis atau daya katalisisnya dengan penambahan kata -ase. Misal proteinase adalah enzim yang dapat mengkatalisis pemecahan protein.

1. Penggolongan enzim berdasarkan tempat bekerjanya

a. Endoenzim

Endoenzim disebut juga enzim intraseluler, yaitu enzim yang bekerjanya di dalam sel. Umumnya merupakan enzim yang digunakan untuk proses sintesis di dalam sel dan untuk pembentukan energi (ATP) yang berguna untuk proses kehidupan sel, misal dalam proses respirasi.

b. Eksoenzim

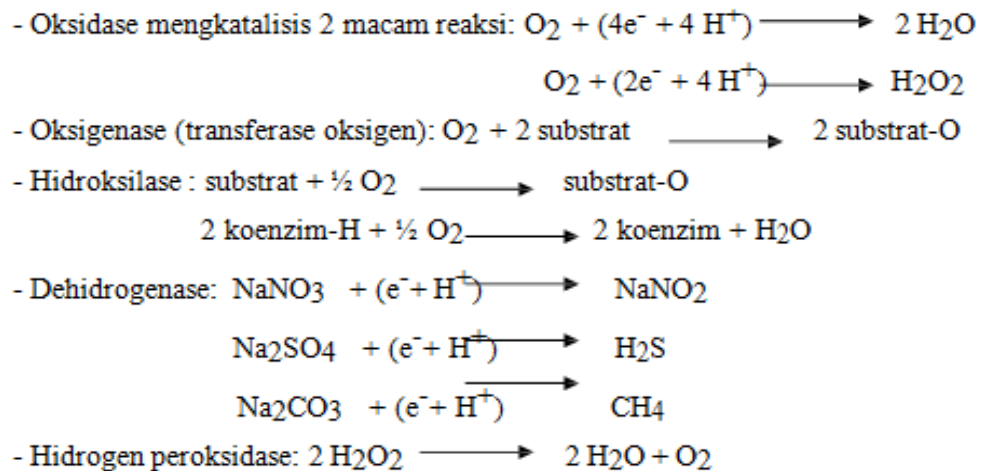
Eksoenzim disebut juga enzim ekstraseluler, yaitu enzim yang bekerjanya di luar sel. Umumnya berfungsi untuk “mencernakan” substrat secara hidrolisis, untuk dijadikan molekul yang lebih sederhana dengan BM lebih rendah sehingga dapat masuk melewati membran sel. Energi yang dibebaskan pada reaksi pemecahan substrat di luar sel tidak digunakan dalam proses kehidupan sel.

2. Penggolongan enzim berdasarkan daya katalisis

a. Oksidoreduktase

Enzim ini mengkatalisis reaksi oksidasi-reduksi, yang merupakan

pemindahan elektron, hidrogen atau oksigen. Sebagai contoh adalah enzim elektron transfer oksidase dan hidrogen peroksidase (katalase). Ada beberapa macam enzim elektron transfer oksidase, yaitu enzim oksidase, oksigenase, hidroksilase dan dehidrogenase. Enzim- enzim tersebut mengkatalisis reaksi-reaksi sebagai berikut :



b. Transferase

Transferase mengkatalisis pemindahan gugusan molekul dari suatu molekul ke molekul yang lain. Sebagai contoh adalah beberapa enzim sebagai berikut :

- Transaminase adalah transferase yang memindahkan gugusan amina.
- Transfosforilase adalah transferase yang memindahkan gugusan fosfat.
- Transasilase adalah transferase yang memindahkan gugusan asil.

c. Hidrolase

Enzim ini mengkatalisis reaksi-reaksi hidrolisis, dengan contoh enzim adalah :

- Karboksilesterase adalah hidrolase yang menghidrolisis gugusan ester karboksil.
- Lipase adalah hidrolase yang menghidrolisis lemak (ester lipida).
- Peptidase adalah hidrolase yang menghidrolisis protein dan polipeptida.

d. Liase

Enzim ini berfungsi untuk mengkatalisis pengambilan atau penambahan gugusan dari suatu molekul tanpa melalui proses hidrolisis, sebagai contoh adalah:

- L malat hidrolase (fumarase) yaitu enzim yang mengkatalisis reaksi

pengambilan air dari malat sehingga dihasilkan fumarat.

- Dekarboksilase (dekarboksilase) yaitu enzim yang mengkatalisis reaksi pengambilan gugus karboksil.

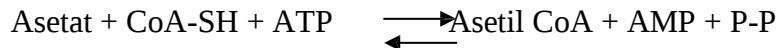
e. Isomerase

Isomerase meliputi enzim-enzim yang mengkatalisis reaksi isomerisasi, yaitu:

- Rasemase, merubah l-alanin $\rightleftharpoons$ D-alanin
- Epimerase, merubah D-ribulosa-5-fosfat $\rightleftharpoons$ D-xylulosa-5-fosfat
- Cis-trans isomerase, merubah transmetinal $\rightleftharpoons$ cisrentolal
- Intramolekul ketol isomerase, merubah D-gliseraldehid-3-fosfat $\rightleftharpoons$ dihidroksi aseton fosfat
- Intramolekul transferase atau mutase, merubah metilmalonil-CoA $\rightleftharpoons$ suksinil-CoA

f. Ligase

Enzim ini mengkatalisis reaksi penggabungan 2 molekul dengan dibebaskannya molekul pirofosfat dari nukleosida trifosfat, sebagai contoh adalah enzim asetat=CoA-SH ligase yang mengkatalisis reaksi sebagai berikut:



g. Enzim lain dengan tatanama berbeda

Ada beberapa enzim yang penamaannya tidak menurut cara di atas, misalnya enzim pepsin, tripsin, dan sebagainya serta enzim yang termasuk enzim permease. Permease adalah enzim yang berperan dalam menentukan sifat selektif permeabel dari membran sel.

3. Penggolongan enzim berdasar cara terbentuknya

a. Enzim konstitutif

Di dalam sel terdapat enzim yang merupakan bagian dari susunan sel normal, sehingga enzim tersebut selalu ada umumnya dalam jumlah tetap pada sel hidup. Walaupun demikian ada enzim yang jumlahnya dipengaruhi kadar substratnya, misalnya enzim amilase. Sedangkan enzim-enzim yang berperan dalam proses respirasi jumlahnya tidak dipengaruhi oleh kadar substratnya.

b. Enzim adaptif

Perubahan lingkungan mikroba dapat menginduksi terbentuknya enzim

tertentu. Induksi menyebabkan kecepatan sintesis suatu enzim dapat dirangsang sampai beberapa ribu kali. Enzim adaptif adalah enzim yang pembentukannya dirangsang oleh adanya substrat. Sebagai contoh adalah enzim beta galaktosidase yang dihasilkan oleh bakteri *E.coli* yang ditumbuhkan di dalam medium yang mengandung laktosa. Mula- mula *E. coli* tidak dapat menggunakan laktosa sehingga awalnya tidak nampak adanya pertumbuhan (fase lag / fase adaptasi panjang) setelah beberapa waktu baru menampakkan pertumbuhan. Selama fase lag tersebut *E. coli* membentuk enzim beta galaktosidase yang digunakan untuk merombak laktosa.

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI REAKSI ENZIMATIK

Protein adalah bagian utama enzim yang dihasilkan sel, maka semua hal yang dapat mempengaruhi protein dan sel akan berpengaruh terhadap reaksi enzimatik.

1. Substrat (reaktan)

Kecepatan reaksi enzimatik umumnya dipengaruhi kadar substrat. Penambahan kadar substrat sampai jumlah tertentu dengan jumlah enzim yang tetap, akan mempercepat reaksi enzimatik sampai mencapai maksimum. Penambahan substrat selanjutnya tidak akan menambah kecepatan reaksi.

Kecepatan reaksi enzimatik juga dipengaruhi kadar enzim, jumlah enzim yang terikat substrat (ES) dan konstanta Michaelis (K_M). K_M menggambarkan mesetimbangan disosiasi kompleks ES menjadi enzim dan substrat. Nilai K_M kecil berarti enzim mempunyai afinitas tinggi terhadap substrat maka kompleks ES sangat mantap, sehingga kesetimbangan reaksi kearah kompleks ES. Apabila nilai K_M besar berarti enzim mempunyai afinitas rendah terhadap substrat, sehingga kesetimbangan reaksi kearah $E + S$.

2. Suhu

Seperti reaksi kimia pada umumnya, maka reaksi enzimatik dipengaruhi oleh suhu. Kenaikan suhu sampai optimum akan diikuti pula oleh kenaikan kecepatan reaksi enzimatik. Kepekaan enzim terhadap suhu pada keadaan suhu melebihi optimum disebabkan terjadinya perubahan fisikokimia protein penyusun enzim. Umumnya enzim mengalami kerusakan (denaturasi) pada suhu diatas 50°C. Walaupun demikian ada beberapa enzim yang tahan terhadap suhu

tinggi, misalnya taka-diastase dan tripsin.

3. Kemasaman (pH)

pH dapat mempengaruhi aktivitas enzim. Daya katalisis enzim menjadi rendah pada pH rendah maupun tinggi, karena terjadinya denaturasi protein enzim. Enzim mempunyai gugus aktif yang bermuatan positif (+) dan negatif (-). Aktivitas enzim akan optimum kalau terdapat keseimbangan antara kedua muatannya. Pada keadaan masam muatannya cenderung positif, dan pada keadaan basis muatannya cenderung negatif sehingga aktivitas enzimnya menjadi berkurang atau bahkan menjadi tidak aktif. pH optimum untuk masing-masing enzim tidak selalu sama. Sebagai contoh amilase jamur mempunyai pH optimum 5,0, arginase mempunyai pH optimum 10.

4. Penghambat enzim (inhibitor)

Inhibitor enzim adalah zat atau senyawa yang dapat menghambat enzim dengan beberapa cara penghambatan sebagai berikut :

a. Penghambat bersaing (kompetitif)

Penghambatan disebabkan oleh senyawa tertentu yang mempunyai struktur mirip dengan substrat saat reaksi enzimatik akan terjadi. Misalnya asam malonat dapat menghambat enzim dehidrogenase suksinat pada pembentukan asam fumarat dari suksinat. Struktur asam suksinat mirip dengan asam malonat. Dalam reaksi ini asam malonat bersaing dengan asam suksinat (substrat) untuk dapat bergabung dengan bagian aktif protein enzim dehidrogenase. Penghambatan oleh inhibitor dapat dikurangi dengan menambah jumlah substrat sampai berlebihan. Daya penghambatannya dipengaruhi oleh kadar penghambat, kadar substrat dan aktivitas relatif antara penghambat dan substrat.

b. Penghambat tidak bersaing (non-kompetitif)

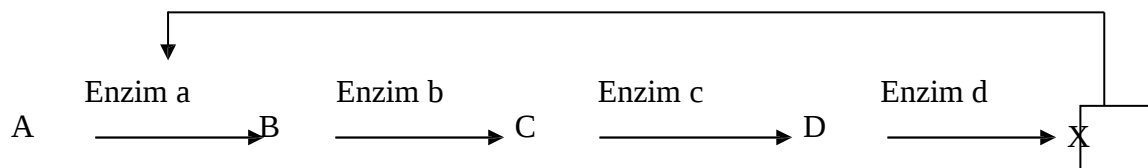
Zat-zat kimia tertentu mempunyai afinitas yang tinggi terhadap ion logam penyusun enzim. Senyawa-senyawa seperti sianida, sulfida, natrium azida, dan karbon monoksida adalah senyawa penghambat untuk enzim yang mengandung Fe, yaitu dengan terjadinya reaksi antara senyawa-senyawa tersebut dengan ion Fe yang menyebabkan enzim menjadi tidak aktif. Merkuri (Hg) dan perak (Ag) merupakan penghambat enzim yang mengandung gugusan sulfhidril (-SH).

Pada penghambatan nonkompetitif tidak terjadi persaingan antara zat

penghambat dengan substrat. Misalnya enzim sitokrom oksidase dihambat oleh CO (karbon monooksida) dengan mengikat Fe yang merupakan gugusan aktif enzim tersebut. Penghambatan nonkompetitif tidak dapat dikurangi dengan penambahan jumlah substrat, oleh karena daya penghambatannya dipengaruhi oleh kadar penghambat dan afinitas penghambat terhadap enzim.

c. Penghambat umpan balik (feed back inhibitor)

Penghambatan umpan balik disebabkan oleh hasil akhir suatu rangkaian reaksi enzimatik yang menghambat aktifitas enzim pada reaksi pertama. Hasil akhir reaksi juga mempengaruhi pembentukan enzim, yang dapat digambarkan sebagai berikut :

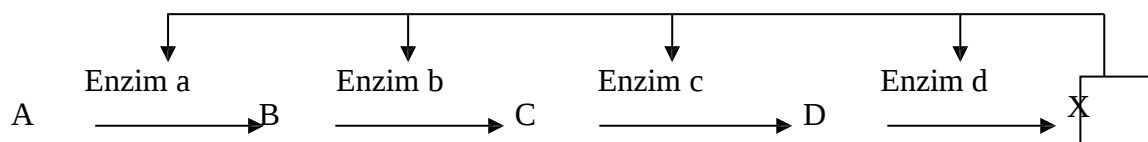


Keterangan: A,B,C,D: substrat enzim a,b,c,d.

X: hasil akhir reaksi enzimatik yang menghambat sintesis enzim a.

d. Penghambat represor

Represor adalah hasil akhir suatu rangkaian reaksi enzimatik yang dapat mempengaruhi atau mengatur pembentukan enzim-enzim pada reaksi sebelumnya. Gambaran skematik reaksinya adalah sebagai berikut:



Keterangan: A,B,C,D: substrat enzim a,b,c,d.

X: hasil akhir reaksi enzimatik yang menghambat sintesis enzim a,b,c,d.

e. Penghambat alosterik

Penghambat alosterik adalah penghambat yang dapat mempengaruhi enzim alosterik. Enzim alosterik adalah enzim yang mempunyai dua bagian aktif, yaitu bagian aktif yang menangkap substrat dan bagian yang menangkap penghambat. Apabila ada senyawa yang dapat memasuki bagian yang menangkap penghambat maka enzim menjadi tidak aktif, senyawa penghambat tersebut merupakan penghambat alosterik. Struktur senyawa penghambat alosterik tidak mirip dengan struktur substrat. Pengikatan penghambat alosterik pada enzim menyebabkan enzim tidak aktif, sehingga

substrat tidak dapat dikatalisis dan tidak menghasilkan produk. Apabila enzim menangkap substrat maka penghambat tidak dapat terikat pada enzim, sehingga enzim dapat aktif mereaksikan substrat menjadi produk.

5. Aktivator (penggiat) atau kofaktor

Aktivator atau kofaktor adalah suatu zat yang dapat mengaktifkan enzim yang semula belum aktif. Enzim yang belum aktif disebut pre-enzim atau zymogen (simogen). Kofaktor dapat berbentuk ion-ion dari unsur H, Fe, Cu, Mg, Mo, Zn, Co, atau berupa koenzim, vitamin, dan enzim lain.

6. Penginduksi (induktor)

Induktor adalah suatu substrat yang dapat merangsang pembentukan enzim. Sebagai contoh adalah laktosa dapat menginduksi pembentukan enzim beta galaktosidase.

Tugas Praktikum :

Pertemuan 5: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi imunologi I

Pertemuan 6: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi imunologi II

BIOENERGETIK MIKROBA

Bioenergetik mikroba mempelajari penghasilan dan penggunaan energi oleh mikroba. Mikroba melakukan proses metabolisme yang merupakan serangkaian reaksi kimia yang luar biasa banyaknya. Proses ini terdiri atas katabolisme yang merupakan proses perombakan bahan disertai pembebasan energi (reaksi eksergonik), dan anabolisme yaitu merupakan proses biosintesis yang memerlukan energi (reaksi endergonik).

BIOOKSIDASI DAN PEMINDAHAN ENERGI

Energi yang berasal dari cahaya harus diubah menjadi energi kimia sebelum digunakan dalam reaksi endergonik. Dalam sel, energi kimia terdapat dalam bentuk gugus organik berenergi tinggi. Gugus ini mengandung S atau P.

Adenosin trifosfat (ATP) salah satu gugus berenergi tinggi yang terpenting. Bila kedua gugus fosfatnya dihidrolisis masing-masing menghasilkan 12000 kal/fosfat, sedang fosfat yang ketiga hanya menghasilkan 1500 kal. Energi yang dibebaskan ATP tergantung pada keadaan hidrolisisnya, terutama pH dan kadar reaktan.

Meskipun ATP mengandung 2 fosfat berenergi tinggi, dalam reaksi umumnya hanya satu fosfat berenergi tinggi digunakan untuk aktivasi. Oksidasi dalam sel dikatalisis oleh enzim yang mempunyai kofaktor atau gugus prostetis penerima proton atau elektron dari substrat dan memberikannya kepada aseptor lewat perantara yang mempunyai potensial redoks (E_o') lebih tinggi dari pada donornya. Pembawa elektron yang terpenting adalah NAD, FMN, dan sitokrom.

1. Nikotinamid adenin dinukleotid (NAD)

NAD berfungsi menerima hidrogen dari substrat yang direduksi

2. Flavin adenin mononukleotida (FMN) dan flavin adenin dinukleotida (FAD)

Senyawa ini menerima hidrogen dari NADH_2 atau langsung dari substrat.

