

**MODUL MATA KULIAH**

**BIOLOGI  
(KES102)**



**Disusun Oleh  
Titta Novianti, S.Si., M.Biomed.**

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ESA UNGGUL**

**2016**

## Kata Pengantar

Alhamdulillah segala puji bagi Allah Yang Maha Mengatur, atas kehendakNya, maka kami dapat menyelesaikan modul mata kuliah Biologi yang kami susun bagi para mahasiswa Program Studi Bioteknologi Universitas Esa Unggul.

Modul ini disusun sebagai acuan pembelajaran bagi para dosen pengampu mata kuliah juga bagi para mahasiswa sehingga dapat mengembangkan sendiri dari berbagai buku text book atau jurnal hasil penelitian yang terkini.

Dengan adanya modul pembelajaran ini diharapkan proses pembelajaran menjadi lebih mudah dan kondusif sehingga tujuan capaian pembelajaran dan kompetensi mahasiswa dapat tercapai. Diharapkan mahasiswa dapat mempersiapkan diri dalam materi pembelajaran selanjutnya dengan metoda Student Centre Learning (SCL), bukan lagi dosen yang mempersiapkan bahan ajar tetapi para mahasiswa pun telah mempersiapkan diri materi yang akan didiskusikan atau dipresentasikan oleh para mahasiswa.

Kami berharap semoga modul pembelajaran ini dapat menstimulasi kecerdasan anak bangsa dan menyadari masih banyak ilmu yang harus mereka pelajaro setiap hari.

Semoga apa yang menjadi kekurangan dalam penulisan dapat menjadi bahan evaluasi perbaikan ke depan.

Jakarta, 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal
Kata Pengantar	1
Daftar Isi	2
Materi 01 Hierarki Organisma	3
Materi 02 Evolusi	8
Materi 03 Berbagai jenis sel Makhluk Hidup	29
Materi 04 Komponen sel dan Fungsinya	34
Materi 05 Metabolisme sel	43
Materi 06 Materi Genetika	49
Materi 07 pembelahan sel	63
Materi 08 reproduksi organisma	72
Materi 09 jaringan dan organ Hewan	76
Materi 10 Jaringan dan organ Tumbuhan	78
Materi 11 Mikroorganisma	83
Materi 12 Ekologi	
Materi 13 Biodiversity	
Materi 14 Kemajuan ilmu Biologi bagi peradaban manusia	

## **Materi 01**

### **Hierarki Organisma**

#### **A. Pengantar**

Mata kuliah Biologi dimulai dengan materi Hierarki Organisma agar mahasiswa memahami bagaimana hierarki pada makhluk hidup dari virus hingga makhluk hidup tingkat tinggi (manusia). Dengan pemahaman hierarki ini maka diharapkan dapat memahami tentang pengelompokan dan hierarki makhluk hidup. Sehingga diharapkan dapat memahami perbedaan-perbedaan dan pengelompokan setiap organisma.

#### **B. Kompetensi Dasar**

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan konsep hierarki dan pengelompokan makhlukhidup

#### **C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan mampu menjelaskan pengertian hierarki
2. Menjelaskan perbedaan dari setiap kelompok organisma
3. Menjelaskan manfaat hierarki dalam kehidupan manusia

#### **D. Kegiatan Pembelajaran**

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda presentasi dosen, diskusi dan presentasi kelompok
2. Mahasiswa memahami penjelasan dosen selama 30 menit dan selanjutnya diajukan masalah ke setiap kelompok untuk didiskusikan dan setiap kelompok presentasi di depan kelas

#### **E. MATERI**

##### **Pendahuluan**

Biologi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari kehidupan organisme, mulai dari mikrob, tumbuhan, hewan, sampai biologi manusia, sehingga Biologi boleh dikatakan merupakan induk dari ilmu-ilmu Pertanian dan Kedokteran. Oleh karena itu pengetahuan Biologi seharusnya menjadi pengetahuan dasar (basic sciences) bagi cabang ilmu-ilmu terapan tersebut.

Organisme hidup berinteraksi dengan lingkungannya yang berupa materi tidak hidup seperti gas dalam atmosfer, air, dan sinar matahari. Interaksi ini merupakan dasar suatu ekosistem yaitu hierarki tertinggi dalam suatu struktur organisasi kehidupan yang bisa dibuat. Suatu **ekosistem**, seperti hutan hujan tropika, mengandung semua organisme yang hidup dalam suatu daerah tertentu dengan komponen bukan hidup seperti tanah, udara, air, dan sinar matahari. Di bawah struktur organisasi ekosistem, semua makhluk hidup dalam hutan hujan tropika membawa suatu **komunitas**. Dalam komunitas organisme hutan hujan tropika terdiri dari berbagai spesies makhluk hidup, salah satunya adalah spesies tupai terbang yang membentuk suatu **populasi**. Populasi tupai terbang merupakan kumpulan individu tupai terbang yang disebut kumpulan **organisme**.

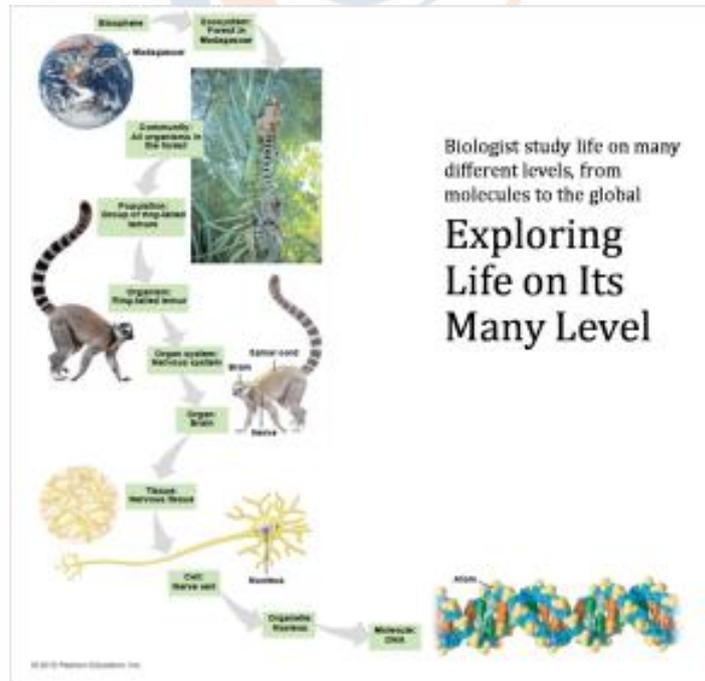
Struktur di bawah organisme dalam tubuh seekor tupai terbang terdapat banyak **sistem organ**, seperti sistem pernapasan, sistem pencernaan, dan sistem saraf. Setiap sistem organ terdiri dari **organ-organ**, sebagai contoh organ utama dari sistem saraf adalah otak, yang terdiri kumpulan **jaringan** saraf. Dan setiap jaringan saraf. Dan setiap jaringan merupakan sekelompok **sel** yang serupa. Sel merupakan unit kehidupan yang terpisah dari lingkungan yang dibatasi oleh membran. Setiap jaringan mempunyai fungsi yang khusus yang ditampilkan oleh sel penyusunnya. Jaringan saraf yang membentuk sebagian besar otak, terdiri dari sel-sel saraf. Koordinasi otot untuk meluruskan kaki tupai waktu loncat melayang merupakan hasil jaringan komunikasi yang kompleks dari jutaan sel saraf yang membentuk jaringan saraf dalam otak.

Hierarki terakhir dari struktur organisasi biologi berupa molekul kimia. Sebagai contoh adalah DNA (*deoxyribonucleic acid*) yang merupakan molekul kimia pembentuk cetak biru suatu organisme, dan molekul penting yang diwariskan dari tetua ke zuriatnya, yang disebut gen. molekul kimia merupakan kumpulan partikel terkecil kimia yang disebut atom.

Istilah sel (bahasa Yunani: Kytos = sel; bahasa Latin: cella = ruang koso Kehidupan berlangsung dalam hirarki yang terorganisasi. Jadi hierarki organism dari yang terkecil hingga yang terbesar yang dipelajari dalam biologi, adalah sebagai berikut:

- sel;
- jaringan;
- organ;
- sistem organ;

- individu;
- populasi;
- komunitas atau masyarakat;
- ekosistem; dan
- bioma.



Dalam biologi, **sel** adalah kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup dan merupakan unit penyusun semua makhluk hidup. **Jaringan** dalam biologi adalah sekumpulan sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama. Jaringan-jaringan yang berbeda dapat bekerja sama untuk suatu fungsi fisiologi yang sama membentuk organ. Di biologi, **organ** adalah kelompok jaringan yang melakukan beberapa fungsi. **Sistem organ** merupakan bentuk kerja sama antarorgan untuk melakukan fungsi-fungsi yang lebih kompleks lagi sehingga proses yang berlangsung di dalam tubuh suatu organisme dapat berjalan dengan baik sesuai aktivitas hidup organisme yang bersangkutan. **Individu** merupakan unit terkecil pembentuk masyarakat. Dalam biologi, **populasi** adalah sekumpulan individu dengan ciri-ciri yang sama (spesies) yang hidup menempati ruang yang sama pada waktu tertentu. **Komunitas** adalah sebuah kelompok sosial dari beberapa organisme yang berbagi lingkungan, umumnya memiliki ketertarikan dan habitat yang sama. **Ekosistem** adalah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. **Bioma** adalah sekelompok hewan dan tumbuhan yang tinggal di suatu lokasi geografis tertentu.



**Klasifikasi makhluk hidup**

## F. EVALUASI BELAJAR

### Rangkuman

- Biologi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari kehidupan organisme, mulai dari mikrob, tumbuhan, hewan, sampai biologi manusia. Kehidupan berlangsung dalam hirarki yang terorganisasi. Jadi hierarki organism dari yang terkecil hingga yang terbesar yang dipelajari dalam biologi, adalah sebagai berikut: sel; jaringan; organ; sistem organ; individu; populasi; komunitas atau masyarakat; ekosistem; dan bioma.

### 1. Latihan

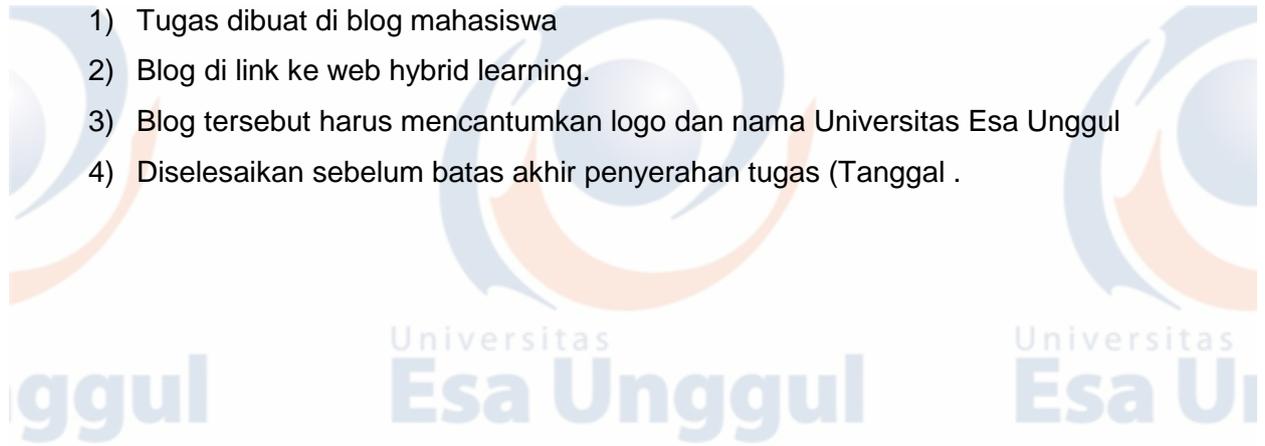
1. Mengapa peranan ilmu biologi bagi kehidupan sangat penting ?
2. Jelaskan hierarki dalam makhluk hidup !
3. Apa perbedaan bioma dan ekosistem ?
4. Apa peranan hierarki bagi kehidupan ?
5. Sebutkan kelompok-kelompok klasifikasi makhluk hidup

### 2. Tugas

1. Buatlah bentuk yang menarik dan komunikatif
2. Buat klasifikasi manusia dari spesies sampai kingdom !

### **G. Penilaian Tugas**

- 1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
- 2) Blog di link ke web hybrid learning.
- 3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
- 4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .



## Materi 02

### EVOLUSI

#### A. Pengantar

Mempelajari proses evolusi yang terjadi pada manusia serta makhluk hidup lainnya sebagai awal terbentuknya keanekaragaman hayati makhluk hidup

#### B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan berbagai proses evolusi pada manusia dan makhluk hidup lainnya sebagai awal mulanya terjadinya keanekaragaman hayati di muka bumi ini.

#### C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan pengertian evolusi
- b. Memahami dan mampu menjelaskan berbagai jenis teori evolusi
- c. Mampu menganalisis berbagai kontroversi mengenai teori evolusi
- d. Memahami dan menganalisis proses evolusi pada manusia
- e. Memahami dan menganalisis proses evolusi pada makhluk hidup lainnya
- f. Peranan evolusi sehingga terbentuknya keanekaragaman hayati di dunia

#### D. Kegiatan Pembelajaran

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

#### E. MATERI

##### Pendahuluan

**Evolusi** adalah proses perubahan pada seluruh bentuk kehidupan dari satu generasi ke generasi selanjutnya, dan biologi evolusioner mempelajari bagaimana evolusi ini terjadi. Pada setiap generasi, organisme mewarisi sifat-sifat yang dimiliki oleh orang tuanya melalui gen. Perubahan (yang disebut mutasi) pada gen ini akan menghasilkan sifat baru pada keturunan suatu organisme. Pada populasi suatu organisme, beberapa sifat akan menjadi lebih umum, manakala yang lainnya akan

menghilang. Sifat-sifat yang membantu keberlangsungan hidup dan reproduksi organisme akan lebih berkemungkinan berakumulasi dalam suatu populasi daripada sifat-sifat yang tidak menguntungkan. Proses ini disebut sebagai seleksi alam. Penghasilan jumlah keturunan yang lebih banyak daripada jumlah orang tua beserta keterwarisan sifat-sifat ini merupakan fakta tambahan mengenai kehidupan yang mendukung dasar-dasar ilmiah seleksi alam.<sup>[1]</sup> Gaya dorong seleksi alam dapat terlihat dengan jelas pada populasi yang terisolasi, baik oleh karena perbedaan geografi maupun mekanisme lain yang mencegah pertukaran genetika. Dalam waktu yang cukup lama, populasi yang terisolasi ini akan menjadi spesies baru.

Pemahaman mengenai biologi evolusioner dimulai pada tahun 1859 dengan diterbitkannya buku *On the Origin of Species* karya Charles Darwin. Selain itu, hasil kerja Gregor Mendel pada tumbuhan juga membantu menjelaskan pola-pola pewarisan genetika. Hal ini kemudian mendorong pemahaman mengenai mekanisme pewarisan. Penemuan lebih lanjut pada mutasi gen serta kemajuan pada genetika populasi menjelaskan mekanisme evolusi secara lebih mendetail. Para ilmuwan sekarang ini memiliki pemahaman yang cukup baik mengenai asal usul spesies baru (spesiasi) dan mereka pula telah memantau proses spesiasi yang terjadi di laboratorium maupun di alam. Pandangan evolusi modern ini merupakan teori utama yang para ilmuwan gunakan untuk memahami kehidupan.

Walaupun teori evolusi mendapatkan penentangan dan keberatan dari banyak pihak keagamaan, para ilmuwan dan komunitas ilmiah menolak keberatan-keberatan yang diajukan tersebut sebagai sesuatu yang tidak memiliki kesahihan, oleh karena argumen tersebut didasarkan pada kesalahpahaman pada konsep teori ilmiah dan penafsiran yang salah pada hukum-hukum fisika dasar. Menanggapi hal tersebut, 68 akademi sains nasional dan internasional dari seluruh dunia, termasuk pula Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia, Royal Society Britania, Akademi Sains Republik Islam Iran, dll., mengeluarkan sebuah pernyataan bersama pada tahun 2006 yang menyerukan pengajaran teori evolusi dalam pelajaran sains di sekolah-sekolah serta mengonfirmasi keilmiahan teori evolusi.

Charles Darwin mengembangkan gagasan bahwa tiap-tiap spesies berkembang dari nenek moyang yang sama, dan pada tahun 1838, ia menjelaskan bagaimana proses yang ia sebut sebagai seleksi alam ini dapat mengakibatkan hal ini terjadi. Gagasan Darwin mengenai cara kerja evolusi bergantung pada pengamatan-pengamatan berikut:

- Jika seluruh individu spesies berhasil bereproduksi, populasi spesies tersebut akan meningkat secara tidak terkendali.
- Populasi cenderung tetap dari tahun ke tahun.

- Sumber daya alam terbatas.
- Tiada dua individu organisme suatu spesies yang persis mirip satu sama lainnya.
- Kebanyakan variasi dalam suatu populasi dapat diwariskan kepada keturunan selanjutnya.



Charles Darwin mengajukan teori evolusi melalui seleksi alam

Darwin menyimpulkan oleh karena organisme menghasilkan keturunan yang lebih banyak daripada yang lingkungan dapat dukung, pastilah terdapat persaingan untuk bertahan hidup, dan hanya beberapa individu yang dapat bertahan hidup pada tiap generasi. Darwin menyadari bahwa keberlangsungan hidup tidaklah didasarkan pada kebetulan belaka. Namun, keberlangsungan hidup bergantung pada sifat-sifat tiap individu, dan sifat-sifat ini dapat membantu ataupun menghalangi keberlangsungan hidup dan reproduksi individu. Individu yang beradaptasi dengan baik memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk menghasilkan keturunan yang lebih banyak. Kemampuan beradaptasi yang tidak setara ini dapat menyebabkan perubahan perlahan dalam suatu populasi. Sifat-sifat yang membantu suatu organisme bertahan hidup dan bereproduksi akan berakumulasi dari generasi yang satu ke generasi selanjutnya. Sebaliknya, sifat-sifat yang menghalangi keberlangsungan hidup dan reproduksi akan menghilang. Darwin menggunakan istilah *seleksi alam* untuk menjelaskan proses ini.