3. Sitokrom (Cyt a, b, c)

Setiap sitokrom mempunyai E_o' yang berbeda-beda, tetapi semuanya mengandung haem sebagai gugus prostetisnya dengan Fe sebagai aseptor elektron. Oksigen bereaksi dengan elektron menjadi ion O^- dan dengan ion H^+ membentuk H_2O .

Hubungan antara perubahan energi bebas dengan perubahan perbedaan energi potensial yang terjadi bila elektron lewat suatu sistem sbb :

$$\Delta F_o = -nF\Delta E_o$$

ΔF_o = perubahan energi bebas (kal/mol) pada keadaan standar n

= jumlah elektron yang lewat

E_o = perbedaan potensial (volt)

F = konstanta Farady (23.063 kal/volt ekuvalen)

Untuk sistem biologi, n biasanya 2 dan ΔF_o diganti $\Delta F'$ karena tidak pada keadaan standar, sehingga:

$$\Delta F' = -46.126 \times \Delta E_o'$$

Bila beda potensial suatu sistem sebelum dan sesudah oksidasi diketahui, dari persamaan diatas dapat dihitung jumlah energi yang dibebaskan selama oksidasi. Misalnya bila elektron lewat NADH₂ ke O₂, $\Delta E_o' = 1,14$ volt, maka $\Delta F' = -52.000$ kal. Teoritis reaksi ini menghasilkan 4 fosfat berenergi tinggi. Bila reaksi ini dipelajari dengan mitokondria yang diisolasi dari mamalia, khamir dan jamur, ternyata oksidasi tersebut hanya menghasilkan 3 ATP dari setiap atom oksigen yang digunakan. Jadi efisiensinya hanya 70%.

Tabel 3.1 menunjukkan E_o beberapa sistem oksidasi reduksi biologi yang terpenting. Disini ditunjukkan energi terhitung yang dibebaskan bila elektron dari substrat pada E_o' dari ketoglutarat lewat NAD dan sistem sitokrom ke oksigen. Ditunjukkan pula jumlah P yang dibentuk dalam mitokondria selama oksidasi. Terlihat bahwa tidak semua energi yang dibebaskan diubah menjadi gugus fosfat berenergi tinggi. Sebagian energi diubah menjadi panas.

Tidak semua mikrobia mempunyai enzim transpor elektron lengkap. *Lactobacillus* dan *Clostridium* tidak mempunyai sitokrom meskipun mempunyai enzim dengan piridin nukleotida dan gugus prostetis flavo protein. *Lactobacillus* mempunyai flavoprotein-oksidadase yang dapat menggunakan O₂ sebagai aseptor elektron terakhir; tetapi dengan adanya O₂, dibentuk H₂O₂ bukan H₂O. Beberapa spesies *Streptococcus*, *Acetobacter*, dan khamir mempunyai enzim peroksidase (katalase) yang mereoksidasi substrat tereduksi (misalnya Cyt C tereduksi, atau NAD tereduksi) dengan adanya peroksidase dan ion H⁺. Hasil reaksinya substrat yang teroksidasi dan air.

Suatu reaksi oksidasi-reduksi disebut fermentasi (respirasi anaerob) apabila sebagai aseptor elektron yang terakhir bukan oksigen, dan disebut respirasi

(respirasi aerob) apabila aseptor elektron terakhirnya oksigen. Pada respirasi anaerob sebagai aseptor elektronnya dapat digunakan zat anorganik seperti NO_3 yang direduksi menjadi NO_2 , N_2O , N_2 ; menjadi H_2S ; CO_2 menjadi CH_4 . Sebagai aseptor dapat pula SO_4 menjadi H_2S ; CO_2 menjadi CH_4 . Sebagai aseptor dapat pula digunakan zat organik, seperti asam fumarat yang direduksi menjadi asam suksinat.

Jasad anaerob dan anaerob fakultatif yang ditumbuhkan secara anaerob mempunyai cara lain mereoksidasi pembawa hidrogen yang tereduksi. Hal ini sering dilakukan dengan mengimbangi reaksi oksidasi substrat dengan reaksi reduksi lain, sehingga terakumulasi hasil akhir yang tereduksi. Misalnya *Lactobacillus* dalam glikolisis mereduksi asam piruvat menjadi asam laktat (lihat gambar). Beberapa *Clostridium* secara anaerob memfermentasi glukosa mereoksidasi pembawa hidrogen yang tereduksi dengan reduksi aseto-asetat (sebagai kompleks koensim A) menjadi asam butirat dan butanol. Khamir mereduksi asetaldehid menjadi alkohol. Beberapa bakteri enterik mereduksi asam dikarboksilat, oksalat, malat, dan fumarat menjadi suksinat; sedang aseton direduksi menjadi 2,3 butylene-glycol agar dapat mengoksidasi flavin dan nikotinamid yang tereduksi. Beberapa spesies *Pseudomonas* dan *Thiobacillus* dapat menggunakan nitrat sebagai aseptor elektron; mereduksi nitrat menjadi gas N_2 . Banyak spesies bakteri dan jamur dapat mereduksi nitrat menjadi nitrit. Beberapa bakteri dapat mereduksi sulfat menjadi sulfit sebagai sarana untuk mereoksidasi pembawa hidrogen.

Jadi mikrobia terutama bakteri dapat mereoksidasi pembawa hidrogen tanpa adanya oksigen. Beberapa diantaranya telah dimanfaatkan secara komersial, misalnya untuk fermentasi asam laktat dan alkohol.

Pembentukan ATP pada reaksi fosforilasi terhadap ADP pada prinsipnya ada tiga tingkat, yaitu: (1) fosforilasi pada tingkat substrat (fermentatif), (2) fosforilasi tingkat transpor elektron (oksidatif pada respirasi), dan (3) fosforilasi fotosintetik.

FERMENTASI

Glukosa dapat dimetabolisme oleh hampir semua jasad untuk sumber karbon dan energi. Fermentasi merupakan bagian perombakan gula secara anaerob. Banyak jasad yang dapat melakukan fermentasi lewat (jalur) rangkaian reaksi kimia tertentu.

1. Jalur Emden-Meyerhof-Parnas (EMP)

Reaksi ini disebut glikolisis, pemecahan gula secara anaerob sampai asam

piruvat yang dilakukan oleh kebanyakan jasad dari tingkat tinggi hingga tingkat rendah. Reaksi glikolisis terjadi dalam sitoplasma dan tidak menggunakan oksigen sebagai aseptor elektronnya, melainkan zat lain. Asam piruvat mempunyai kedudukan yang penting karena merupakan titik pusat dari berbagai reaksi pemecahan maupun pembentukan. Jasad yang fakultatif anaerob misalnya *Saccharomyces cerevisiae* melakukan fermentasi gula secara anaerob menjadi alkohol dan CO₂. *Lactobacillus* spp. yang homo fermentatif merombak gula secara anaerob menjadi asam laktat. Jasad yang obligat anaerob seperti *Clostridium* spp. memecah gula menjadi aseton, butanol, butirat, dsb. Jasad aerob melakukan proses glikolisis sebagai bagian pertama dari pemecahan karbohidrat secara anaerob, yang akan diteruskan pada bagian kedua yang aerob. Pada otot manusia dan binatang yang kurang gerak akan tertimbun asam laktat, sebab glikolisis tidak diteruskan ke tingkat aerob melainkan ke asam laktat.

Jasad yang melakukan fermentasi lewat glikolisis hanya menghasilkan 2 mol ATP dari setiap glukosa yang dimetabolisme.

2. Jalur Entner-Doudoroff (ED)

Reaksi ini dilakukan oleh beberapa jasad antara lain *Pseudomonas* spp. yang dapat membentuk alkohol dari gula lewat bagan ini. Pada setiap pemecahan 1 mol glukosa dihasilkan juga 1 ATP, 1 NADH₂ dan 1 NADPH₂. Pada *P. lindneri* 2 asam piruvat dipecah menjadi 2 etanol dan 2 CO₂; sedang pada *Pseudomonas* yang lain 2 asam piruvat diubah menjadi 1 etanol, 1 asam laktat dan 1 CO₂.

3. Jalur Heksosa Mono Fosfat (HMP)

Selain lewat EMP banyak jasad yang dapat merombak gula lewat HMP. Reaksi ini berguna untuk membentuk gula pentosa dll, untuk keperluan biosintesis. Reaksi berlangsung lewat gula C₅, ribulosa 5-fosfat, yang merupakan prekursor gula ribosa, deoksiribosa, komponen asam nukleat, asam amino aromatik, enzim, ATP, NAD, FAD dan sebagainya. HMP tidak langsung menghasilkan energi, tetapi terutama membentuk NADPH₂.

4. Jalur Heterofermentatif bakteri asam laktat

Kelompok bakteri asam laktat selain menghasilkan asam laktat secara homofermentatif (misalnya *Lactobacillus* spp.), juga secara heterofermentatif (misalnya *Leuconostoc* spp., *Streptococcus* spp., dsb). Pada fermentasi secara

heterofermentatif selain asam laktat dihasilkan pula asam asetat, etanol dan CO₂.

5. Jalur Metabolisme asam piruvat secara anaerob

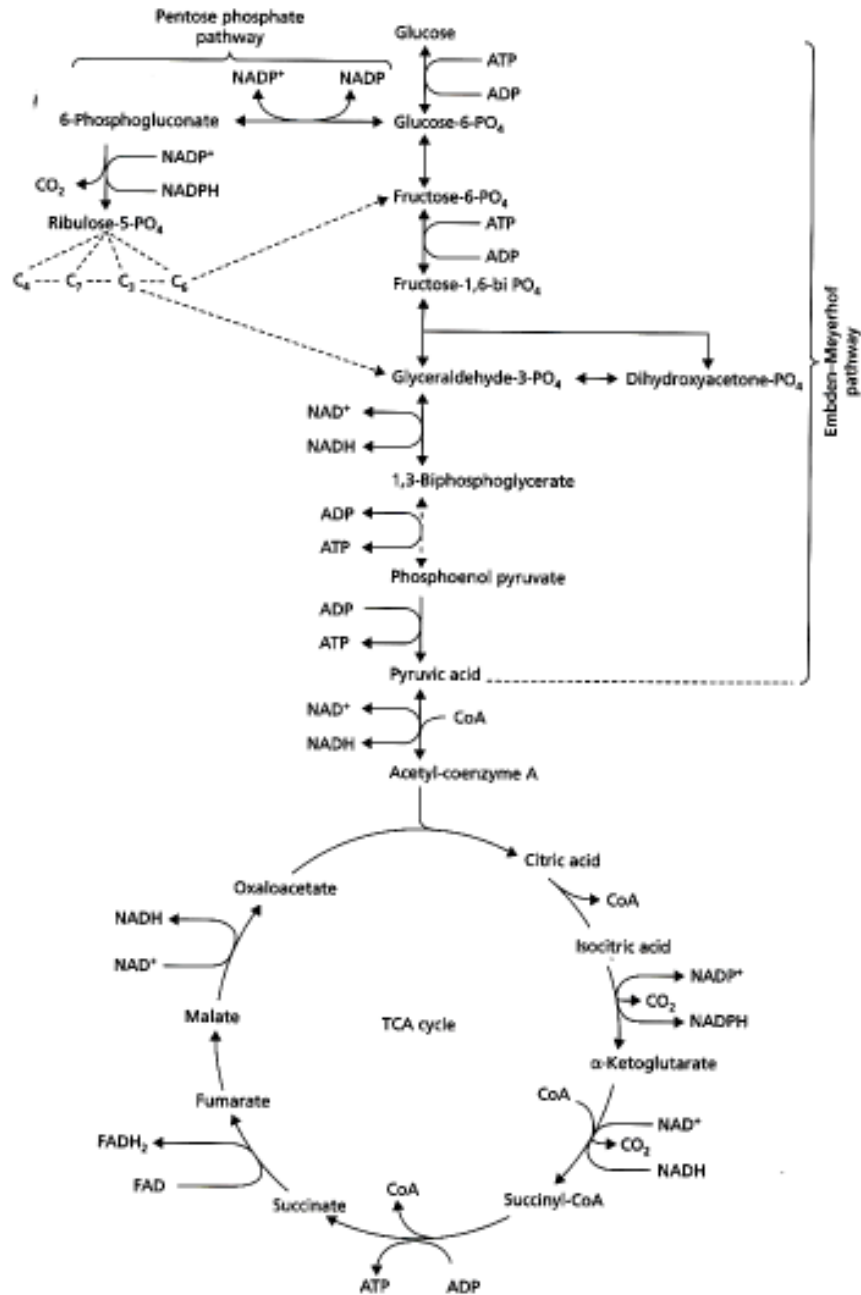
Banyak jasad anaerob yang mempunyai enzim berbeda-beda yang digunakan dalam perombakan asam piruvat. *Clostridium* tergantung spesiesnya, dapat merubah asam piruvat menjadi asam butirat, asam asetat, aseton, butanol, etanol, CO₂, dan H₂. Bakteri enterik seperti *Escherichia coli* dan *Aerobacter aerogenes* dapat merubah asam piruvat menjadi asam suksinat, asetat, laktat, etanol, CO₂, dan H₂ (atau format). *A. aerogenes* juga menghasilkan 2,3-butilen-glikol. *Salmonella* sp. mempunyai pola metabolisme yang sama dengan *E. coli*, tetapi lebih banyak menghasilkan asam format, dari pada H₂ dan CO₂ seperti pada *E. coli*.

RESPIRASI

Respirasi adalah proses oksidasi biologis dengan O₂ sebagai aseptor elektronnya yang terakhir. Pada jasad eukariotik proses ini terjadi di dalam mitokondria, sedang pada jasad prokariotik terjadi di bawah membran plasma atau pada mesosome. Proses ini adalah fase kedua yang aerob dari perombakan gula fase pertama yang anaerob (glikolisis). Pada respirasi dihasilkan banyak energi yang dapat digunakan untuk proses biosintesis. Reaksi ini lewat bagan terutama siklus Krebs, meskipun ada yang lewat terobosan asam glioksilat.

1. Siklus Krebs (Siklus TCA)

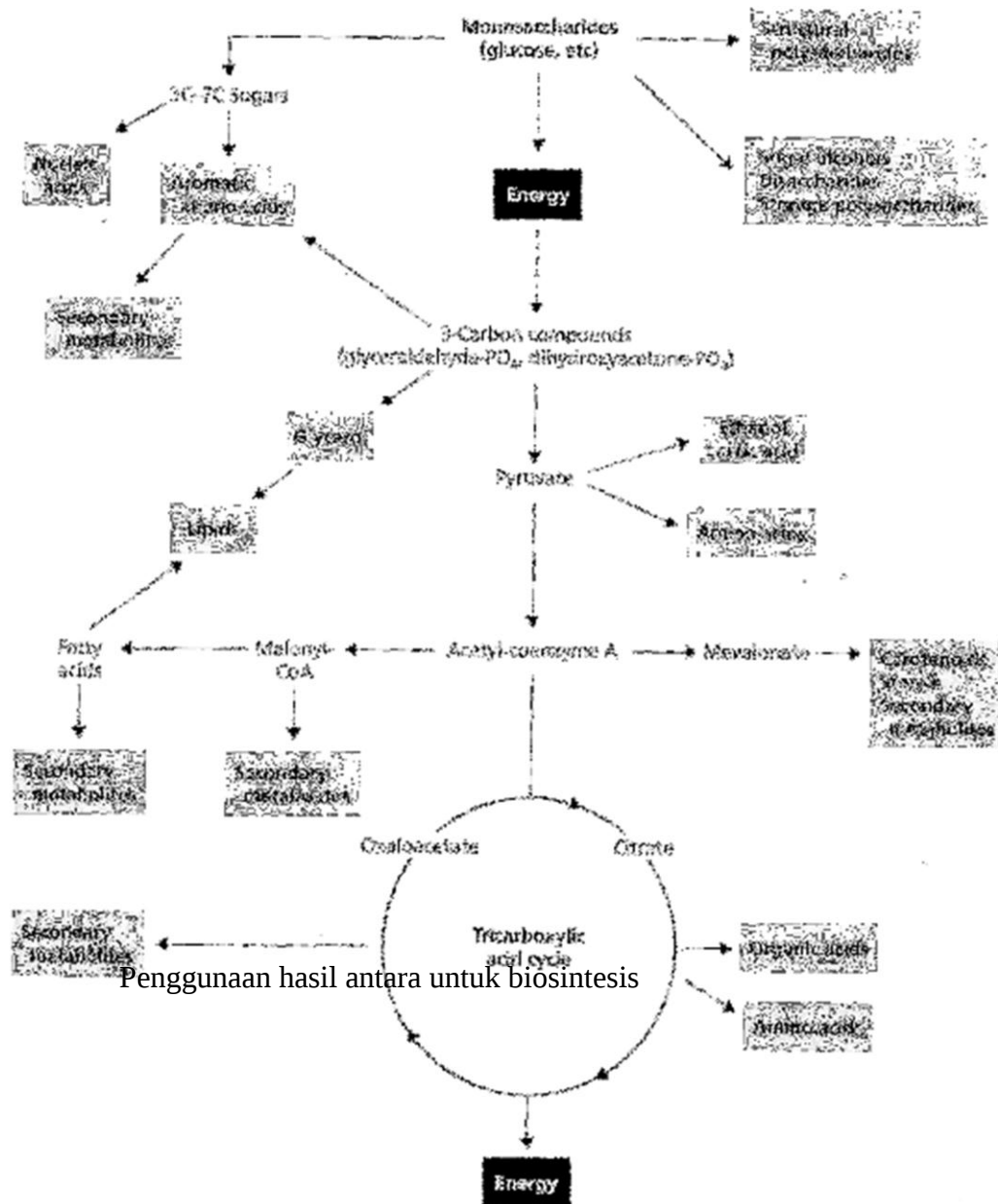
Reaksi ini selain penting untuk pembentukan energi juga penting untuk biosintesis, sebab dapat menyediakan kerangka karbon untuk berbagai senyawa penting dalam sel. Pada kebanyakan bakteri, asam glutamat adalah asam amino kunci yang dibentuk dari sumber amonia dan karbon. Banyak pula bakteri yang dapat mereaksikan amonia dengan asam fumarat membentuk aspartat. Dengan transaminasi asam amino ini berfungsi sebagai donor amino terhadap asam alfa-keto seperti asam piruvat, oksalat, alfa-keto-isovalerat untuk membentuk asam amino. Titik penting lainnya ialah suksinil-ScoA yang bereaksi dengan asam pirol, membentuk cincin pirol. Siklus Krebs sering pula disebut siklus asam tribakboksilat (siklus TCA), atau siklus asam sitrat.