Seleksi alam sering disamakan dengan *sintasan yang terbugar* (*survival of the fittest*), namun ekspresi ini sebenarnya dicetuskan oleh Herbert Spencer pada buku *Principles of Biology* tahun 1864, setelah Charles Darwin menerbitkan hasil kerjanya. *Sintasan yang terbugar* menjelaskan proses seleksi alam dengan tidak benar, karena seleksi alam bukanlah hanya mengenai keberlangsungan hidup, dan tidaklah selalu yang paling bugar (*fittest*) yang bertahan hidup.

Pengamatan terhadap variasi pada hewan dan tumbuhan merupakan dasar-dasar teori seleksi alam. Sebagai contoh, Darwin memantau bahwa bunga anggrek dan

serangga mempunyai hubungan dekat yang mengizinkan penyerbukan pada tumbuhan. Ia mencatat bahwa bunga anggrek mempunyai variasi pada strukturnya yang menarik serangga, sedemikian rupanya serbuk sari yang berasal dari bunga akan menempel pada tubuh serangga. Dengan begitu, serangga akan memindahkan serbuk sari dari anggrek jantan ke anggrek betina. Walaupun struktur bunga anggrek tampaknya rumit, namun bagian terspesialisasi ini terbuat dari struktur dasar yang dapat ditemukan pada bunga lain. Pada buku *Fertilisation of Orchids* karya Darwin, ia mengajukan bahwa bunga anggrek tidak mewakili hasil karya seorang insinyur yang ideal, namun diadaptasi dari bagian-bagian yang telah ada melalui seleksi alam.

Darwin masih meneliti dan bereksperimen dengan gagasannya mengenai seleksi alam ketika ia menerima sepucuk surat dari Alfred Wallace yang menulis tentang teori yang mirip dengan teori Darwin. Kedua orang tersebut kemudian mempublikasikan teori mereka secara bersamaan. Baik Wallace dan Darwin melihat sejarah kehidupan seperti sebuah pohon, dengan tiap pangkal cabang pohon merupakan nenek moyang bersama dan ujung cabang mewakili spesies modern yang berevolusi dari nenek moyang bersama ini. Untuk menjelaskan hubungan ini, Darwin mengatakan bahwa semua makhluk hidup adalah berkerabat, dan ini berarti bahwa semua kehidupan haruslah berasal dari beberapa bentuk kehidupan, atau bahkan dari satu nenek moyang bersama. Ia menyebut proses ini sebagai "keturunan dengan modifikasi"

Darwin mempublikasikan teori evolusi melalui seleksi alamnya dalam buku *On the Origin of Species* pada tahun 1859. Teorinya memberikan implikasi bahwa semua kehidupan, termasuk pula manusia, merupakan hasil dari proses-proses alami yang berkelanjutan. Implikasi ini mendapatkan keberatan dari berbagai pihak-pihak keagamaan yang percaya bahwa jenis-jenis kehidupan yang bervariasi diciptakan oleh Sang pencipta. Keberatan tersebut berbeda 180 derajat dengan tingkat dukungan para ilmuwan yang mencapai lebih dari 99 persen pada zaman sekarang.

### **Sumber variasi**

Teori seleksi alam Darwin menjadi kerangka dasar teori evolusi modern. Eksperimen dan pengamatan yang dilakukan oleh Darwin menunjukkan bahwa organisme dalam suatu populasi bervariasi, dan beberapa variasi tersebut terwariskan dan dapat diseleksi secara alami. Namun, Darwin tidak dapat menjelaskan sumber variasi ini. Sama seperti para ilmuwan sebelumnya, Darwin beranggapan bahwa sifat-sifat terwariskan ini merupakan akibat dari penggunaan ataupun ketidakgunaan organ tertentu, dan sifat yang didapatkan selama hayat organisme tersebut dapat diwariskan kepada keturunannya. Ia mengambil contoh burung unta yang

mendapatkan makanannya di daratan. Kaki burung unta menjadi lebih kuat oleh karena digunakan secara terus menerus dan sayap yang jarang digunakan pada akhirnya membuat burung unta tidak dapat terbang. Kesalahpahaman ini disebut "pewarisan karakter yang didapatkan" dan merupakan bagian dari teori transmisi spesies yang diajukan oleh Jean-Baptiste Lamarck pada tahun 1809. Pada akhir abad ke-19, teori ini menjadi apa yang dikenal sebagai Lamarckisme. Darwin mengembangkan sebuah teori yang dia sebut sebagai pangenesis untuk menjelaskan bagaimana karakteristik yang didapatkan selama hidup organisme dapat diwariskan. Pada tahun 1880-an, eksperimen August Weismann mengindikasikan bahwa perubahan yang diakibatkan oleh penggunaan ataupun ketidakgunaan terus menerus organ tertentu tidak dapat diwariskan, dan Lamarckisme secara perlahan ditinggalkan.

Informasi yang hilang yang diperlukan untuk menjelaskan sifat-sifat terwariskan ini dijawab oleh hasil kerja Gregor Mendel pada bidang genetika. Eksperimen Mendel dengan beberapa generasi tumbuhan kacang polong menunjukkan bahwa pewarisan bekerja dengan memisahkan dan mengacak informasi pewarisan semasa pembentukan sel kelamin dan merekombinasi informasi tersebut semasa pembuahan. Hal ini mirip dengan pengocokan kartu, dengan organisme tertentu mendapatkan campuran acak dari setengah set kartu yang berasal dari satu pihak orang tua, dan setengah sisanya berasal dari pihak lainnya. Mendel menyebut informasi ini sebagai *faktor*, namun pada zaman sekarang informasi ini dikenal dengan nama gen. Gen adalah satuan dasar hereditas organisme hidup. Ia mengandung informasi-informasi yang akan menentukan perkembangan fisik dan perilaku organisme.

Gen terbuat dari DNA, yakni molekul panjang yang membawa informasi. Informasi ini disimpan dalam urutan nukleotida dalam DNA, sama seperti urutan huruf-huruf dalam suatu kata yang membawa informasi. Gen sama seperti instruksi pendek yang terdiri dari "huruf-huruf" alfabet DNA. Apabila digabungkan bersama, keseluruhan set gen ini akan memberikan informasi yang cukup untuk membangun dan menjalankan suatu organisme. Instruksi yang terdapat pada DNA ini dapat berubah oleh karena mutasi. Dalam sel, gen dibawa oleh kromosom yang merupakan kumpulan DNA. Adalah perombakan pada kromosom yang mengakibatkan kombinasi unik gen pada keturunan.