Jalur metabolisme utama

Pada siklus Krebs satu molekul asam piruvat yang dioksidasi sempurna menjadi CO_2 dan H_2O menghasilkan 15 ATP. Satu molekul glukosa yang dimetabolisme lewat glikolisis dan siklus Krebs secara sempurna menjadi CO_2 dan H_2O menghasilkan 38 ATP (lihat perhitungan).

2. Siklus asam glioksilat



Bakteri dan jamur tertentu dapat menggunakan substrat karbon C2. Jasad ini mempunyai enzim lengkap dari siklus Krebs dengan tambahan enzim isositrase yang dapat memecah isositrat menjadi suksinat dan glioksilat, dan enzim malat sintetase yang menyebabkan kondensasi asam glioksilat dengan Ace-CoA menjadi malat. Dengan kedua siklus ini sel dapat membentuk alfa - ketoglutarat yang diperlukan untuk biosintesis. Dan jika asam malat mengalami dekarboksilasi menjadi fosfo-enol-piruvat, dengan reaksi balik glikolisis dan HMP dapat

dibentuk heksosa dan pentosa.

FOTOSINTESIS

Fosforilasi pada fotosintesis menggunakan cahaya sebagai sumber energi. Proses ini menggunakan pigmen klorofil untuk mengabsorpsi energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia. Berdasarkan absorpsi spektrumnya dibedakan klorofil a, b, c, d, e, dan klorofil bakteri. Disamping itu ada pigmen tambahan untuk menangkap energi dan melindungi klorofil, seperti karotinoid, biliprotein, fikoeritrin, dan fikobilin.

Energi foton cahaya:

$$E = hv = h \frac{c}{\lambda}$$

h = konstanta Plank = $6,555 \times 10^{-23}$

v = frekuensi cahaya

c = kecepatan cahaya

λ = panjang gelombang cahaya

jadi energi cahaya sebanding dengan frekuensinya dan berbanding terbalik dengan panjang gelombang. Energi macam-macam cahaya dapat dilihat pada tabel.

Jika klorofil terkena cahaya, akan mengabsorpsi sebesar h sehingga terangsang dan membebaskan elektron; klorofil menjadi bermuatan positif :



Elektron yang lepas akan bergerak lewat sistem transpor elektron dan kembali ke pusat reaksi klorofil. Dalam perjalanannya elektron mengalami penurunan energi, yang diubah menjadi energi kimia, yaitu untuk fosforilasi ADP dan reduksi NADP.

Pada bakteri fotofosforilasi terjadi secara siklis. Artinya tidak menggunakan elektron dari sumber lain. Cahaya yang digunakan adalah merah atau infra merah (lihat bagan).

Pada tumbuhan dan ganggang fotofosforilasi terjadi secara non-siklis. Disini ada 2 pusat reaksi dan 2 sistem transpor elektron. Pusat reaksi 1 menggunakan cahaya infra merah dan pusat reaksi 2 cahaya biru.

PENGGUNAAN ENERGI OLEH JASAD

Energi digunakan dalam setiap reaksi endergonik, dan juga reaksi eksergonik. Untuk memulai reaksi diperlukan energi aktivasi. Dalam setiap reaksi enzim mempunyai peranan penting. Proses yang memerlukan energi antara lain proses biosintesis molekul kecil dan molekul makro, yang akhirnya menuju ke pertumbuhan dan pembiakan; penyerapan unsur makanan, gerak, dan sebagainya.

KATABOLISME MAKROMOLEKUL

1. Peruraian karbohidrat

Karbohidrat adalah polisakarida, suatu polimer dari sedehana (glukosa, galaktosa, fruktosa, dsb). Contoh perombakan karbohidrat dapat dilihat pada tabel. Enzim pemecah polisakarida dibedakan menjadi eksoidrolase yang memutus rantai gula secara teratur dari ujung, dan endohidrolase yang memutus rantai gula secara random di tengah. Sebagai contoh misalnya alfa-amilase (eksoidrolase) memutus rantai glukosa dari amilum dua-dua mulai dari ujung non reduksi, sedang beta-amilase memutus rantai glukosa di sembarang tempat di tengah-tengah. Kedua enzim ini memutus ikatan alfa-1,4-glikosida dari amilum. Enzim yang memutus rantai cabang glukosa dari amilopektin, komponen amilum yang bercabang, ialah glukamilase yang memecah alfa-1,6-glikosida.

2. Peruraian lemak

Lemak adalah ester dari gliserol dan asam lemak (trigliserida). Lemak kadang-kadang mengandung zat lain seperti fosfat, protein, karbohidrat sebagai pengganti salah satu asam lemaknya. Enzim lipase memecah lemak menjadi gliserol dan asam lemak. Gliserol dirombak lebih lanjut lewat glikolisis (EMP). Asam lemak mengalami beta-oksidasi menjadi asam asetat, sebagai Ace-CoA dimetabolisme lebih lanjut lewat siklus Krebs. Bagan beta-oksidasi dapat dilihat pada gambar.

3. Peruraian protein

Protein adalah poli-peptida dengan struktur tertentu, suatu heteropolimer dari asam amino. Enzim protease (polipeptidase, oligopeptidase, dipeptidase) merombak protein menjadi peptida yang lebih sederhana atau asam amino. Selanjutnya asam amino mengalami transaminasi, deaminasi, dekarboksilasi, atau

dehidrogenasi menjadi zat lain yang lebih sederhana yang selanjutnya dapat dimetabolisme antara lain lewat siklus Krebs.

4. Peruraian asam nukleat

Asam nukleat (DNA dan RNA) adalah heteropolimer dari nukleotida. Enzim nuklease, nukleotidase, nukleosida fosforilase, dan nukleosida hidrolase akan memecah asam nukleat menjadi oligo, di, atau mono nukleotida; dan selanjutnya menjadi gula ribosa atau deoksi-ribosa, asam fosfat, base purin dan base pirimidin.

PERTUMBUHAN MIKROBIA

Pertumbuhan adalah penambahan secara teratur semua komponen sel suatu jasad. Pembelahan sel adalah hasil dari pembelahan sel. Pada jasad bersel tunggal (uniseluler), pembelahan atau perbanyakan sel merupakan penambahan jumlah individu. Misalnya pembelahan sel pada bakteri akan menghasilkan penambahan jumlah sel bakteri itu sendiri. Pada jasad bersel banyak (multiseluler), pembelahan sel tidak menghasilkan penambahan jumlah individunya, tetapi hanya merupakan pembentukan jaringan atau bertambah besar jasadnya. Dalam membahas pertumbuhan mikrobia harus dibedakan antara pertumbuhan masing-masing individu sel dan pertumbuhan kelompok sel atau pertumbuhan populasi.

Pertumbuhan Populasi

Pertumbuhan dapat diamati dari meningkatnya jumlah sel atau massa sel (berat kering sel). Pada umumnya bakteri dapat memperbanyak diri dengan pembelahan biner, yaitu dari satu sel membelah menjadi 2 sel baru, maka pertumbuhan dapat diukur dari bertambahnya jumlah sel. Waktu yang diperlukan untuk membelah diri dari satu sel menjadi dua sel sempurna disebut waktu generasi. Waktu yang diperlukan oleh sejumlah sel atau massa sel menjadi dua kali jumlah / massa sel semula disebut doubling time atau waktu penggandaan. Waktu penggandaan tidak sama antara berbagai mikrobia, dari beberapa menit, beberapa jam sampai beberapa hari tergantung kecepatan pertumbuhannya. Kecepatan pertumbuhan merupakan perubahan jumlah atau massa sel per unit waktu.

Penghitungan Waktu Generasi

Dari hasil pembelahan sel secara biner :

1 sel menjadi 2 sel

2 sel menjadi 4 sel $\longrightarrow 2^1$ menjadi 2^2 atau 2×2

4 sel menjadi 8 sel $\longrightarrow 2^2$ menjadi 2^3 atau $2 \times 2 \times 2$

Dari hal tersebut dapat dirumuskan

menjadi: $N = N_0 2^n$

N: jumlah sel akhir, N_0 : jumlah sel awal, n: jumlah generasi

Waktu generasi = t / n , t: waktu pertumbuhan eksponensial, n: jumlah generasi

Dalam bentuk logaritma, rumus $N = N_0 2^n$ menjadi:

$$\log N = \log N_0 + n$$

$$\log 2 \log N - \log N_0$$

$$= n \log 2$$

$$n = \frac{\log N - \log N_0}{\log 2} = \frac{\log N - \log N_0}{0,301}$$

Contoh:

$$N = 10^8, N_0 = 5 \times 10^7, t = 2$$

Dengan rumus dalam bentuk logaritma:

$$n = \frac{\log 10^8 - \log(5 \times 10^7)}{0,301} = \frac{8 - 7,6}{0,301} = 1$$

$$\text{Jadi waktu generasi} = t/n = 2/1 = 2 \text{ jam}$$

Waktu generasi juga dapat dihitung dari slope garis dalam plot semilogaritma kurva pertumbuhan eksponensial, yaitu dengan rumus, slope = 0,301/ waktu generasi. Dari grafik pertumbuhan tersebut diketahui bahwa slope = 0,15, sehingga juga diperoleh waktu generasi = 2 jam

Pengukuran Pertumbuhan

Pertumbuhan diukur dari perubahan jumlah sel atau berat kering massa sel. Jumlah sel dapat dihitung dari jumlah sel total yang tidak membedakan jumlah sel hidup atau mati, dan jumlah sel hidup (viable count). Jumlah total sel mikrobial dapat ditetapkan secara langsung dengan pengamatan mikroskopis, dalam bentuk sampel kering yang diletakkan di permukaan gelas benda (slide) dan dalam sampel cairan yang diamati menggunakan metode counting chamber, misalnya dengan alat Petroff-Hausser Bacteria Counter (PHBC) untuk menghitung bakteri atau dengan alat haemocytometer untuk menghitung khamir, spora, atau sel-sel yang ukurannya relatif lebih besar dari bakteri.

Jumlah sel hidup dapat ditetapkan dengan metode plate count atau colony count, dengan cara ditaburkan pada medium agar sehingga satu sel hidup akan tumbuh membentuk satu koloni, jadi jumlah koloni dianggap setara dengan jumlah sel. Cara ini ada dua macam, yaitu metode taburan permukaan (spread plate method) dan metode taburan (pour plate method). Cara lain untuk menghitung jumlah sel hidup adalah dengan filter membran dan MPN (Most Probable Number) yang menggunakan medium cair. Sampel mikrobial yang dihitung biasanya dibuat seri

pengenceran.

Pertumbuhan sel dapat diukur dari massa sel dan secara tidak langsung dengan mengukur turbiditas cairan medium tumbuh. Massa sel dapat dipisahkan dari cairan mediumnya menggunakan alat sentrifus (pemusing) sehingga dapat diukur volume massa selnya atau diukur berat keringnya (dikeringkan dahulu dengan pemanasan pada suhu $90-110^{\circ}\text{C}$ semalam). Umumnya berat kering bakteri adalah 10-20 % dari berat basah.

Turbiditas dapat diukur menggunakan alat photometer (penerusan cahaya), semakin pekat atau semakin banyak populasi mikrobial maka cahaya yang diteruskan semakin sedikit. Turbiditas juga dapat diukur menggunakan spektrofotometer (optical density/ OD), yang sebelumnya dibuat kurva standart berdasarkan pengukuran jumlah sel baik secara total maupun yang hidup saja atau berdasarkan berat kering sel. Unit photometer atau OD proporsional dengan massa sel dan juga jumlah sel, sehingga cara ini dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah atau massa sel secara tidak langsung.

Pertumbuhan Populasi Mikroba

Suatu bakteri yang dimasukkan ke dalam medium baru yang sesuai akan tumbuh memperbanyak diri. Jika pada waktu-waktu tertentu jumlah bakteri dihitung dan dibuat grafik hubungan antara jumlah bakteri dengan waktu maka akan diperoleh suatu grafik atau kurva pertumbuhan. Pertumbuhan populasi mikrobial dibedakan menjadi dua yaitu biakan sistem tertutup (batch culture) dan biakan sistem terbuka (continuous culture).

Pada biakan sistem tertutup, pengamatan jumlah sel dalam waktu yang cukup lama akan memberikan gambaran berdasarkan kurva pertumbuhan bahwa terdapat fase-fase pertumbuhan. Fase pertumbuhan dimulai pada fase permulaan, fase pertumbuhan yang dipercepat, fase pertumbuhan logaritma (eksponensial), fase pertumbuhan yang mulai dihambat, fase stasioner maksimum, fase kematian dipercepat dan fase kematian logaritma.

Pada fase permulaan, bakteri baru menyesuaikan diri dengan lingkungan yang baru, sehingga sel belum membelah diri. Sel mikrobial mulai membelah diri pada fase pertumbuhan yang dipercepat, tetapi waktu generasinya masih panjang. Fase permulaan sampai fase pertumbuhan dipercepat sering disebut lag phase.

Kecepatan sel membelah diri paling cepat terdapat pada fase pertumbuhan logaritma atau pertumbuhan eksponensial, dengan waktu generasi pendek dan konstan. Selama fase logaritma, metabolisme sel paling aktif, sintesis bahan sel sangat cepat dengan jumlah konstan sampai nutrisi habis atau terjadinya penimbunan hasil metabolisme yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan. Selanjutnya pada fase pertumbuhan yang mulai terhambat, kecepatan pembelahan sel berkurang dan jumlah sel yang mati mulai bertambah. Pada fase stasioner maksimum jumlah sel yang mati semakin meningkat sampai terjadi jumlah sel hidup hasil pembelahan sama dengan jumlah sel yang mati, sehingga jumlah sel hidup konstan, seolah-olah tidak terjadi pertumbuhan (pertumbuhan nol). Pada fase kematian yang dipercepat kecepatan kematian sel terus meningkat sedang kecepatan pembelahan sel nol, sampai pada fase kematian logaritma maka kecepatan kematian sel mencapai maksimal, sehingga jumlah sel hidup menurun dengan cepat seperti deret ukur. Walaupun demikian penurunan jumlah sel hidup tidak mencapai nol, dalam jumlah minimum tertentu sel mikrobial akan tetap bertahan sangat lama dalam medium tersebut.

Analisis Pertumbuhan Eksponensial

Untuk menganalisis pertumbuhan eksponensial dapat menggunakan grafik pertumbuhan atau dengan perhitungan secara matematis.

Rumus matematika pertumbuhan menggunakan persamaan diferensial:

$$dX / dt = \mu X \quad (1)$$

X: jumlah sel / komponen sel spesifik (protein)

μ : konstanta kecepatan pertumbuhan

Dalam bentuk logaritma dengan bilangan dasar e, rumus yang menggambarkan aktivitas populasi mikrobial dalam biakan sistem tertutup adalah :

$$\ln X = \ln X_0 + \mu(t) \quad (2)$$

X_0 : jumlah sel pada waktu nol,

X: jumlah sel pada waktu t,

t: waktu pertumbuhan diamati.

Dalam bentuk antilogaritma menjadi: $X = X_0 e^{\mu t}$ (3)

Untuk memperkirakan kerapatan populasi pada waktu yang akan datang dengan μ sebagai konstante pertumbuhan yang berlaku. Parameter penting untuk konstante pertumbuhan populasi secara eksponensial adalah waktu generasi (waktu penggandaan). Penggandaan populasi terjadi saat $X / X_0 = 2$,

sehingga rumus (3) menjadi :

$$2 = e^{\mu t} \text{ (t generasi)} \quad (4)$$

Dalam bentuk logaritma dengan bilangan dasar e:

$$\mu = \ln 2 / t \text{ generasi} = 0,693 / t \text{ generasi} \quad (5)$$

Waktu generasi (t generasi) dapat digunakan untuk mengetahui parameter lain, seperti k (konstante kecepatan pertumbuhan) sebagai berikut:

$$k = 1 / t \text{ generasi} \quad (6)$$

Untuk biakan sistem tertutup, kombinasi persamaan 5 dan 6 menunjukkan bahwa 2 konstante kecepatan pertumbuhan μ dan k saling berhubungan:

$$\mu = 0,693 k \quad (7)$$

μ dan k, keduanya menggambarkan proses pertumbuhan yang sama dari peningkatan populasi secara eksponensial. Perbedaan diantaranya adalah, μ merupakan konstante kecepatan pertumbuhan yang berlaku, yang digunakan untuk memperkirakan kecepatan pertumbuhan populasi dari masing-masing aktivitas sel individual dan dapat digunakan untuk mengetahui dinamika pertumbuhan secara teoritis, sedang k adalah nilai rata-rata populasi pada periode waktu terbatas, yang menggambarkan asumsi rata-rata pertumbuhan populasi.

Contoh perhitungan k

Bilangan dasar yang digunakan untuk kerapatan populasi sel adalah 10, sehingga persamaan (3) apabila dirubah menjadi bentuk logaritma berdasarkan bilangan 10 ($\log_{10}$) dan k disubstitusi dengan μ , rumusnya menjadi :

$$k = \frac{\log_{10} X_t - \log_{10} X_0}{0,301 t}$$

Contoh 1: $X_0 = 1000 = 10^3$, $\log_{10}$ dari 1000 = 3

$$X_t = 100.000 = 10^5, \log_{10} \text{ dari } 100.000 = 5 \quad t = 4 \text{ jam}$$

$$k = (5-3) / (0,301 \times 4) = 2/1,204 = 1,66 \text{ generasi / jam}$$
$$\text{waktu generasi (t generasi)} = 0,60 \text{ jam} = 36 \text{ menit}$$

Contoh 2: $X_0 = 1000 = 10^3$, $\log_{10}$ dari 1000 = 3

$$X_t = 100.000.000 = 10^8, \log_{10} \text{ dari } 100.000.000 = 8 \quad t = 120 \text{ jam}$$

$$k = (8-3) / (0,301 \times 120) = 5/36,12 = 0,138 \text{ generasi / jam}$$
$$\text{jam waktu generasi (t generasi)} = 7,2 \text{ jam} = 430 \text{ menit}$$

Biakan Sistem Terbuka (Continuous culture) dalam Khemostat

Di dalam sistem ini, sel dapat dipertahankan terus menerus pada fase pertumbuhan eksponensial / fase pertumbuhan logaritma. Continuous culture mempunyai ciri ukuran populasi dan kecepatan pertumbuhan dapat diatur pada nilai konstan menggunakan khemostat. Untuk mengatur proses di dalam khemostat, diatur kecepatan aliran medium dan kadar substrat (nutrien pembatas). Sebagai nutrien pembatas dapat menggunakan sumber C (karbon), sumber N atau faktor tumbuh.

Pada sistem ini, ada aliran keluar untuk mempertahankan volume biakan dalam khemostat sehingga tetap konstan (misal V ml). Jika aliran masuk ke dalam tabung biakan adalah W ml/jam, maka kecepatan pengenceran kultur adalah $D = W/V$ per jam. D disebut sebagai kecepatan pengenceran (dilution rate). Populasi sel dalam tabung biakan dipengaruhi oleh peningkatan populasi sebagai hasil pertumbuhan dan pengenceran kadar sel sebagai akibat penambahan medium baru dan pelimpahan aliran keluar tabung biakan. Kecepatan pertumbuhannya dirumuskan sebagai berikut:

$$dX/dt = \mu X - DX = (\mu - D) X.$$

Pada keadaan mantap (steady state), maka $\mu = D$, sehingga $dX/dt = 0$.

Dengan sistem ini sel seolah-olah dibuat dalam keadaan setengah kelaparan, dengan nutrien pembatas. Kadar nutrien yang rendah menyebabkan kecepatan pertumbuhan berbanding lurus dengan kadar nutrien atau substrat tersebut, sehingga kecepatan pertumbuhan adalah sebagai fungsi konsentrasi nutrien, dengan persamaan:

$$\mu = \mu_{\max} S / (K_S + S)$$

$\mu_{\max}$: kecepatan pertumbuhan pada keadaan nutrien berlebihan

S : konstante nutrien

K_S : konstante pada konsentrasi nutrien saat $\mu = \frac{1}{2} \mu_{\max}$.

FAKTOR LINGKUNGAN UNTUK PERTUMBUHAN MIKROBA

Aktivitas mikroba dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungannya. Perubahan lingkungan dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan fisiologi mikroba. Beberapa kelompok mikroba sangat resisten terhadap perubahan faktor lingkungan. Mikroba tersebut dapat dengan cepat menyesuaikan diri dengan kondisi baru tersebut. Faktor lingkungan meliputi faktor-faktor abiotik (fisika dan kimia), dan faktor biotik.

FAKTOR ABIOTIK

1. Suhu

a. Suhu pertumbuhan mikroba

Pertumbuhan mikroba memerlukan kisaran suhu tertentu. Kisaran suhu pertumbuhan dibagi menjadi suhu minimum, suhu optimum, dan suhu maksimum. Suhu minimum adalah suhu terendah tetapi mikroba masih dapat hidup. Suhu optimum adalah suhu paling baik untuk pertumbuhan mikroba. Suhu maksimum adalah suhu tertinggi untuk kehidupan mikroba.

Berdasarkan kisaran suhu pertumbuhannya, mikroba dapat dikelompokkan menjadi mikroba psikrofil (kriofil), mesofil, dan termofil. Psikrofil adalah kelompok mikroba yang dapat tumbuh pada suhu 0-30⁰C dengan suhu optimum sekitar 15⁰C. Mesofil adalah kelompok mikroba pada umumnya, mempunyai suhu minimum 15⁰C suhu optimum 25-37⁰C dan suhu maksimum 45-55⁰C.

Mikroba yang tahan hidup pada suhu tinggi dikelompokkan dalam mikroba termofil. Mikroba ini mempunyai membran sel yang mengandung lipida jenuh, sehingga titik didihnya tinggi. Selain itu dapat memproduksi protein termasuk enzim yang tidak terdenaturasi pada suhu tinggi. Di dalam DNA-nya mengandung guanin dan sitosin dalam jumlah yang relatif besar, sehingga molekul DNA tetap stabil pada suhu tinggi. Kelompok ini mempunyai suhu minimum 40⁰C, optimum

pada suhu 55-60 °C dan suhu maksimum untuk pertumbuhannya 75 °C. Untuk mikroba yang tidak tumbuh dibawah suhu 30 °C dan mempunyai suhu pertumbuhan optimum pada 60 °C, dikelompokkan kedalam mikroba termofil obligat. Untuk mikroba termofil yang dapat tumbuh dibawah suhu 30 °C, dimasukkan kelompok mikroba termofil fakultatif.

Bakteri yang hidup di dalam tanah dan air, umumnya bersifat mesofil, tetapi ada juga yang dapat hidup diatas 50 °C (termotoleran). Contoh bakteri termotoleran adalah *Methylococcus capsulatus*. Contoh bakteri termofil adalah *Bacillus*, *Clostridium*, *Sulfolobus*, dan bakteri pereduksi sulfat/sulfur. Bakteri yang hidup di laut (fototrof) dan bakteri besi (*Gallionella*) termasuk bakteri psikrofil.

b. Suhu tinggi

Apabila mikroba dihadapkan pada suhu tinggi diatas suhu maksimum, akan memberikan beberapa macam reaksi. (1) Titik kematian thermal, adalah suhu yang dapat memetikan spesies mikroba dalam waktu 10 menit pada kondisi tertentu. (2) Waktu kematian thermal, adalah waktu yang diperlukan untuk membunuh suatu spesies mikroba pada suatu suhu yang tetap. Faktor-faktor yang mempengaruhi titik kematian thermal ialah waktu, suhu, kelembaban, spora, umur mikroba, pH dan komposisi medium.

c. Suhu rendah

Apabila mikroba dihadapkan pada suhu rendah dapat menyebabkan gangguan metabolisme. Akibat-akibatnya adalah (1) Cold shock, adalah penurunan suhu yang tiba-tiba menyebabkan kematian bakteri, terutama pada bakteri muda atau pada fase logaritmik, (2) Pembekuan (freezing), adalah rusaknya sel dengan adanya kristal es di dalam air intraseluler, (3) Lyofilisasi, adalah proses pendinginan dibawah titik beku dalam keadaan vakum secara bertingkat. Proses ini dapat digunakan untuk mengawetkan mikroba karena air protoplasma langsung diuapkan tanpa melalui fase cair (sublimasi).

2. Kandungan air (pengeringan)

Setiap mikroba memerlukan kandungan air bebas tertentu untuk hidupnya, biasanya diukur dengan parameter a_w (water activity) atau kelembaban relatif. Mikroba umumnya dapat tumbuh pada a_w 0,998-0,6. bakteri umumnya memerlukan a_w 0,90-0,999. Mikroba yang osmotoleran dapat hidup pada a_w terendah (0,6) misalnya khamir *Saccharomyces rouxii*. *Aspergillus glaucus* dan jamur benang lain dapat tumbuh pada a_w 0,8. Bakteri umumnya memerlukan a_w atau kelembaban tinggi lebih dari 0,98, tetapi bakteri halofil hanya memerlukan a_w 0,75. Mikroba yang tahan kekeringan adalah yang dapat membentuk spora, konidia atau dapat membentuk kista.

3. Tekanan osmose

Tekanan osmose sebenarnya sangat erat hubungannya dengan kandungan air. Apabila mikroba diletakkan pada larutan hipertonis, maka selnya akan mengalami plasmolisis, yaitu terkelupasnya membran sitoplasma dari dinding sel akibat mengkerutnya sitoplasma. Apabila diletakkan pada larutan hipotonis, maka sel mikroba akan mengalami plasmoptisa, yaitu pecahnya sel karena cairan masuk ke dalam sel, sel membengkak dan akhirnya pecah.

Berdasarkan tekanan osmose yang diperlukan dapat dikelompokkan menjadi (1) mikroba osmofil, adalah mikroba yang dapat tumbuh pada kadar gula tinggi, (2) mikroba halofil, adalah mikroba yang dapat tumbuh pada kadar garam halogen yang tinggi, (3) mikroba halodurik, adalah kelompok mikroba yang dapat tahan (tidak mati) tetapi tidak dapat tumbuh pada kadar garam tinggi, kadar garamnya dapat mencapai 30 %.

Contoh mikroba osmofil adalah beberapa jenis khamir. Khamir osmofil mampu tumbuh pada larutan gula dengan konsentrasi lebih dari 65 % wt/wt (a_w = 0,94). Contoh mikroba halofil adalah bakteri yang termasuk *Archaeobacterium*, misalnya *Halobacterium*. Bakteri yang tahan pada kadar garam tinggi, umumnya mempunyai kandungan KCl yang tinggi dalam selnya. Selain itu bakteri ini memerlukan konsentrasi Kalium yang tinggi untuk stabilitas ribosomnya. Bakteri halofil ada yang mempunyai membran purple bilayer, dinding selnya terdiri dari murein, sehingga tahan terhadap ion Natrium.

4. Ion-ion dan listrik

a. Kadar ion hidrogen (pH)

Mikroba umumnya menyukai pH netral (pH 7). Beberapa bakteri dapat hidup pada pH tinggi (medium alkalin). Contohnya adalah bakteri nitrat, rhizobia, actinomycetes, dan bakteri pengguna urea. Hanya beberapa bakteri yang bersifat toleran terhadap kemasaman, misalnya *Lactobacilli*, *Acetobacter* dan *Sarcina ventriculi*. Bakteri yang bersifat asidofil misalnya *Thiobacillus*. Jamur umumnya dapat hidup pada kisaran pH rendah. Apabila mikroba ditanam pada media dengan pH 5 maka pertumbuhan didominasi oleh jamur, tetapi apabila pH media 8 maka pertumbuhan didominasi oleh bakteri.

Berdasarkan pH-nya mikroba dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu (a) mikroba asidofil, adalah kelompok mikroba yang dapat hidup pada pH 2,0-5,0, (b) mikroba mesofil (neutrofil), adalah kelompok mikroba yang dapat hidup pada pH 5,5-8,0, dan (c) mikroba alkalifil, adalah kelompok mikroba yang dapat hidup pada pH 8,4-9,5.

b. Buffer

Untuk menumbuhkan mikroba pada media memerlukan pH yang konstan, terutama pada mikroba yang dapat menghasilkan asam. Misalnya *Enterobacteriaceae* dan beberapa *Pseudomonadaceae*. Oleh karenanya ke dalam medium diberi tambahan buffer untuk menjaga agar pH nya konstan. Buffer merupakan campuran garam mono dan dibasik, maupun senyawa-senyawa organik amfoter. Sebagai contoh adalah buffer fosfat anorganik dapat mempertahankan pH diatas 7,2. Cara kerja buffe adalah garam dibasik akan mengadsorpsi ion H^+ dan garam monobasik akan bereaksi dengan ion OH^-

c. Ion-ion lain

Logam berat seperti Hg, Ag, Cu, Au, dan Pb pada kadar rendah dapat bersifat meracun (toksis). Logam berat mempunyai daya oligodinamik, yaitu daya bunuh logam berat pada kadar rendah. Selain logam berat, ada ion-ion lain yang dapat mempengaruhi kegiatan fisiologi mikroba, yaitu ion sulfat, tartrat, klorida, nitrat, dan benzoat. Ion-ion tersebut dapat mengurangi pertumbuhan mikroba tertentu. Oleh karena itu sering digunakan untuk mengawetkan suatu bahan, misalnya digunakan dalam pengawetan makanan. Ada senyawa lain yang juga mempengaruhi fisiologi mikroba, misalnya asam benzoat, asam asetat, dan asam sorbat.

d. Listrik

Listrik dapat mengakibatkan terjadinya elektrolisis bahan penyusun medium pertumbuhan. Selain itu arus listrik dapat menghasilkan panas yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Sel mikroba dalam suspensi akan mengalami elektroforesis apabila dilalui arus listrik. Arus listrik tegangan tinggi yang melalui suatu cairan akan menyebabkan terjadinya shock karena tekanan hidrolik listrik. Kematian mikroba akibat shock terutama disebabkan oleh oksidasi. Adanya radikal ion dari ionisasi radiasi dan terbentuknya ion logam dari elektroda juga menyebabkan kematian mikroba.

e. Radiasi

Radiasi menyebabkan ionisasi molekul-molekul di dalam protoplasma. Cahaya umumnya dapat merusak mikroba yang tidak mempunyai pigmen fotosintesis. Cahaya mempunyai pengaruh germisida, terutama cahaya bergelombang pendek dan bergelombang panjang. Pengaruh germisida dari sinar bergelombang panjang disebabkan oleh panas yang ditimbulkannya, misalnya sinar inframerah. Sinar x ($0,005-1,0 \text{ \AA}$), sinar ultra violet ($4000-2950 \text{ \AA}$), dan sinar radiasi lain dapat membunuh mikroba. Apabila tingkat iradiasi yang diterima sel mikroba rendah, maka dapat menyebabkan terjadinya mutasi pada mikroba.

f. Tegangan muka

Tegangan muka mempengaruhi cairan sehingga permukaan cairan tersebut menyerupai membran yang elastis. Seperti telah diketahui protoplasma mikroba terdapat di dalam sel yang dilindungi dinding sel, maka apabila ada perubahan tegangan muka dinding sel akan mempengaruhi pula permukaan protoplasma. Akibat selanjutnya dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba dan bentuk morfologinya. Zat-zat seperti sabun, deterjen, dan zat-zat pembasah (surfaktan) seperti Tween80 dan Triton A20 dapat mengurangi tegangan muka cairan/larutan. Umumnya mikroba cocok pada tegangan muka yang relatif tinggi.

g. Tekanan hidrostatik

Tekanan hidrostatik mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan mikroba. Umumnya tekanan 1-400 atm tidak mempengaruhi atau hanya sedikit mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan mikroba. Tekanan

hidrostatik yang lebih tinggi lagi dapat menghambat atau menghentikan pertumbuhan, oleh karena tekanan hidrostatik tinggi dapat menghambat sintesis RNA, DNA, dan protein, serta mengganggu fungsi transport membran sel maupun mengurangi aktivitas berbagai macam enzim. Tekanan diatas 100.000 pound/inchi² menyebabkan denaturasi protein. Akan tetapi ada mikroba yang tahan hidup pada tekanan tinggi (mikroba barotoleran), dan ada mikroba yang tumbuh optimal pada tekanan tinggi sampai 16.000 pound/inchi² (barofil). Mikroba yang hidup di laut dalam umumnya adalah barofilik atau barotoleran. Sebagai contoh adalah bakteri *Spirillum*.

h. Getaran

Getaran mekanik dapat merusakkan dinding sel dan membran sel mikroba. Oleh karena itu getaran mekanik banyak dipakai untuk memperoleh ekstrak sel mikroba. Isi sel dapat diperoleh dengan cara menggerus sel-sel dengan menggunakan abrasif atau dengan cara pembekuan kemudian dicairkan berulang kali. Getaran suara 100-10.000 x/ detik juga dapat digunakan untuk memecah sel.