Walaupun mutasi pada DNA adalah acak, seleksi alam bukanlah proses acak yang bergantung pada kebetulan. Lingkungan menentukan probabilitas keberhasilan reproduksi. Hasil akhir seleksi alam adalah organisme yang dapat beradaptasi terhadap lingkungan. Seleksi alam tidak mempunyai tujuan akhir, dan evolusi tidak

seperlunya membuat organisme menjadi lebih kompleks, lebih cerdas, ataupun lebih canggih. Sebagai contoh, kutu merupakan keturunan dari serangga ordo mecoptera yang bersayap, dan ular adalah kadal tidak lagi memerlukan kaki, walaupun fiton masih mempunyai struktur kecil kaki yang tersisa dari nenek moyangnya. Organisme yang ada di dunia hanyalah merupakan varian makhluk hidup yang berhasil beradaptasi terhadap lingkungan.

Perubahan lingkungan yang cepat biasanya akan menyebabkan kepunahan. Dari kesemuaan spesies yang pernah ada di Bumi, 99,9 persennya telah punah. Sejak dimulainya kehidupan di Bumi, terdapat lima kepunahan massal besar-besaran yang telah mengakibatkan penurunan keberagaman spesies secara besar dan tiba-tiba. Kepunahan massal yang paling akhir, kejadian kepunahan Kapur-Tersier, terjadi 65 juta tahun yang lalu. Ia mendapatkan perhatian yang lebih besar daripada kejadian kepunahan lainnya karena telah menyebabkan kepunahan dinosaurus.

### **Sintesis modern**

Lihat pula: Sintesis evolusi modern

Sintesis evolusi modern merupakan gabungan dari beberapa bidang ilmiah yang berkuat pada pemahaman biologi evolusioner. Pada tahun 1930-an dan 1940-an, terdapat usaha untuk menggabungkan teori seleksi alam Darwin, riset pada hereditas, dan pemahaman catatan fosil ke dalam satu kesatuan model penjelasan.

Penerapan prinsip-prinsip genetika ke dalam populasi alami oleh ilmuwan seperti Theodosius Dobzhansky dan Ernst Mayr telah memajukan pemahaman proses-proses evolusi. Hasil karya Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species*, merupakan langkah penting yang menjembatani genetika dengan biologi lapangan (*field biology*). Dengan dasar pemahaman gen dan pengamatan langsung proses evolusi pada lapangan riset, Mayr memperkenalkan konsep spesies biologis yang mendefinisikan spesies sebagai sekelompok populasi yang saling kawin ataupun yang berpotensi saling kawin, yang secara reproduktif terisolasi dari populasi lainnya.

Ahli paleontologi George Gaylord Simpson membantu memasukkan riset fosil dalam kajian evolusi dan hasil kerjanya menunjukkan pola-pola yang konsisten dengan percabangan dan jalur evolusi organisme yang diprediksi oleh sintesis modern.

Sintesis modern menekankan pentingnya populasi sebagai satuan evolusi, peran pusat seleksi alam sebagai mekanisme paling penting evolusi, dan gagasan gradualisme dalam menjelaskan bagaimana perubahan yang besar merupakan akumulasi perubahan kecil dalam periode waktu yang panjang.

### **Bukti evolusi**

Lihat pula: Bukti nenek moyang bersama

Bukti ilmiah evolusi berasal dari banyak aspek biologi, ia meliputi fosil, homologi struktur, dan persamaan molekuler DNA antar spesies.

### **Catatan fosil**

Riset pada bidang paleontologi yang mempelajari fosil mendukung gagasan bahwa semua organisme berkerabat. Fosil memberikan bukti bahwa perubahan yang berakumulasi pada organisme dalam periode waktu yang lama telah mengakibatkan keanekaragaman bentuk-bentuk kehidupan yang kita lihat sekarang. Fosil sendiri menyingkap struktur organisme dan hubungan antara spesies sekarang dengan spesies yang telah punah, mengizinkan para ahli paleontologi membangun pohon silsilah seluruh bentuk kehidupan di bumi.

Paleontologi modern dimulai oleh karya Georges Cuvier (1769–1832). Cuvier mencatat bahwa pada batuan sedimen, tiap lapisan mengandung kelompok fosil tertentu. Lapisan yang lebih dalam mengandung bentuk kehidupan yang lebih sederhana. Ia juga mencatat bahwa banyak bentuk kehidupan pada zaman dahulu yang tidak ada lagi pada zaman sekarang. Salah satu kontribusi Cuvier terhadap pemahaman catatan fosil adalah menegaskan bahwa kepunahan merupakan fakta. Untuk menjelaskan fenomena kepunahan ini, Cuvier mengajukan gagasan "revolusi" atau katastrofisme yang ia spekulasikan bahwa bencana geologi telah terjadi selama sejarah Bumi dan memusnahkan sejumlah besar spesies.<sup>[24]</sup> Teori revolusi Cuvier kemudian digantikan oleh teori uniformitarian, terutama teori uniformitarian James Hutton dan Charles Lyell yang mengajukan bahwa perubahan geologi bumi adalah perlahan dan konsisten.<sup>[25]</sup>

Namun, bukti mutakhir pada catatan fosil mensugestikan konsep kepunahan massal. Akibatnya, gagasan katastrofisme kembali menjadi hipotesis yang sah, paling tidak untuk beberapa perubahan cepat bentuk kehidupan yang muncul pada catatan fosil.

Sejumlah besar fosil telah ditemukan dan diidentifikasi. Fosil-fosil ini berperan sebagai catatan kronologis evolusi. Catatan fosil memberikan contoh-contoh spesies transisi yang menghubungkan bentuk kehidupan yang lalu dengan bentuk kehidupan sekarang.<sup>[26]</sup> Salah satu contoh fosil transisi tersebut adalah *Archaeopteryx*, organisme kuno yang memiliki karakteristik reptil (gigi kerucut dan tulang ekor yang panjang) namun juga memiliki karakteristik burung (bulu burung dan tulang furkula). Implikasi penemuan seperti ini adalah bahwa reptil dan burung memiliki nenek moyang bersama.<sup>[27]</sup>

### **Perbandingan anatomi**

Lihat pula: Evolusi konvergen dan Evolusi divergen

Perbandingan kemiripan pada bentuk maupun penampilan anggota tubuh antar organisme disebut sebagai morfologi. Morfologi telah digunakan sejak lama untuk

mengelompokkan bentuk-bentuk kehidupan ke dalam kelompok-kelompok yang berhubungan dekat. Ini dapat dilakukan dengan membandingkan struktur organisme dewasa spesies yang berbeda ataupun dengan membandingkan pola pertumbuhan, pembelahan, dan bahkan migrasi sel semasa perkembangan organisme.