FAKTOR BIOTIK

Di alam jarang sekali ditemukan mikroba yang hidup sebagai biakan murni, tetapi selalu berada dalam asosiasi dengan jasad-jasad lain. Antar jasad dalam satu populasi atau antar populasi jasad yang satu dengan yang lain saling berinteraksi.

1. Interaksi dalam satu populasi mikroba

Interaksi antar jasad dalam satu populasi yang sama ada dua macam, yaitu interaksi positif maupun negatif. Interaksi positif menyebabkan meningkatnya kecepatan pertumbuhan sebagai efek sampingnya. Meningkatnya kepadatan populasi, secara teoritis meningkatkan kecepatan pertumbuhan. Interaksi positif disebut juga kooperasi. Sebagai contoh adalah pertumbuhan satu sel mikroba menjadi koloni atau pertumbuhan pada fase lag (fase adaptasi).

Interaksi negatif menyebabkan turunnya kecepatan pertumbuhan dengan meningkatnya kepadatan populasi. Misalnya populasi mikroba yang ditumbuhkan dalam substrat terbatas, atau adanya produk metabolik yang meracun. Interaksi

negatif disebut juga kompetisi. Sebagai contoh jamur *Fusarium* dan *Verticillium* pada tanah sawah, dapat menghasilkan asam lemak dan H_2S yang bersifat meracun.

2. Interaksi antar berbagai macam populasi mikroba

Apabila dua populasi yang berbeda berasosiasi, maka akan timbul berbagai macam interaksi. Interaksi tersebut menimbulkan pengaruh positif, negatif, ataupun tidak ada pengaruh antar populasi mikroba yang satu dengan yang lain. Nama masing-masing interaksi adalah sebagai berikut:

Nama Interaksi	Pengaruh interaksi	
	Populasi A	Populasi B
Netralisme	0	0
Komensalisme	0	+
Sinergisme	+	+
(protokooperasi)	+	+
Mutualisme	-	-
(simbiosis)	+	-
Kompetisi	+	-
Amensalisme	+	-
(antagonisme)		

Keterangan: 0: tidak berpengaruh, +: pengaruh positif, -: pengaruh negatif

a. Netralisme

Netralisme adalah hubungan antara dua populasi yang tidak saling mempengaruhi. Hal ini dapat terjadi pada kepadatan populasi yang sangat rendah atau secara fisik dipisahkan dalam mikrohabitat, serta populasi yang keluar dari habitat alamiahnya. Sebagai contoh interaksi antara mikroba allocthonous (nonindigenous) dengan mikroba autochthonous (indigenous), dan antar mikroba nonindigenous di atmosfer yang kepadatan populasinya sangat rendah. Netralisme juga terjadi pada keadaan mikroba tidak aktif, misal dalam keadaan kering beku, atau fase istirahat (spora, kista).

b. Komensalisme

Hubungan komensalisme antara dua populasi terjadi apabila satu populasi diuntungkan tetapi populasi lain tidak terpengaruh. Contohnya (1) Bakteri *Flavobacterium brevis* dapat menghasilkan ekskresi sistein. Sistein dapat digunakan oleh *Legionella pneumophila*, (2) *Desulfovibrio* mensuplai asetat dan H_2 untuk respirasi anaerobik *Methanobacterium*.

c. Sinergisme

Suatu bentuk asosiasi yang menyebabkan terjadinya suatu kemampuan untuk dapat melakukan perubahan kimia tertentu di dalam substrat. Apabila asosiasi melibatkan 2 populasi atau lebih dalam keperluan nutrisi bersama, maka disebut sintropisme. Sintropisme sangat penting dalam peruraian bahan organik tanah, atau proses pembersihan air secara alami. Contoh sinergisme: *Streptococcus faecalis* dan *Escherichia coli*

d. Mutualisme (Simbiosis)

Mutualisme adalah asosiasi antara dua populasi mikroba yang keduanya saling tergantung dan sama-sama mendapat keuntungan. Mutualisme sering disebut juga simbiosis. Simbiosis bersifat sangat spesifik (khusus) dan salah satu populasi anggota simbiosis tidak dapat digantikan tempatnya oleh spesies lain yang mirip. Contohnya adalah Bakteri *Rhizobium* sp. yang hidup pada bintil akar tanaman kacang-kacangan. Contoh lain adalah Lichenes (Lichens), yang merupakan simbiosis antara algae sianobakteria dengan fungi. Algae (phycobiont) sebagai produser yang dapat menggunakan energi cahaya untuk menghasilkan senyawa organik. Senyawa organik dapat digunakan oleh fungi (mycobiont), dan fungi memberikan bentuk perlindungan (selubung) dan transport nutrisi / mineral serta membentuk faktor tumbuh untuk algae.



Lichenes

e. Kompetisi

Hubungan negatif antara 2 populasi mikroba yang keduanya mengalami kerugian. Peristiwa ini ditandai dengan menurunnya sel hidup dan pertumbuhannya. Kompetisi terjadi pada 2 populasi mikroba yang menggunakan nutrisi / makanan yang sama, atau dalam keadaan nutrisi

terbatas. Contohnya adalah antara protozoa *Paramecium caudatum* dengan *Paramecium aurelia*.

f. Amensalisme (Antagonisme)

Satu bentuk asosiasi antar spesies mikroba yang menyebabkan salah satu pihak dirugikan, pihak lain diuntungkan atau tidak terpengaruh apapun. Umumnya merupakan cara untuk melindungi diri terhadap populasi mikroba lain. Misalnya dengan menghasilkan senyawa asam, toksin, atau antibiotika. Contohnya adalah bakteri *Acetobacter* yang mengubah etanol menjadi asam asetat. *Thiobacillus thiooxidans* menghasilkan asam sulfat. Asam-asam tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri lain. Bakteri amonifikasi menghasilkan ammonium yang dapat menghambat populasi *Nitrobacter*.

g. Parasitisme

Parasitisme terjadi antara dua populasi, populasi satu diuntungkan (parasit) dan populasi lain dirugikan (host / inang). Umumnya parasitisme terjadi karena keperluan nutrisi dan bersifat spesifik. Ukuran parasit biasanya lebih kecil dari inangnya. Terjadinya parasitisme memerlukan kontak secara fisik maupun metabolik serta waktu kontak yang relatif lama. Contohnya adalah bakteri *Bdellovibrio* yang memparasit bakteri *E. coli*. Jamur *Trichoderma* sp. memparasit jamur *Agaricus* sp.

h. Predasi

Hubungan predasi terjadi apabila satu organisme predator memangsa atau memakan dan mencerna organisme lain (prey). Umumnya predator berukuran lebih besar dibandingkan prey, dan peristiwanya berlangsung cepat. Contohnya adalah Protozoa (predator) dengan bakteri (prey). Protozoa *Didinium nasutum* (predator) dengan *Paramecium caudatum* (prey).

VIROLOGI

Virologi adalah ilmu yang mempelajari tentang virus, mikroorganisme yang dapat membahayakan sebagai agen penyebab penyakit seperti influenza dan Human Immunodeficiency Virus (HIV). Namun di sisi lain virus juga memiliki kegunaan positif dalam kedokteran, yang digunakan dalam imunisasi dan juga dalam memberikan gen baru ke dalam genom suatu organisme untuk efek yang berguna.

Virus adalah organisme subselular yang karena ukurannya sangat kecil, hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron. Ukurannya lebih kecil daripada bakteri sehingga virus tidak dapat disaring dengan penyaring bakteri. Berdiameter 20-30 nm. Genom hanya terdiri dari satu jenis asam nukleat (RNA atau DNA). Unit infeksi disebut virion. Virus hanya aktif di dalam sel sedangkan di luar sel virus tidak aktif. Virologi dapat dianggap sebagai wilayah mikrobiologi, mencakup semua aspek virus, dari evolusi, struktur, siklus hidup, dan fungsi terhadap penyakit yang disebabkan oleh virus dan pertahanan inang terhadapnya.

Susunan virus

Virus terdiri dari :

- Ø Kepala, bentuk persegi delapan yang di dalamnya mengandung materi genetik (asam nukleat) virus (DNA/RNA)
- Ø Ekor, merupakan selubung memanjang (tubus), berfungsi sebagai alat penginfeksi
- Ø Serabut ekor, merupakan serabut yang tumbuh dibagian ujung ekor. Berfungsi sebagai penerima rangsang (reseptor).

Bagian kepala dan ekor virus diselubungi oleh kapsid. Kapsid tersusun atas unit-unit kecil yang disebut kapsomer. Kapsomer ini terdiri atas sejumlah protein ukuran kecil yang dinamakan protomer. Nukleokapsid (asam nukleat dan kapsid) beberapa virus ada yang dilapisi pembungkus yang disebut selubung/kulit (envelope) yang dapat terdiri atas lipoprotein atau glikoprotein. Pada beberapa virus selubung/kulit ini mempunyai bentuk seperti duri yang disebut spike. Duri ini dapat digunakan sebagai ciri untuk keperluan identifikasi .

Dasar Klasifikasi Virus

Sifat dasar yang digunakan dalam klasifikasi virus adalah :

1. Jenis asam nukleat, DNA atau RNA; beruntai tunggal atau ganda
2. Ukuran dan morfologi, termasuk tipe simetris, jumlah kapsomer dan adanya

selaput (envelope)

3. Adanya enzim-enzim spesifik terutama polimerase RNA dan DNA yang penting dalam proses replikasi gen, dan neurominidase yang penting untuk pelepasan partikel virus tertentu (misal influenza) dari sel-sel yang membentuknya

4. Kepekaan terhadap zat kimia dan keadaan fisik, terutama eter

5. Sifat-sifat imunologik

6. Cara-cara penyebaran alamiah

7. Patologi

8. Gejala-gejala yang ditimbulkannya

9. Inang, jaringan dan tropisme sel

10. simptomatologi

11. Antropoda (Penularan virus melalui serangga)

Klasifikasi Virus

Klasifikasi virus dapat dibedakan berdasarkan asam nukleatnya yaitu :

1. Virus DNA

Sebuah virus DNA adalah virus yang memiliki DNA sebagai materi genetik dan bergantung pada DNA untuk mereplika diri, menggunakan DNA polimerase sebagai DNA-dependent. Asam nukleat yang dimiliki biasanya DNA beruntai ganda (dsDNA / double stranded-DNA) tetapi bisa juga DNA beruntai tunggal (ssDNA / single stranded-DNA).

Klasifikasi virus DNA terdiri dari :

- Bentuk kapsid
- Ada tidaknya selubung (envelop) dari virion
- Tahan tidaknya terhadap eter
- Tempat berlangsungnya replikasi virus di dalam sel yang terinfeksi virus
- Diameter virus

Contoh virus DNA adalah Parvoviridae, Papovaviridae (polyoma, papilloma, simian vacuolating virus), Adenoviridae, Iridoviridae, Herpetoviridae (herpes simpleks, varicella, ebsteinbarr, CMV), Poxivirus (variola), Hepadnavirus.

2. Virus RNA

Virus RNA adalah virus yang memiliki RNA (asam ribonukleat) sebagai materi genetik. Asam nukleat yang dimiliki biasanya RNA beruntai tunggal (single stranded RNA / ssRNA) tetapi mungkin RNA beruntai ganda (double stranded RNA / dsRNA).

Contoh virus RNA adalah Pikomavirus (poliovirus, echovirus, coxsaki virus, rhinovirus, Kalisivirus, Reoviridae, Retrovirus, Togavirus, Flavivirus, Arenavirus, Koronavirus, Rabdoviridae (rabies), Retrovirus, Bunyavirus, Ortomiksovirus (influenza), Paramiksovirus, Rabdovirus.

Replikasi Virus

Virus memperbanyak dirinya dengan cara replikasi. Replikasi virus secara umum dilakukan melalui beberapa tahap yaitu pelekatan pada sel inang; masuknya asam nukleat virus ke inang kemudian mengambil alih metabolisme sel inang terutama segi sintesis protein. Di dalam sel inang akan dibentuk kapsid-kapsid baru kemudian keluar dari sel inang dengan enzim khusus. Jenis replikasi virus beragam, ada jenis replikasi yang menyerang bakteri (bakteriofage), jenis replikasi yang menyerang hewan, dan jenis replikasi yang menyerang tumbuhan. Pada bakteriofage tipe replikasinya terdiri dari daur litik dan daur lisogenik. Pada daur litik, replikasi virus diakhiri dengan lisisnya (pecahnya) membran sel bakteri; sedangkan pada daur lisogenik, lisis membran tidak terjadi.

a. Daur Litik

1) Fase Adsorpsi (penempelan)

Pada fase ini ditandai dengan melekatnya ekor virus pada sel bakteri. Setelah menempel virus mengeluarkan enzim lisozim (enzim penghancur) sehingga terbentuk lubang pada dinding bakteri untuk memasukkan asam inti virus.

2) Fase Injeksi (memasukkan inti virus)

Setelah terbentuk lubang pada sel bakteri maka virus akan memasukkan asam inti (DNA) ke dalam tubuh sel bakteri. Jadi kapsid virus tetap berada di luar sel bakteri dan berfungsi lagi.

3) Fase Sintesis (pembentukan)

Pada fase ini DNA virus akan mempengaruhi DNA bakteri untuk mereplikasi bagian-bagian virus, sehingga terbentuklah bagian-bagian virus. Di dalam sel bakteri yang tidak berdaya itu disintesis virus dan protein yang dijadikan sebagai kapsid virus, dalam kendali DNA virus.

4) Fase Asembel (perakitan)

Pada bagian ini bagian-bagian virus yang telah terbentuk, oleh bakteri akan dirakit menjadi virus sempurna. Jumlah virus yang terbentuk sekitar 100-200 buah dalam satu daur litik.

5) Fase Litik (pemecahan sel inang)

Setelah perakitan selesai, maka virus akan menghancurkan dinding sel bakteri dengan enzim lisozim, akhirnya virus akan mencari inang baru.

b. Daur Lisogenik

Pada daur ini membran plasma tidak mengalami lisis, tetapi setelah daur ini selesai dilanjutkan lagi ke daur litik. Daur ini terdapat beberapa fase yakni ;

1. Fase penggabungan : Pada fase ini DNA Virus menyusp ke DNA bakteri dan memutus DNA bakteri, kemudian DNA virus menyisip di antara benang DNA bakteri yang terputus tersebut. Dengan kata lain, di dalam DNA bakteri terkandung materi genetik virus.
2. Fase Pembelahan : Setelah menyisip DNA virus tidak aktif disebut profag. Kemudian DNA bakteri mereplikasi untuk melakukan pembelahan. Fase Sintesis : yaitu fase DNA virus melakukan sintesis untuk membentuk bagian-bagian virus.
3. Fase Perakitan : Setelah virus membentuk bagian-bagian virus, dan kemudian DNA masuk ke dalam akan membentuk virus baru.
4. Fase Litik : Setelah perakitan selesai terjadilah lisis sel bakteri. Virus yang terlepas dari inang akan mencari inang baru.

Penyebaran virus dan Tropisme

Setelah replikasi, virus menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah atau getah bening dan sel saraf. Beradanya virus dalam aliran darah disebut viremia.

Cedera Sel

Cedera sel terjadi apabila suatu sel tidak lagi dapat beradaptasi terhadap rangsangan. Hal ini dapat terjadi bila rangsangan tersebut terlalu lama atau terlalu berat. Sel dapat pulih dari cedera atau mati bergantung pada sel tersebut dan besar serta jenis cedera.

Hipoksia (kekurangan oksigen), infeksi mikroorganisme, suhu yang berlebihan, trauma fisik, radiasi, dan terpajan oleh radikal bebas semuanya menyebabkan cedera sel. Apabila suatu sel mengalami cedera, maka sel tersebut dapat mengalami perubahan dalam ukuran, bentuk, sintesis protein, susunan genetik, dan sifat transportasinya.

Penyebab penyakit karena kerusakan jaringan atau perubahan fisiologis. Kerusakan sel epitel usus lebih cepat membaik daripada sel otak. Efek fisiologik karena kerusakan non letal fungsi khusus sehingga hilangnya produksi hormone. Penyakit klinik akibat dari rangkaian yang kompleks dan banyak faktor yang terlibat.

Perubahan-perubahan sel

1. Cytopathic effect (CPE) : gangguan sintesis RNA dan protein inang.
2. Cell fusion : fusi dari sel-sel akibat hilangnya batas-batas sel-sel raksasa

dengan banyak inti.

3. Inclusion body : kumpulan virion atau bagian virus yang ada dalam inti.
4. Transformasi : virus onkogenik dapat merangsang sel-sel maligna (transformer cell yaitu penyimpangan kromosom dan perubahan membrane permukaan sel).

Mutasi virus

1. Mutasi spontan : perubahan replikasi dari viral genome
2. Mutasi balik : sifat mutan berbalik ke sifat asli strain liar virus (wild strain)
3. Mutasi virulensi : dipengaruhi kultivasi virus
4. Adaptasi : pengaruh dari kultur pada jaringan

Pengobatan dan pencegahan

1. Kemoterapi : penggunaan obat-obatan zat kimia yang digunakan untuk memperlambat penyebaran atau bahkan membunuh sel kanker.
2. Thiosemicarbazone : per oral, cacar, menghambat translasi virus.
3. Amantadine (symmetrel) : dengan cara menghambat penembusan virus untuk beberapa strain influenza.
4. Iododeoksiuridin (stoxil, IUdR, idoxuridine) : menghambat sintesis asam nukleat virus untuk infeksi korne oleh virus herpes simpleks tipe 1.
5. Arabinosil : menghambat sintesis asam nukleat, untuk herpes dan vaccinia
6. Asikloguaosin (acyclovir, zovirax) : anti herpes menghambat kegiatan DNA polymerase virus.

Imunisasi / Vaksinasi

Imunisasi adalah pemberian vaksin kepada seseorang untuk melindunginya dari beberapa penyakit tertentu. Imunisasi merupakan upaya untuk mencegah penyakit lewat peningkatan kekebalan tubuh seseorang. Imunisasi ada tiga macam yaitu imunisasi aktif, imunisasi pasif, dan netralisasi.

1. Imunisasi Aktif

Imunisasi aktif adalah pemberian kuman atau racun kuman yang sudah dilemahkan atau dimatikan dengan tujuan untuk merangsang tubuh memproduksi antibodi. Antibodi adalah zat anti yang terbentuk ketika antigen (kuman) masuk ke dalam tubuh. Pertama kali antigen masuk ke dalam tubuh, maka sebagai reaksinya tubuh akan membuat antibodi.

Pada umumnya, reaksi pertama tubuh untuk membentuk antibodi tidak terlalu kuat karena tubuh belum mempunyai pengalaman. Tetapi pada reaksi kedua, ketiga dan seterusnya, tubuh sudah mempunyai memori untuk mengenali antigen sehingga pembentukan antibodi terjadi dalam waktu yang lebih cepat dan dalam jumlah yang lebih banyak. Contoh imunisasi aktif adalah imunisasi polio atau campak.

2. Imunisasi Pasif

Imunisasi pasif adalah penyuntikan sejumlah antibodi, sehingga kadar antibodi dalam tubuh meningkat. Contohnya adalah penyuntikan ATS (Anti Tetanus Serum) pada orang yang mengalami luka kecelakaan. Contoh lain adalah yang terdapat pada bayi yang baru lahir di mana bayi tersebut menerima berbagai jenis antibodi dari ibunya melalui darah plasenta selama masa kandungan, misalnya antibodi terhadap campak.

3. Netralisasi

Virus dikerjakan dengan imunoglobulin spesifik, tanpa perlu memberikan antibody yang berlebihan terhadap virion. Satu antibody dapat menetralkan satu partikel virus. Virion yang sudah dinetralkan tidak dapat menembus sel tuan rumah, sehingga tidak akan terjadi infeksi. Vaksinasi adalah imunisasi aktif secara buatan, yaitu sengaja memberikan antigen yang diperoleh dari agen menular pada ternak sehingga tanggap kebal dapat ditingkatkan dan tercapai resistensi terhadap agen menular tersebut.

Interferon

Interferon dalam tubuh manusia terjadi berdasarkan jenis sel terinfeksi bukan berdasarkan virus penginfeksi. Tahan asam. Dihasilkan oleh sel hidup bila terjadi infeksi virus atau rangsangan (fungi mikrofa RNA helein dan statolon), hemaphylus, endotoksin, riketsia, asam poliriboinosinat-asam opliribositidlat.

Klasifikasi interferon dibagi menjadi 3 berdasarkan sifat antigenik yaitu :

1. Interferon-

Merupakan suatu produk leukosit (nama klasik :leucocyte interferon). Interferon- manusia paling sedikit mempunyai lima perbedaan meskipun homolog dan strukturnya sama. Sedikitnya ada 13 gen bebas pada interferon- . Bertempat di kromosom 9 sel manusia. Gen-gen tidak mempunyai intron. Selain itu diketahui adanya 6 pseugenes.

2. Interferon- β

Pada mulanya penemuannya merupakan produk fibroblast yang terinfeksi virus sehingga dinamakan fibroblast interferon. Strukturnya mirip dengan interferon- α dan memiliki reseptor yang sama. Perbedaan yang nyata dengan interferon- α adalah gen-gen, host cell range, kurva dosis respon dan aksi sitolitik terhadap sel. Sama seperti interferon- α , gen interferon- β tidak mempunyai intron dan posisinya terletak pada kromosom 2,5, dan 9.

3. Interferon- γ

Disebut juga immune interferon. Berbeda dengan interferon- α dan β , interferon- γ labil pada pH 2 dan sifatnya menunjukkan bukan saja sebagai antiviral tetapi juga sebagai antiselular (antitumor). Kedua sifat ini berhubungan erat dengan respon imun. Gen interferon- γ hanya sedikit homolog dengan interferon- α dan β . Mempunyai 3 intron, dan posisinya pada kromosom 12.

Daya kerja dipengaruhi oleh :

1. Protein reseptor untuk molekul yang terangsang interferon.
2. Interferon sendiri
3. Protein penghambat sintesis interferon
4. Endonuklease
5. Proteinkinase

Tugas Praktikum :

Pertemuan 7: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi virologi

PENGANTAR PARASITOLOGI

A. Pengertian dan Ruang Lingkup

Parasitologi berasal dari kata "parasitos" yang artinya organisme yang mengambil makanan dan "logos" yang artinya ilmu atau telaah. Jadi, Parasitologi adalah ilmu yang mempelajari organisme-organisme yang hidup sementara atau tetap di dalam atau di permukaan organisme lain yang dihindangi untuk mengambil makanan sebagian atau seluruhnya dari organisme itu.

B. Pembagian Parasit

Parasit yang menghinggapi manusia dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Fitoparasit (Parasit Tumbuhan), meliputi:

- a. jamur
- b. bakteri

2. Zooparasit (Parasit Hewan), meliputi:

a. Protozoa (hewan yang mempunyai sel tunggal)

Contohnya: a. Entamoeba sp.

b. Trichomonas sp.

c. Plasmodium sp.

b. Metazoa(hewan yang mempunyai jaringan)

Contohnya: a. Cacing

b. Serangga

3. Spirochaeta dan Virus

Mikroorganisme ini berukuran ultra-mikroskopis dan struktur selnya lebih sederhana daripada

jamur, bakteri, dan protozoa.

C. Daur Hidup

Untuk melangsungkan hidupnya, parasit harus bisa ditularkan dari satu hospes ke hospes lain. Parasit yang hanya mempunyai satu hospes, daur hidupnya digambarkan dengan bagan

sederhana, sedangkan yang mempunyai dua hospes atau lebih, daur hidupnya digambarkan dengan bagan yang lebih kompleks.

Kepentingan mempelajari daur hidup suatu parasit pada manusia yaitu untuk mengetahui stadium-stadium dalam daur hidupnya yang dapat dipakai untuk diagnosis (stadium diagnostik) dan stadium pada saat mulai infeksi (stadium infeksi).

D. Hospes, Vektor, dan Parasit

Organisme yang dihinggapai parasit disebut hospes. Untuk melangsungkan hidupnya, parasit memerlukan satu hospes atau lebih. Untuk kelangsungan hidup parasit dikenal bermacam-macam hospes. Organisme yang dihinggapai parasit hingga tumbuh menjadi dewasa dan melangsungkan perkembangbiakan disebut Hospes Definitif. Contohnya, manusia sebagai hospes definitif *Ascaris lumbricoides*. Organisme (hewan) yang dihinggapai parasit sampai stadium infeksi yang dapat ditularkan disebut Hospes Perantara. Organisme (hewan) yang dihinggapai parasit stadium infeksi yang tidak dapat tumbuh menjadi dewasa, tetapi dapat ditularkan dan menjadi dewasa pada hospes definitif disebut Hospes Paratenik. Sementara itu, organisme yang dihinggapai parasit dan sekaligus berperan sebagai sumber infeksi pada manusia disebut Hospes Reservoir.

Menurut sifat hidupnya, parasit dapat dikelompokkan menurut tempat hidupnya, keperluan akan hospes, jenis hospes yang dihinggapai, dan lamanya hidup.

1. Menurut tempat hidupnya, parasit dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Ektoparasit, yaitu parasit yang hidup di permukaan hospes, misalnya *Pediculus capitis* (Kutu Kepala).
- b. Endoparasit, yaitu parasit yang hidup pada organ dalam hospes, misalnya *Enterobius vermicularis* (Cacing Keremi).

2. Menurut keperluan akan hospes, parasit dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Parasit Obligat, yaitu parasit yang selalu membutuhkan hospes tertentu dan akan mati apabila tidak ada hospes itu, misalnya kelompok cacing perut.
- b. Parasit Fakultatif, yaitu parasit yang hidup dengan mengambil makanan pada hospes tertentu, tetapi juga dapat hidup tanpa hospes itu, misalnya nyamuk.

3. Menurut jenis hospes yang dihinggapinya, parasit dikelompokkan sebagai berikut:

a. Parasit Monoksen, yaitu parasit yang hanya ditemukan pada satu jenis hospes, misalnya *Ascaris*

lumbricoides.

b. Parasit Poliksan, yaitu parasit yang dapat ditemukan pada lebih dari satu jenis hospes, misalnya

Toxoplasma gondii.

4. Menurut lamanya hidup pada hospes, parasit dikelompokkan sebagai berikut:

a. Parasit Permanen, yaitu parasit yang menetap pada hospes tertentu, misalnya *Ascaris*

lumbricoides.

b. Parasit temporer, yaitu parasit yang sewaktu-waktu menghinggapinya hospes tertentu, misalnya

sengkenit.

E. Klasifikasi Parasit

Semua organisme parasit diklasifikasikan sesuai dengan International Code of Zoological Nomenclature. Disini organisme parasit digolongkan menurut kategori tertentu, mulai dari kelompok besar sampai kelompok kecil dengan urutan mulai dari Filum, Klas, Ordo, Familia, Genus, dan Spesies. Kriteria yang dipakai untuk menggolongkan parasit adalah sifat, morfologi, dan struktur genetiknya.

Setiap spesies parasit diberi nama menurut sistem binomial (dua nama) yang terdiri dari nama genus dan spesies. Misalnya *Oxyuris vermicularis*, nama genusnya selalu dimulai dengan huruf besar, sedangkan nama spesies ditulis dengan huruf kecil.

JENIS PARASITOLOGI (MIKOLOGI, PROTOZOA, CESTODA, NEMATODATREMATODA, ANTROPODA)

CESTODA :

Yaitu divisi yang dibagi kedalam dua subclass. Subclass pertama yaitu cestodaria yang mempunyai proglotid dan mempunyai larva dengan sepuluh tahapan dan biasanya memiliki sepuluh alat pelekat. Tetapi cestoda itu sudah mempunyai lapisan epidermis dan sistem pencernaan, dan hanya mempunyai organ pelengkap pada bagian anterior, dan hampir merupakan parasit pada iakn laut. Subclass yang lain yaitu eucestoda. Hampir semua spesies cestoda masuk kedalam eucestoda kebanyakan setelah dewasa memiliki prolottid.

Eucesroda tebagi kedalam 11 ordo tetapi hanya 2 ordo yang merupakan parasit pada mamalia yaitu : pseudophyllidae dan cyclophyllidae. Organ pelekatnya terdapat pada kepala yang dilengkapi dengan alat pelekat, alat penghisap, bothria, dan othridia.

1. Ordo Proteocephalide

Cacing pita kecil, scolex dengan 4 alat penghisap, vitellaria sebagai pita samping, parasit pada ikan, amphibi, dan reptil.

2. Ordo Tetraphyllidea

Cacing pita berukuran sedang, scolex dengan 4 bothridia, vitellaria di bagian samping, parasit pada ikan elasmobranch, calliobothrium certicillatum terjadi dikatup spiral pada mulut anjing laut.

3. Ordo Discolieptidea

Hanya satu species yang dikenal dari ikan elasmobranch, scolex hanya satu dan tersebar dibagian anterior, siklus hidupnya belum diketahui.

4. Ordo Lecanicephalidea

Variabel scolex pada bagian anterior dan posterior dilegkapi oleh 4 alat penghisap, parasit pada ikan elasmobranch,

5. Ordo Pseudophyllidea

Cacing pita yang kecil atau besar, sclexnya punya dua pothria, pitelaria sebagai polikel yang tersebar pada pori uterine yang terbuka di permukaan, parasit pada ikan, burung dan mamalia,. Kebanyakan ada pada manusia khususnya pada wanitapada bothriocephalus latus yang mempunyai dua inang intermediat, pada copepod daikan air tawar. Panjangnya dapat mencapai 20 kaki dan usianya lebihdari 20th dan dapat juga menjadi penyebab symptoom seperti anemia pada laki-laki

6. Ordo Trypanorhynchidea

Scolexnya terdiri dari 2 atau 4 bothria dan 4 retractile, proboscides berduri dan tubuhnya memanjang. Pori alat kelaminnya terletak dipinggir. Ketika dalam keadaan larva merupakan parasit pada ikan teleoste dan setelah dewasa menjadi parasit pada ikan elasmobranch

7. Ordo Cyclophyllidae

Scolexnya mempunyai 4 alat penghisap dan juga dilengkapi oleh rostellum, tidak ada pori uterin, vitellaria ada di posterior sedangkan ovarinya ada di lateral. Proglotidnya pecah dari strobila ketika ia hampir mati, telurnya tidak operculate dan oospernya tidak bersilia terdapat pada taenidae. Salah satu yang termasuk ordo ini adalah taenia solium yang merupakan parasit pada manusia, taenia fasciola pada kucing dan anjing yang memproduksi larva ketika pada tubuh inang.

8. Ordo Apollidae

Variabel scolex, biasanya besar dengan 4 sucker, tidak bersegmen dan parasit kecil pada angsa dan bebek

9. Ordo Nippotaeniidae

Scolexnya memiliki 1 sucker dibagian anterior, punya beberapa proglotid dan parasit pada ikan di Jepang dan Rusia

10. Ordo Caryophyllidae

Bentuknya tidak bersegmen, parasit pada pisces dan oligochaetae, berkembang dengan reproduksi seksual, procercoid saat larva dan hanya memiliki beberapa spesies.

11. Ordo Spatheutheroidea

Variabel scolex tidak punya proglotid eksternal dan parasit pada ikan yang hendak bertelur dan ikan laut.

NEMATODA :

Arthropoda adalah filum yang paling besar dalam dunia hewan dan mencakup serangga, laba-laba, udang, lipan dan hewan sejenis lainnya. Arthropoda adalah nama lain hewan berbuku-buku. Arthropoda biasa ditemukan di laut, air tawar, darat, dan lingkungan udara, termasuk berbagai bentuk simbiosis dan parasit. Hampir dari 90% dari seluruh jenis hewan yang diketahui orang adalah Arthropoda. Arthropoda memiliki beberapa karakteristik yang membedakan dengan filum yang lain yaitu : Tubuh bersegmen; segmen biasanya bersatu menjadi dua atau tiga daerah yang jelas, anggota tubuh bersegmen berpasangan (Asal penamaan Arthropoda), simetri bilateral, eksoskeleton berkitin; secara

berkala mengalir dan diperbaharui sebagai pertumbuhan hewan, kanal alimentari seperti pipa dengan mulut dan anus, sistem sirkulasi terbuka, hanya pembuluh darah yang biasanya berwujud sebuah struktur dorsal seperti pipa menuju kanal alimentar dengan bukaan lateral di daerah abdomen, rongga tubuh; sebuah rongga darah atau hemosol dan selom tereduksi, sistem syaraf terdiri atas sebuah ganglion anterior atau otak yang berlokasi di atas kanal alimentari, sepasang penghubung yang menyalurkan dari otak ke sekitar kanal alimentari dan tali syaraf ganglion yang berlokasi di bawah kanal alimentary, ekskresi biasanya oleh tubulus malphigi; tabung kosong yang masuk kanal alimentari dan material hasil ekskresi melintas keluar lewat anus, respirasi dengan insang atau trakhea dan spirakel, tidak ada silia atau nefridia.

Empat dari lima bagian (yang hidup hari ini) dari spesies hewan adalah arthropoda, dengan jumlah di atas satu juta spesies modern yang ditemukan dan rekor fosil yang mencapai awal Cambrian. Arthropoda biasa ditemukan di laut, air tawar, darat, dan lingkungan udara, serta termasuk berbagai bentuk simbiotis dan parasit. Hampir dari 90% dari seluruh jenis hewan yang diketahui orang adalah Arthropoda. Arthropoda dianggap berkerabat dekat dengan Annelida, contohnya adalah Peripetus di Afrika Selatan.

Arthropoda dalam dunia hewan merupakan filum yang terbesar di dunia. Jumlah spesiesnya yaitu sekitar 900.000 spesies dengan beragam variasi. Jumlah ini kira-kira 80% dari spesies hewan yang diketahui sekarang. Arthropoda dapat hidup di air tawar, laut, tanah, dan praktis semua permukaan bumi dipenuhi oleh spesies ini. Arthropoda mungkin satu-satunya yang dapat hidup di Antartika dan liang-liang batu terjal di pegunungan yang tinggi. Semua anggota filum ini mempunyai tubuh beruas-ruas dan kerangka luar yang tersusun dari kitin. Rongga tubuh utama disebut hemocoel. Hemocoel terdiri dari sejumlah ruangan kecil yang dipompa oleh jantung. Jantung terletak pada sisi dorsal dari tubuhnya. Sistem saraf arthropoda seperti pada annellida, terdapat bagian ventral tubuh berbentuk seperti tangga tali. Arthropoda memiliki lima kelas, diantaranya yaitu : kelas Chilopoda, kelas Diplopoda, kelas Crustacea, kelas Arachnida, dan kelas Insecta.