### **Taksonomi**

Taksonomi adalah cabang ilmu biologi yang menamakan dan mengelompokkan seluruh makhluk hidup. Para ilmuwan menggunakan kemiripan morfologi dan genetik untuk mengelompokkan bentuk-bentuk kehidupan berdasarkan hubungan leluhur. Sebagai contoh, orangutan, gorila, simpanse, dan manusia, termasuk dalam kelompok taksonomi familia yang sama (Hominidae). Hewan-hewan ini dikelompokkan bersama karena kemiripan pada morfologi (disebut *homologi*) yang berasal dari nenek moyang bersama.<sup>[28]</sup> Bukti kuat evolusi datang dari analisis homologi struktur, yaitu struktur pada spesies berbeda yang fungsinya juga berbeda namun memiliki struktur yang mirip.<sup>[29]</sup> Contohnya adalah tangan dan kaki mamalia. Tangan manusia, kaki depan kucing, sirip ikan paus, dan sayap kelelawar memiliki struktur tulang yang sama, namun masing-masing memiliki fungsi yang berbeda. Jenis tulang yang membentuk sayap pada burung juga membentuk sirip pada ikan paus. Teori evolusi menjelaskan homologi struktur ini, yaitu bahwa keempat hewan ini memiliki nenek moyang bersama, dan masing-masing telah mengalami perubahan selama beberapa generasi. Perubahan pada struktur telah menghasilkan organ lambai depan (*forelimb*) yang diadaptasikan untuk tugas-tugas yang berbeda.<sup>[30]</sup>

### **Embriologi**

Pada beberapa kasus, perbandingan anatomi struktur embrio dari dua atau lebih spesies dapat memberikan bukti nenek moyang bersama yang tidak dapat terlihat pada bentuk struktur dewasa. Seiring dengan berkembangnya embrio, homologi tersebut akan menghilang dan strukturnya akan memiliki fungsi yang berbeda. Salah satu dasar klasifikasi kelompok vertebrata (termasuk pula manusia) adalah keberadaan ekor dan celah faringal. Kedua struktur tersebut tampak pada perkembangan embrio namun pada bentuk dewasa tidaklah selalu jelas.<sup>[31]</sup>

Karena kemiripan morfologi yang ada pada embrio spesies yang berbeda semasa perkembangannya, pernah diasumsikan bahwa organisme mengulangi sejarah evolusi spesies tersebut pada tahap embrio. Diperkirakan bahwa embrio manusia menjalani tahap amfibi dan kemudian reptil sebelum menyelesaikan perkembangan mamalia. Pengulangan tersebut, sering disebut teori rekapitulasi, tidaklah memiliki dasar-dasar ilmiah. Apa yang sebenarnya terjadi adalah tahap awal perkembangan embrio sekelompok organisme yang berkerabat adalah mirip satu sama

lainnya.<sup>[32]</sup> Pada tahap perkembangan embrio yang paling awal, semua vertebrata tampak sangat mirip, namun ia sama sekali tidak mirip dengan spesies leluhur terdahulu. Seiring dengan berlanjutnya perkembangan embrio, beberapa organ spesifik muncul dari bentuk dasar ini.

### Struktur vestigial



*Cutis anserina* pada kulit manusia.

Homologi juga melibatkan sekelompok struktur tubuh yang unik yang dikenal sebagai struktur vestigial. *Vestigial* merujuk pada bagian anatomi hewan yang memiliki fungsi minimal ataupun sama sekali tidak berfungsi. Struktur tanpa guna ini merupakan sisa-sisa organ tubuh leluhur yang pernah berfungsi. Misalnya pada ikan paus, paus memiliki tulang vestigial yang tampak seperti sisa tulang kaki leluhur paus yang berjalan di daratan.<sup>[33]</sup> Manusia juga memiliki struktur vestigial, meliputi otot telinga, gigi bungsu, umbai cacing, tulang ekor, bulu badan (termasuk pula *cutis anserina*), dan lipatan *Plica semilunaris* pada sudut mata.<sup>[34]</sup>

### Evolusi konvergen



Sayap burung dan sayap kelelawar adalah contoh evolusi konvergen.

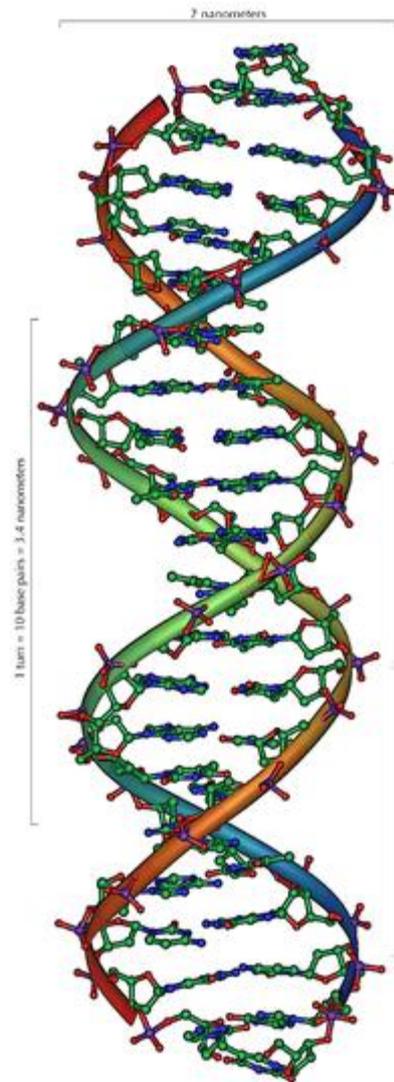


Kelelawar adalah mamalia dan tulang lengan depannya diadaptasikan untuk terbang. Perbandingan anatomi kadang-kadang dapat menyesatkan kesimpulan karena tidak semua kemiripan anatomi mengindikasikan hubungan dekat. Organisme yang berada dalam lingkungan yang mirip seringkali akan mengembangkan struktur fisik

yang mirip pula. Proses evolusi ini disebut sebagai *evolusi konvergen*. Baik hiu dan lumba-lumba memiliki bentuk tubuh yang mirip, namun mereka hanyalah berkerabat jauh. Hiu adalah ikan, sedangkan lumba-lumba adalah mamalia. Kemiripan ini diakibatkan oleh lingkungan yang mirip. Pada kedua kelompok hewan tersebut, perubahan yang membantu proses berenang difavoritkan, sehingga sejalan dengan waktu, keduanya akan mengembangkan struktur morfologi penampilan yang mirip, walaupun keduanya tidak berkerabat dekat.<sup>[35]</sup>

### **Biologi molekuler**

Setiap organisme hidup (terkecuali virus RNA) mengandung molekul DNA yang membawa informasi genetik. Gen adalah untaian DNA yang membawa informasi dan memengaruhi sifat dan ciri organisme. Gen menentukan penampilan umum suatu individu dan secara terbatas memengaruhi perilakunya. Jika dua organisme berkerabat dekat, DNA-nya akan sangat mirip.<sup>[36]</sup> Di sisi lain, dua organisme yang berkerabat jauh akan memiliki perbedaan DNA yang lebih besar. Sebagai contoh, dua orang bersaudara memiliki hubungan yang lebih dekat dan DNA yang lebih mirip daripada dua orang sepupu. Kemiripan pada DNA biasanya menentukan hubungan antar spesies sama seperti ia menunjukkan hubungan antar individu. Sebagai contoh, perbandingan DNA gorila, simpanse, dan manusia menunjukkan 96% kemiripan DNA antara manusia dengan simpanse. Perbandingan ini mengindikasikan bahwa manusia dan simpanse lebih berkerabat dekat terhadap satu sama lainnya daripada terhadap gorila.



### Seuntai DNA

Bidang sistematika molekuler memfokuskan pada pengukuran kemiripan pada molekul DNA dan menggunakan informasi ini untuk menentukan seberapa jauh kedua organisme berkerabat melalui evolusi. Perbandingan ini mengizinkan para ahli biologi membangun "pohon hubungan" evolusi kehidupan yang ada di Bumi.<sup>[39]</sup> Perbandingan ini bahkan dapat mengizinkan para ilmuwan menyingkap hubungan antar organisme yang leluhurnya telah hidup sangat lama sedemikiannya tiada kemiripan yang terpantau pada organisme sekarang.

### Koevolusi

Koevolusi adalah proses dua atau lebih spesies memengaruhi proses evolusi satu sama lainnya. Semua organisme dipengaruhi oleh makhluk hidup disekitarnya, namun pada koevolusi, terdapat bukti bahwa sifat-sifat yang ditentukan oleh genetika pada tiap spesies secara langsung disebabkan oleh interaksi antara dua organisme. Contoh kasus koevolusi yang terdokumentasikan dengan baik adalah hubungan antara *Pseudomyrmex* (sejenis semut) dengan tumbuhan akasia. Semut

menggunakan tumbuhan ini sebagai tempat berlindung dan sumber makanan. Hubungan antar dua organisme ini sangat dekat sedemikianya telah menyebabkan evolusi struktur dan perilaku khusus pada kedua organisme. Semut melindungi pohon akasia dari hewan herbivora dan membersihkan tanah hutan dari benih tumbuhan saingan. Sebagai gantinya, tumbuhan mempunyai struktur duri yang membesar yang dapat digunakan oleh semut sebagai tempat perlindungan dan sumber makanan ketika tumbuhan tersebut berbunga. Koevolusi seperti ini tidak menandakan bahwa semut dan pohon tersebut memilih untuk berperilaku secara altruistik, melainkan perilaku ini disebabkan oleh perubahan genetika yang kecil pada populasi semut dan pohon yang menguntungkan satu sama lainnya. Keuntungan yang didapatkan memberikan kesempatan yang lebih besar agar karakteristik ini diwariskan kepada generasi selanjutnya. Seiring dengan berjalannya waktu, mutasi yang berkelanjutan menciptakan hubungan yang kita pantau sekarang.

### **Seleksi buatan**



Hasil seleksi buatan: Anjing Chihuahua dan Anjing Great Dane.

*Seleksi buatan* adalah pembiakan terkontrol yang diterapkan pada tumbuhan maupun hewan. Manusia menentukan hewan mana ataupun tumbuhan mana yang akan bereproduksi dan keturunan mana yang akan bertahan hidup, sehingga manusia menentukan gen mana saja yang akan diturunkan kepada generasi selanjutnya. Proses seleksi buatan memiliki pengaruh yang besar terhadap evolusi hewan domestik. Contohnya, manusia telah berhasil membiakkan berbagai jenis anjing yang berbeda dengan pembiakan terkontrol ini. Perbedaan pada ukuran antara anjing Chihuahua dan *Great Dane* merupakan akibat dari seleksi buatan. Walaupun kedua jenis anjing tersebut memiliki penampilan fisik yang berbeda, keduanya merupakan akibat evolusi dari beberapa jenis serigala yang didomestikasi oleh manusia kurang dari 15.000 tahun yang lalu.<sup>[41]</sup>

Seleksi buatan juga telah menghasilkan berbagai jenis varietas tanaman. Pada kasus tanaman jagung, bukti genetika mutakhir mensugestikan bahwa domestikasi jagung terjadi 10.000 tahun yang lalu di Meksiko tengah.<sup>[42]</sup> Sebelum didomestikasi,

tongkol jagung liar sulit dipanen dan hanya memiliki sebagian kecil bagian yang dapat dimakan. Pada zaman sekarang *The Maize Genetics Cooperation • Stock Center* memiliki koleksi lebih dari 10.000 variasi genetik jagung yang diakibatkan oleh mutasi acak dan variasi kromosom yang berasal dari jenis jagung liar.