TREMATODA :

CACING TREMATODA darah (schistosomiasis) adalah cacing yang berbentuk pipih dan tinggal di berbagai aliran darah. Biasanya cacing ini masuk ke tubuh manusia melalui makanan atau minuman yang mengandung parasite cacing ini dan mandi pada air yang kotor.

SEBAB-SEBABNYA

- Minum air yang sudah terdapat parasit cacing ini
- Mandi atau berenang pada air yang kotor

GEJALANYA

- Terasa gatal-gatal yang nyata
- Terjadi pembengkakan, serangan asma dan hati terasa sakit bila disentuh (bila terjadi peradangan)
- Demam, berkeringat dan di sentry
- Berat badan berkurang dan hilang napsu makan

PERAWATANNYA

- Bila ada gejala penyakit ini sebaiknya ditangani dokter

PENCEGAHAN

- Penampungan tinja jangan sembarangan tempat dan sediakanlah tempat tertentu yang sesuai dengan kesehatan.

PROTOZOA :

Merupakan filum hewan bersel satu yang dapat melakukan reproduksi seksual (generatif) maupun aseksual (vegetatif). Habitat hidupnya adalah tempat yang basah atau berair. Jika kondisi lingkungan tempat hidupnya tidak menguntungkan maka protozoa akan membentuk membran tebal dan kuat yang disebut Kista. Ilmuwan yang pertama kali mempelajari protozoa adalah Anthony van Leeuwenhoek.

PROTOZOA DIBAGI MENJADI 4 KELAS BERDASAR ALAT GERAK

1	Rhizopoda (Sarcodina), alat geraknya berupa pseudopoda (kaki semu) - Amoeba proteus memiliki dua jenis vakuola yaitu vakuola makanan dan vakuola kontraktile. - Entamoeba histolytica menyebabkan disentri amuba (bedakan dengan disentri basiler yang disebabkan Shigella dysenteriae) - Entamoeba gingivalis menyebabkan pembusukan makanan di dalam mulut radang gusi (Gingivitis) - Foraminifera sp. fosilnya dapat dipergunakan sebagai petunjuk adanya minyak bumi. Tanah yang
---	---

	mengandung fosil fotaminifera disebut tanah globigerina. - Radiolaria sp. endapan tanah yang mengandung hewan tersebut digunakan untuk bahan penggosok.
2	Flagellata (Mastigophora), alat geraknya berupa nagel (bulu cambuk). Dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu: • Golongan phytonagellata - Euglena viridis (makhluk hidup peralihan antara protozoa dengan ganggang) - Volvox globator (makhluk hidup peralihan antara protozoa dengan ganggang) - Noctiluca millaris (hidup di laut dan dapat mengeluarkan cahaya bila terkena rangsangan mekanik) • Golongan Zooflagellata, contohnya : - Trypanosoma gambiense & Trypanosoma rhodesiense. Menyebabkan penyakit tidur di Afrika dengan vektor (pembawa) P lalat Tsetse (Glossina sp.) Trypanosoma gambiense vektornya Glossina palpalis P tsetse sungai Trypanosoma rhodeslense vektornya Glossina morsitans P tsetse semak - Trypanosoma cruzi P penyakit chagas - Trypanosoma evansi P penyakit surra, pada hewan ternak (sapi). - Leishmaniadonovani P penyakit kalarzar - Trichomonas vaginalis P penyakit keputihan
3	Ciliata (Ciliophora), alat gerak berupa silia (rambut getar) • Paramecium caudatum P disebut binatang sandal, yang memiliki dua jenis vakuola yaitu vakuola makanan dan vakuola kontraktil yang berfungsi untuk mengatur kesetimbangan tekanan osmosis (osmoregulator). Memiliki dua jenis inti P Makronukleus dan Mikronukleus (inti reproduktif). Cara reproduksi, aseksual P membelah diri, seksual P konjugasi. • Balantidium coli P menyebabkan penyakit diare.
4	Sporozoa, adalah protozoa yang tidak memiliki alat gerak Cara bergerak hewan ini dengan cara mengubah kedudukan tubuhnya. Pembiakan secara vegetatif (aseksual) disebut juga Skizogoni dan secara generatif (seksual) disebut Sporogoni.

	Marga yang berhubungan dengan kesehatan manusia Þ Toxoplasma dan Plasmodium. Jenis-jenisnya antara lain: - Plasmodium falciparum Þ malaria tropika Þ sporulasi tiap hari - Plasmodium vivax Þ malaria tertiana Þ sporulasi tiap hari ke-3 (48 jam) - Plasmodium malariae Þ malaria knartana Þ sporulasi tiap hari ke-4 (72 jam) - Plasmodium ovale Þ malaria ovale
--	--

Siklus hidup Plasmodium mengalami metagenesis terjadi di dalam tubuh manusia (reproduksi vegetatif Þ skizogoni) dan didalam tubuh nyamuk Anopheles sp. (reproduksi generatif Þ sporogoni). secara lengkap sebagai berikut:

Sporozoit Þ Masuk Tubuh Di Dalam Hati (Ekstra Eritrositer) Þ Trophozoit Þ Merozoit (memakan eritrosit Þ Eritrositer) Þ Eritrosit

Pecah (peristiwanya Þ Sporulasi) Þ Gametosit Þ Terhisap Nyamuk Þ Zygot

Ookinete Þ Oosis Þ Sporozoit.

ANTROPODA

Arthropoda (filum Arthropoda) adalah filum yang paling besar dalam dunia hewan dan mencakup serangga, laba-laba, udang, lipan dan hewan mirip lainnya. Arthropoda adalah nama lain hewan berbuku-buku.

Empat dari lima bagian (yang hidup hari ini) dari spesies hewan adalah arthropoda, dengan jumlah di atas satu juta spesies modern yang ditemukan dan rekor fosil yang mencapai awal Cambrian. Arthropoda biasa ditemukan di laut, air tawar, darat, dan lingkungan udara, serta termasuk berbagai bentuk simbiotis dan parasit.

Hampir dari 90% dari seluruh jenis hewan yang diketahui orang adalah Arthropoda. Arthropoda dianggap berkerabat dekat dengan Annelida, contohnya adalah Peripatus di Afrika Selatan.

A. Ciri-ciri Arthropoda

- Tubuh beruas-ruas terdiri atas kepala (caput), dada (toraks) dan perut (abdomen).
- Bentuk tubuh bilateral simetris, triploblastik, terlindung oleh rangka luar dari kitin.
- Alat pencernaan sempurna, pada mulut terdapat rahang lateral yang beradaptasi untuk mengunyah dan mengisap. Anus terdapat di bagian ujung tubuh.
- Sistem peredaran darah terbuka dengan jantung terletak di daerah dorsal (punggung) rongga tubuh.

- Sistem pernafasan:
 - Arthropoda yang hidup di air bernafas dengan insang, sedangkan yang hidup di darat bernafas dengan paru-paru buku atau permukaan kulit dan trakea.
- Sistem saraf berupa tangga tali. Ganglion otak berhubungan dengan alat indera.
 - Arthropoda memiliki alat indera seperti antena yang berfungsi sebagai alat peraba, mata tunggal (ocellus) dan mata majemuk (facet), organ pendengaran (pada insecta) dan statocyst (alat keseimbangan) pada Crustacea.
- Alat ekskresi berupa coxal atau kelenjar hijau, saluran Malpighi.
- Alat reproduksi, biasanya terpisah. Fertilisasi kebanyakan internal (di dalam tubuh).

B. Klasifikasi (penggolongan) Arthropoda

Berdasarkan ciri-ciri yang dimilikinya, Arthropoda dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu:

1. Kelas Crustacea (golongan udang).
2. Kelas Arachnida (golongan kalajengking dan laba-laba).
3. Kelas Myriapoda (golongan luwing).
4. Kelas Insecta (serangga).

Hewan-hewan kelompok Arthropoda

Perbedaan dari masing-masing kelas akan dijelaskan berikut ini.

Ciri Kelas :

1. Crustacea
2. Arachnida
3. Myriapoda
4. Insecta

Tubuh :

- a. Mempunyai rangka yang keras
- b. Terdiri atas 2 bagian : kepala-dada dan perut
- c. Terdiri atas 2 bagian : kepala-dada dan perut a. Chilopoda: kepala dan badan gepeng (dorso ventra)

Diplopoda : kepala dan badan silindris

- Terdiri atas kepala, dada dan abdomen (perut)
- Kaki 1 pasang pada setiap segmen tubuh 4 pasang pada kepala - dada 1 pasang atau 2 pasang pada setiap ruas 3 pasang pada dada atau tidak ada
- Sayap Tidak ada Tidak ada Tidak ada 2 pasang atau tidak ada

- Antena 2 pasang Tidak ada a. Chilopoda : 1 pasang dan panjang

Diplopoda : 1 pasang dan pendek

- 1 pasang
- Organ Pernafasan Insang atau seluruh permukaan tubuh Paru-paru buku Trakea Trakea
- Tempat hidup Air tawar, air laut Di darat Di darat Di darat

1. Crustacea

Crustacea adalah hewan akuatik (air) yang terdapat di air laut dan air tawar.

Ciri-ciri crustacea adalah sebagai berikut:

a. Struktur Tubuh

Tubuh Crustacea bersegmen (beruas) dan terdiri atas sefalotoraks (kepala dan dada menjadi satu) serta abdomen (perut). Bagian anterior (ujung depan) tubuh besar dan lebih lebar, sedangkan posterior (ujung belakang)nya sempit. Pada bagian kepala terdapat beberapa alat mulut, yaitu:

1. 2 pasang antena
2. 1 pasang mandibula, untuk menggigit mangsanya
3. 1 pasang maksilla
4. 1 pasang maksilliped

Maksilla dan maksiliped berfungsi untuk menyaring makanan dan menghantarkan makanan ke mulut. Alat gerak berupa kaki (satu pasang setiap ruas pada abdomen) dan berfungsi untuk berenang, merangkak atau menempel di dasar perairan.

b. Sistem Organ

1. Sistem Pencernaan

Makanan Crustacea berupa bangkai hewan-hewan kecil dan tumbuhan. Alat pencernaan berupa mulut terletak pada bagian anterior tubuhnya, sedangkan esophagus, lambung, usus dan anus terletak di bagian posterior. Hewan ini memiliki kelenjar pencernaan atau hati yang terletak di kepala – dada di kedua sisi abdomen. Sisa pencernaan selain dibuang melalui anus, juga dibuang melalui alat ekskresi disebut kelenjar hijau yang terletak di dalam kepala.

2. Sistem Saraf

Susunan saraf Crustacea adalah tangga tali. Ganglion otak berhubungan dengan alat indera yaitu antena (alat peraba), statocyst (alat keseimbangan) dan mata majemuk (facet) yang bertangkai.

3. Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah Crustacea disebut peredaran darah terbuka. Artinya darah beredar tanpa melalui pembuluh darah. Darah tidak mengandung hemoglobin, melainkan hemosianin yang daya ikatnya terhadap O₂ (oksigen) rendah.

4. Sistem Pernafasan

Pada umumnya Crustacea bernafas dengan insang. Kecuali Crustacea yang bertubuh sangat kecil bernafas dengan seluruh permukaan tubuhnya.

5. Alat Reproduksi

Alat reproduksi pada umumnya terpisah, kecuali pada beberapa Crustacea rendah. Alat kelamin betina terdapat pada pasangan kaki ketiga. Sedangkan alat kelamin jantan terdapat pada pasangan kaki kelima. Pembuahan terjadi secara eksternal (di luar tubuh).

Dalam pertumbuhannya, udang mengalami ekdisis atau pergantian kulit. Udang dewasa melakukan ekdisis dua kali setahun, sedangkan udang yang masih muda mengalami ekdisis dua minggu sekali. Selain itu udang mampu melakukan autotomi (pemutusan sebagian anggota tubuhnya). Misalnya: udang akan memutuskan sebagian pangkal kakinya, bila kita menangkap udang pada bagian kakinya. Kemudian kaki tersebut akan tumbuh kembali melalui proses regenerasi.

c. Klasifikasi Crustacea

1. Entomostraca (udang tingkat rendah). Hewan ini dikelompokkan menjadi empat ordo, yaitu:
 - a. Branchiopoda
 - b. Ostracoda
 - c. Copepoda
 - d. Cirripedia
2. Malakostraca (udang tingkat tinggi). Hewan ini dikelompokkan dalam tiga ordo, yaitu:
 - a. Isopoda

b. Stomatopoda

c. Decapoda

Entomostraca (udang tingkat rendah). Kelompok Entomostraca umumnya merupakan penyusun zooplankton, adalah melayang-layang di dalam air dan merupakan makanan ikan. Adapun pembagian ordo yang termasuk Entomostraca antara lain :

a. Branchiopoda

Contoh: *Daphnia pulex* dan *Asellus aquaticus*. Hewan ini sering disebut kutu air dan merupakan salah satu penyusun zooplankton. Pembiakan berlangsung secara parthenogenesis.

b. Ostracoda

Contoh: *Cypris candida*, *Codona suburdana*. Hidup di air tawar dan laut sebagai plankton, tubuh kecil dan dapat bergerak dengan antena.

c. Copepoda

Contoh: *Argulus indicus*, *Cyclops*. Hidup di air laut dan air tawar, dan merupakan plankton dan parasit, segmentasi tubuhnya jelas.

d. Cirripedia

Contoh: Lepas atau Bernakel, *Sacculina*. Tubuh dengan kepala dan dada ditutupi karapaks berbentuk cakram dan hidup di laut melekat pada batu atau benda lain. Cirripedia ada yang bersifat parasit. Cara hidup Cirripedia beraneka ragam. Salah satu diantaranya adalah Bernakel yang terdapat pada dasar kapal, perahu dan tiang-tiang yang terpancang di laut atau mengapung di laut.

Bernakel Malakostraca (udang tingkat tinggi). Hewan ini kebanyakan hidup di laut, adapula yang hidup di air tawar. Tubuhnya terdiri atas sefalotoraks yaitu kepala dan dada yang bersatu serta perut (abdomen). Malakostraca dibagi menjadi 3 ordo, yaitu Isopoda, Stomatopoda dan Decapoda.

- Isopoda: Tubuh pipih, dorsiventral, berkaki sama. Contoh:
 - *Oniscus asellus* (kutu perahu)
 - *Limnoria lignorum*

Keduanya adalah pengerek kayu.

- Stomatopoda : Contoh: *Squilla empusa* (udang belalang). Hidup di laut, bentuk tubuh mirip belalang sembah dan mempunyai warna yang mencolok. Belakang kepala mempunyai karapaks. Kepala dilengkapi dengan dua segmen anterior yang dapat bergerak, mata dan antena.
- Decapoda (si kaki sepuluh). Yang termasuk ordo ini adalah udang dan ketam. Hewan ini mempunyai sepuluh kaki dan merupakan kelompok udang yang sangat penting peranannya bagi kehidupan manusia. Decapoda banyak digunakan sebagai sumber makanan yang kaya dengan protein. Contohnya adalah udang, kepiting, ketam dan rajungan. Kepala – dada menjadi satu (cephalothorax) yang ditutupi oleh karapaks. Tubuh mempunyai 5 pasang kaki atau sepuluh kaki sehingga disebut juga hewan si kaki sepuluh. Hidup di air tawar, dan beberapa yang hidup di laut. Beberapa contoh Decapoda berikut uraiannya, yaitu:

1. Udang

- *Penaeus setiferus* (udang windu), hidup di air payau, enak dimakan dan banyak dibudidayakan.
- *Macrobrachium rassenbengi* (udang galah), enak dimakan, hidup di air tawar dan payau.
- *Cambarus virilis* (udang air tawar)
- *Panulirus versicolor* (udang karang), hidup di air laut dan tidak memiliki kaki catut.
- *Palaemon carcinus* (udang sotong)

2. Ketam

- *Portunus sexdentatus* (kepiting)
- *Neptunus pelagicus* (rajungan)/*Pagurus* sp.
- *Parathelapsa maculata* (yuyu)
- *Scylla serrata* (kepiting)
- *Birgus latro* (ketam kenari)

Kelompok Malakostraca

d. Peran Crustacea bagi Kehidupan Manusia

Jenis Crustacea yang menguntungkan manusia dalam beberapa hal, antara lain:

1. Sebagai bahan makanan yang berprotein tinggi, misal udang, lobster dan kepiting.
2. Dalam bidang ekologi, hewan yang tergolong zooplankton menjadi sumber makanan ikan, misal anggota Branchiopoda, Ostracoda dan Copepoda.

Sedangkan beberapa Crustacea yang merugikan antara lain:

1. Merusak galangan kapal (perahu) oleh anggota Isopoda.
2. Parasit pada ikan, kura-kura, misal oleh anggota Cirripedia dan Copepoda.
3. Merusak pematang sawah atau saluran irigasi misalnya ketam

Tugas Praktikum :

Pertemuan 8: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi spesimen I

Pertemuan 9: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi spesimen II

PERSIAPAN PASIEN UNTUK PEMERISAAN PARASIT DAN LINGKUNGAN DENGAN PARASIT

A. Pengertian Spesimen

Sepesimen merupakan segala macam benda apa saja yang dianggap tercemar oleh suatu penyakit hewan atau jasa drenik penyebab penyakit hewan termasuk bagian-bagian tubuh hewan atau berupa hewannya sendiri yang mati, sakit atau tersangka sakit perlu dikirim secara cepat dengan memperhatikan ketentuan yang diperlukan. Manfaat pengiriman spesimen pada lembaga yang secara profesional berwenang misalnya Balitvet, BPPH atau laboratorium di beberapa perguruan tinggi tidak hanya berarti terhadap diagnosa penyakit itu sendiri namun juga untuk pengendalian penyakit secara lebih luas misalnya dalam ruang lingkup epidemiologi.

B. Dasar pengumpulan specimen adalah :

1. Jenis spesimen yang dikirim tergantung pada jenis penyakit sehingga organ yang dikirim juga spesifik khususnya organ atau jaringan yang secara klinis mengalami perubahan.
2. Spesimen dikirim dalam keadaan aseptik menggunakan bahan yang ditetapkan sesuai prosedur atau peralatan yang telah dicuci, dikeringkan dan disterilisasi.
3. Botol diberi identitas yang jelas dan teknis pemeriksaan apa yang diinginkan.
4. Botol specimen disimpan dalam thermoses dan selama proses pengambilan spesimen lakukan secara hati-hati khususnya terhadap pencemaran.

Ada beberapa yang mempengaruhi seleksi pengiriman specimen diantaranya yaitu: waktu, peralatan, teknik, transportasi, dan tidak kalah penting adanya form/ dokumen specimen. Pada prinsip nya bahan yang diperlukan, cara pengepakan, dan metode yang dikehendaki harus disesuaikan dengan apakah spesimen tersebut untuk diperiksa secara bakteriologik, virologik, mikologik, parasitologik, toksikologik, serologic dan pemeriksaan histopatologik. Penyakit dan organ yang terserang biasanya spesifik oleh karenanya pengiriman specimen harus memperhatikan gejala klinis penyakit dan jenis specimen serta pengawetan yang digunakan.

C. Jenis dan Tujuan Pengambilan Specimen

Jenis Pengambilan Specimen.

1. Secara Probabilitas

Probabilitas atau random sampling merupakan jenis teknik sampling yang dilakukan dengan memberikan peluang atau kesempatan kepada seluruh anggota populasi untuk menjadi sampel. Dengan demikian sampel yang diperoleh diharapkan merupakan sampel yang representatif.

Jenis Teknik sampling semacam ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- a. rambang sederhana atau random sampling. Cara paling populer yang dipakai dalam proses penarikan sampel rambang sederhana adalah dengan undian
- b. secara sistematis (systematic sampling). Prosedur ini berupa penarikan sample dengan cara mengambil setiap kasus (nomor urut) yang kesekian dari daftar populasi
- c. secara rambang proporsional (proporsional random sampling). Jika populasi terdiri dari subpopulasi-subpopulasi maka sample penelitian diambil dari setiap subpopulasi. Adapun cara pengambilannya dapat dilakukan secara undian maupun sistematis.
- d. secara rambang bertingkat. Bila subpopulasi-subpopulasi sifatnya bertingkat, cara pengambilan sampel sama seperti pada teknik sampling secara proportional.
- e. secara kluster (cluster sampling) Ada kalanya peneliti tidak tahu persis karakteristik populasi yang ingin dijadikan subjek penelitian karena populasi tersebar di wilayah yang amat luas. Untuk itu peneliti hanya dapat menentukan sampel wilayah, berupa kelompok kluster yang ditentukan secara bertahap. Teknik pengambilan sample semacam ini disebut cluster sampling atau multi-stage sampling.

2. Secara Nonprobabilitas.

Nonprobabilitas adalah jenis teknik pengambilan sample yang ditemukan atau ditentukan sendiri oleh peneliti atau menurut pertimbangan pakar. Beberapa jenis atau cara penarikan sampel secara nonprobabilitas adalah sebagai berikut.

- a. Purposive sampling atau judgmental sampling Penarikan sampel secara purposif merupakan cara penarikan sample yang dilakukan memilih subjek berdasarkan kriteria spesifik yang ditetapkan peneliti
- b. Snow-ball sampling (penarikan sample secara bola salju). Penarikan sample pola ini dilakukan dengan menentukan sample pertama. Sampel berikutnya ditentukan berdasarkan informasi dari sample pertama, sample ketiga ditentukan

berdasarkan informasi dari sample kedua, dan seterusnya sehingga jumlah sample semakin besar, seolah-olah terjadi efek bola salju.

- c. Quota sampling (penarikan sample secara jatah). Teknik sampling ini dilakukan dengan atas dasar jumlah atau jatah yang telah ditentukan. Biasanya yang dijadikan sample penelitian adalah subjek yang mudah ditemui sehingga memudahkan pula proses pengumpulan data.
- d. Accidental sampling atau convenience sampling Dalam penelitian bisa saja terjadi diperolehnya sampel yang tidak direncanakan terlebih dahulu, melainkan secara kebetulan, yaitu unit atau subjek tersedia bagi peneliti saat pengumpulan data dilakukan. Proses diperolehnya sampel semacam ini disebut sebagai penarikan sampel secara kebetulan.

D. Laboratorium

Pemeriksaan laboratorium adalah suatu tindakan dan prosedur tindakan pemeriksaan khusus dengan mengambil bahan atau sampel dari penderita dapat berupa urin (air kencing), darah, sputum (dahak), atau sample darihasil biopsy.

Tujuan Pemeriksaan Laboratorium:

1. Mendeteksi penyakit
2. Menentukan resiko
3. Skrining atau uji saring adanya penyakit sub klinis
4. Konfirmasi pasti diagnosis
5. Menemukan kemungkinan diagnostic yang dapat menyamarkan gejala klinik.
6. Membantu pemantauan pengobatan.
7. Menyediakan informasi prognostic atau perjalanan penyakit.
8. Memantau perkembangan penyakit
9. Mengetahui ada tidaknya kelainan atau penyakit yang banyak di jumpai dan potensial membahayakan.
10. Memberi ketenangan baik pada pasien maupun klinisi karena tidak di dapati penyakit.

Terdapat 3 faktor utama yang dapat mengakibatkan kesalahan hasil laboratorium yaitu:

- Pra instrumentasi : sebelum pemeriksaan
- Instrumentasi : saat pemeriksaan (analisa)
- Pasca instrumentasi : saat menulis hasil pemeriksaan.

PRA INSTRUMENTASI

Pada tahap ini sangat penting diperlukan kerjasama antara petugas, pasien dan dokter. Hal ini karena tanpa kerjasama yang baik akan mengganggu/mempengaruhi hasil pemeriksaan laboratorium.

Yang termasuk dalam tahapan pra instrumentasi meliputi:

1. Pemahaman instruksi dan pengisian formulir laboratorium.
2. Persiapan penderita
3. Persiapan alat yang akan dipakai
4. Cara pengambilan sample
5. Penanganan awal sample (termasuk pengawetan) dan transportasi.

Ekologi Parasit

Ekologi parasit adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara parasit dengan lingkungan habitatnya, terutama mengenai distribusi parasit dengan sumber makanannya dan interaksi jenis-jenis parasit dalam satu habitat. Parasit yang terdapat di dalam tubuh inang, mungkin terdapat di dalam sistem pencernaan, sistem sirkulasi, sistem respirasi atau alat-alat dalam tubuh seperti hati, ginjal, otak dan limpa. Biometeorologi adalah ilmu tentang atmosfer dan segala fenomena-fenomenanya/ilmu tentang cuaca yang berhubungan dengan data kehidupan. Faktor meteorologi yang berpengaruh pada kelangsungan hidup parasit adalah:

- a. Data biometeorologi
- b. Penguapan air
- c. Kandungan air dalam tanah.

Pengaruh Faktor Cuaca terhadap Siklus Hidup Parasit

Pengaruh jumlah hujan dan temperatur terhadap kelangsungan hidup suatu jenis parasit berbeda, sebagai contoh Nematoda parasit membutuhkan lebih sedikit curah hujan dibandingkan dengan Trematoda. Trematoda membutuhkan jumlah air yang lebih banyak dibandingkan dengan Nematoda sebab untuk menetas miracidium diperlukan genangan air. Demikian juga pada telur cacing nematoda umumnya lebih tahan terhadap temperatur yang lebih tinggi daripada Trematoda dan Cestoda, tetapi sebagai larva infeksiif sebaliknya, yaitu larva Nematoda lebih tahan dingin daripada larva Trematoda dan Cestoda. Diduga bagian sinar matahari yang berpengaruh besar pada siklus hidup parasit adalah sinar ultraviolet. Dalam bereaksi terhadap tantangan dari faktor-faktor cuaca tersebut parasit bereaksi secara gabungan dan bukan bereaksi terhadap faktor itu satu demi satu.

Ruang Lingkup Parasitisme

Dalam mempelajari parasitologi diperlukan pengertian dan pendekatan ekologi serta memahami ekologi parasit yang merupakan dasar pembahasan berbagai masalah antara lain masuknya parasit ke dalam hospes, kepadatan parasit, inang dan sebagainya. Demikian juga

untuk memahami penyebarannya perlu dipelajari mikro distribusi parasit. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kehidupan parasit antara lain air, temperatur, sinar matahari, waktu, flora dan fauna. Semua makhluk hidup itu bereaksi terhadap banyak faktor-faktor tersebut secara bersama-sama, tidak terhadap faktor satu demi satu. Selanjutnya dalam mencegah dan mengobati penyakit secara umum dengan tindakan praktis, khususnya dalam pencegahan serta pemberantasannya.

Tugas Praktikum :

Pertemuan 10: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi parasitologi I

Pertemuan 11: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi parasitologi II

ANALISA HASIL PEMERIKSAAN PARASIT

Parasit

Diperiksa pula adanya cacing ascaris, cacing pita, larva, batu empedu dan lain - lain yang mungkin didapatkan dalam tinja.

PEMERIKSAAN MIKROSKOPIS

Pemeriksaan mikroskopik meliputi pemeriksaan protozoa, telur cacing, leukosit, eritrosit, sel epitel, kristal dan sisa makanan. Dari semua pemeriksaan ini yang terpenting adalah pemeriksaan terhadap protozoa dan telur cacing.

a. Protozoa

Biasanya didapati dalam bentuk kista, bila konsistensi tinja cair baru didapatkan bentuk trofozoit.

b. Telur cacing

Telur cacing yang mungkin didapat yaitu *Ascaris lumbricoides*, *Necator americanus*, *Enterobius vermicularis*, *Trichuris trichiura*, *Strongyloides stercoralis* dan sebagainya.^{2,3}

c. leukosit

Dalam keadaan normal dapat terlihat beberapa leukosit dalam seluruh sediaan. Pada disentri basiler, kolitis ulserosa dan peradangan didapatkan peningkatan jumlah leukosit.^{2,3} Eosinofil mungkin ditemukan pada bagian tinja yang berlendir pada penderita dengan alergi saluran pencernaan..

d. eritrosit

Eritrosi thanya terlihat bila terdapat lesi dalam kolon, rektum atau anus. Sedangkan bila lokalisasi lebih proksimal eritrosit telah hancur. Adanya eritrosit dalam tinja selalu berarti abnormal.

f. epitel

Dalam keadaan normal dapat ditemukan beberapa sel epitel yaitu yang berasal dari dinding usus bagian distal. Sel epitel yang berasal dari bagian proksimal jarang terlihat karena sel inibiasanya telah rusak. Jumlah sel epitel bertambah banyak kalau ada perangsangan atau peradangan dinding usus bagian distal.¹⁻³

g. kristal

Kristal dalam tinja tidak banyak artinya. Dalam tinja normal mungkin terlihat kristal tripel fosfat, kalsium oksalat dan asam lemak. Kristal tripel fosfat dan kalsium oksalat didapatkan setelah memakan bayam atau strawberi, sedangkan kristal asam lemak didapatkan setelah banyak makan lemak. Sebagai kelainan mungkin dijumpai kristal

Charcoat Leyden Tinja LUGOL Butir-butir amilum dan kristal hematoidin. Kristal Charcoat Leyden didapat pada ulkus saluran pencernaan seperti yang disebabkan amubiasis. Pada perdarahan saluran pencernaan mungkin didapatkan kristal hematoidin.^{2,3}

h. Sisa makanan

Hampir selalu dapat ditemukan juga pada keadaan normal, tetapi dalam keadaan tertentu jumlahnya meningkat dan hal ini dihubungkan dengan keadaan abnormal. Sisa makanan sebagian berasal dari makanan daun-daunan dan sebagian lagi berasal dari hewan seperti serat otot, serat elastis dan lain-lain. Untuk identifikasi lebih lanjut emulsi tinja dicampur dengan larutan lugol untuk menunjukkan adanya amilum yang tidak sempurna dicerna. Larutan jenuh Sudan III atau IV dipakai untuk menunjukkan adanya lemak netral seperti pada steatorrhoe.² Sisa makanan ini akan meningkat jumlahnya pada sindroma malabsorpsi.

PRINSIP PENCEGAHAN PENULARAN PEYAKIT PARASIT

Tindakan-tindakan pencegahan infeksi dalam pelayanan asuhan kesehatan :

1. Meminimalkan infeksi yang disebabkan mikroorganisme (bakteri, virus, jamur).
2. Menurunkan resiko penularan penyakit yang mengancam jiwa (hepatitis dan HIV/AIDS).

Penolong persalinan dapat terpapar hepatitis dan HIV di tempat kerjanya melalui :

1. Percikan darah atau cairan tubuh pada mata, hidung, mulut atau melalui diskontinuitas permukaan kulit (luka atau lecet kecil).
2. Luka tusuk akibat jarum yang terkontaminasi atau peralatan tajam lainnya, baik saat prosedur dilakukan atau saat memproses peralatan.

Defenisi tindakan-tindakan dalam pencegahan infeksi :

1. Asepsis atau teknik aseptik

Asepsis atau teknik aseptik adalah semua usaha yang dilakukan dalam mencegah masuknya mikroorganisme ke dalam tubuh yang mungkin akan menyebabkan infeksi. Caranya adalah menghilangkan dan/atau menurunkan jumlah mikroorganisme pada kulit, jaringan dan benda-benda mati hingga tingkat aman.

2. Antisepsis

Antisepsis adalah usaha mencegah infeksi dengan cara membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada kulit atau jaringan tubuh lainnya.

3. Dekontaminasi

Dekontaminasi adalah tindakan yang dilakukan untuk memastikan bahwa petugas kesehatan dapat menangani secara aman benda-benda (peralatan medis, sarung tangan, meja pemeriksaan) yang terkontaminasi darah dan cairan tubuh. Cara memastikannya adalah segera melakukan dekontaminasi terhadap benda-benda tersebut setelah terpapar/terkontaminasi darah atau cairan tubuh.

4. Mencuci dan membilas

Mencuci dan membilas adalah tindakan-tindakan yang dilakukan untuk menghilangkan semua darah, cairan tubuh atau benda asing (debu, kotoran) dari kulit atau instrumen.

5. Disinfeksi

Disinfeksi adalah tindakan yang dilakukan untuk menghilangkan hampir semua mikroorganisme penyebab penyakit pada benda-benda mati atau instrumen.

6. Disinfeksi tingkat tinggi (DTT)

Disinfeksi tingkat tinggi (DTT) adalah tindakan yang dilakukan untuk menghilangkan semua mikroorganisme kecuali endospora bakteri, dengan cara merebus atau cara kimiawi.

7. Sterilisasi

Sterilisasi adalah tindakan yang dilakukan untuk menghilangkan semua mikroorganisme (bakteri, virus, jamur, parasit), termasuk endospora bakteri pada benda-benda mati atau instrumen.

Prinsip-prinsip pencegahan infeksi yang efektif berdasarkan :

1. Setiap orang (ibu, bayi baru lahir, penolong persalinan) harus dianggap dapat menularkan penyakit karena infeksi yang terjadi bersifat asimtomatik (tanpa gejala).
2. Setiap orang harus dianggap beresiko terkena infeksi.
3. Permukaan tempat pemeriksaan, peralatan dan benda-benda lain yang akan dan telah bersentuhan dengan kulit tak utuh, selaput mukosa, atau darah harus dianggap terkontaminasi sehingga setelah selesai digunakan harus dilakukan proses pencegahan infeksi secara benar.
4. Jika tidak diketahui apakah permukaan, peralatan atau benda lainnya telah diproses dengan benar, harus dianggap telah terkontaminasi.
5. Resiko infeksi tidak bisa dihilangkan secara total tetapi dapat dikurangi hingga sekecil mungkin dengan menerapkan tindakan-tindakan pencegahan infeksi yang benar dan konsisten.

Tindakan-tindakan pencegahan infeksi meliputi :

1. Cuci tangan
2. Memakai sarung tangan
3. Memakai perlengkapan pelindung
4. Menggunakan aseptis atau teknik aseptik
5. Memproses alat bekas pakai
6. Menangani peralatan tajam dengan aman

7. Menjaga kebersihan dan kerapian lingkungan serta pembuangan sampah secara benar.

Tugas Praktikum :

Pertemuan 12: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi prinsip pencegahan penyakit I

Pertemuan 13: Melakukan presentasi per kelompok mengenai materi prinsip pencegahan penyakit II

ISBN 978-602-5982-49-1