Pada seleksi buatan, biakan ataupun varietas baru yang muncul merupakan mutasi acak yang menarik bagi manusia, manakala pada seleksi alam spesies yang bertahan hidup merupakan mutasi acak yang berguna pada lingkungan tanpa manusia. Baik pada seleksi alam maupun seleksi buatan, variasi baru yang muncul merupakan akibat dari mutasi acak, dan proses-proses genetika yang berada di baliknya secara garis besar adalah sama.<sup>[44]</sup> Darwin dengan teliti memantau akibat seleksi buatan pada hewan dan tanaman untuk mendapatkan bukti yang mendukung argumennya mengenai seleksi alam.<sup>[45]</sup> Hasil karya bukunya *On the Origin of Species* kebanyakan didasarkan pada pengamatan varietas burung merpati domestik yang berasal dari seleksi buatan. Darwin mengajukan bahwa jika manusia dapat membuat perubahan dramatis pada hewan domestik dalam waktu yang pendek, maka dengan seleksi alam selama jutaan tahun akan dapat menghasilkan perbedaan yang dapat kita lihat pada makhluk hidup sekarang ini.

### **Spesies**



Terdapat berbagai macam spesies ikan dalam famili cichlidae yang menunjukkan variasi morfologi yang dramatis.

Lihat pula: Spesies, Spesiasi, Spesies cincin, dan Filogenetika

Dengan kondisi yang tepat dan waktu yang cukup lama, evolusi akan mengakibatkan kemunculan spesies baru. Para ilmuwan telah lama bergelut dalam mencari definisi *spesies* yang tepat karena spesies yang baru merupakan gradasi perubahan perlahan dari spesies terdahulu. Ernst Mayr (1904–2005) mendefinisikan spesies sebagai populasi ataupun kelompok populasi yang anggota-anggotanya memiliki potensi saling kawin secara alami dan dapat menghasilkan keturunan yang dapat hidup dan fertil.<sup>[46]</sup> Definisi Mayr mendapatkan dukungan para ahli biologi yang luas, namun definisinya tidak dapat diterapkan pada organisme seperti bakteri yang bereproduksi secara aseksual.

Spesiasi merupakan kejadian perpisahan garis keturunan yang menghasilkan dua spesies berbeda yang mempunyai satu populasi leluhur bersama.<sup>[9]</sup> Metode spesiasi

yang diterima secara meluas adalah *spesiasi alopatrik*. Spesiasi alopatrik dimulai dengan berpisahnya suatu populasi secara geografis.<sup>[29]</sup> Proses-proses geologi seperti pembentukan barisan gunung, ngarai, banjir, dan lain-lainnya akan mengakibatkan perpisahan populasi. Agar spesiasi dapat terjadi, perpisahan ini haruslah besar, sehingga pertukaran genetika antara dua populasi terputus. Dalam lingkungan yang berbeda, dua kelompok yang secara genetis terisolasi akan mengikuti lintasan evolusi mereka sendiri secara terpisah. Setiap kelompok akan mengakumulasi mutasi-mutasi yang berbeda yang diseleksi secara berbeda pula. Perubahan genetika yang berakumulasi dapat mengakibatkan perpisahan populasi yang tidak akan dapat saling kawin lagi apabila keduanya bergabung kembali.<sup>[9]</sup> Sawar pemisah yang menghalangi saling kawin ini dapat bersifat *prazigotik* (menghalangi perkawinan ataupun fertilisasi) ataupun *pascazigotik* (setelah fertilisasi). Jika saling kawin antar populasi tidak lagi memungkinkan, maka keduanya akan dianggap sebagai dua spesies yang berbeda.<sup>[47]</sup>

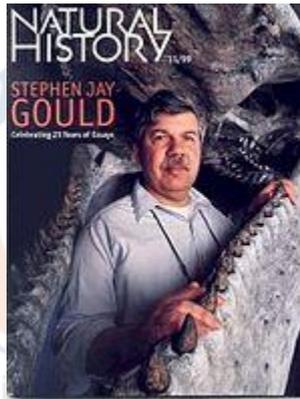
Biasanya proses spesiasi sangat lambat dan terjadi dalam waktu yang sangat lama, sehingga pengamatan secara langsung sangatlah jarang. Namun spesiasi sebenarnya telah terpantau pada organisme masa sekarang, dan kejadian spesiasi masa lalu tercatat dalam catatan fosil.<sup>[48][49][50]</sup> Para ilmuwan telah mendokumentasikan pembentukan lima spesies baru ikan *Cichlidae* dari satu spesies leluhur bersama yang diisolasi kurang dari 5000 tahun yang lalu di Danau Nagubago.<sup>[51]</sup> Bukti spesiasi dalam kasus ini adalah morfologi (penampilan fisik) yang berbeda serta kesemuaan spesies tersebut tidak dapat saling kawin lagi. Ikan-ikan ini memiliki ritual perkawinan yang kompleks dan memiliki berbagai macam warna. Perubahan yang sedikit akan mengubah proses seleksi pasangan kawin dan lima spesies tersebut tidak akan dapat saling kawin.<sup>[52]</sup>

### **Pandangan berbeda mengenai mekanisme evolusi**

Lihat pula: Evolusi sebagai teori dan fakta



James Hutton



Stephen Jay Gould



Richard Dawkins

Teori evolusi diterima oleh komunitas ilmiah secara meluas. Ia merupakan garis penghubung berbagai cabang bidang biologi.<sup>[13]</sup> Evolusi memberi ilmu biologi dasar ilmiah yang kuat. Pentingnya teori evolusi dijelaskan oleh Theodosius Dobzhansky (1900–1975) pada publikasi *American Biology Teacher* dengan judul esai "Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution" (Tidak ada yang masuk akal dalam biologi kecuali menurut evolusi).<sup>[53]</sup> Namun, teori evolusi itu sendiri tidaklah statis. Walaupun peristiwa evolusi adalah fakta, terdapat berbagai diskusi dalam komunitas ilmiah mengenai mekanisme proses evolusi tersebut. Sebagai contoh, laju kejadian evolusi masih didiskusikan. Selain itu, terdapat berbagai opini mengenai satuan utama perubahan evolusioner, apakah itu organisme ataupun gen.

### **Laju perubahan**

Terdapat dua pandangan yang berbeda mengenai laju perubahan evolusioner. Darwin dan para pendukungnya memandang evolusi sebagai proses yang lambat dan perlahan. Pohon evolusi didasarkan pada pemikiran bahwa perubahan pada spesies merupakan akibat dari akumulasi perubahan kecil dalam waktu yang sangat lama.

Pandangan bahwa evolusi terjadi secara bertahap didasarkan pada hasil kerja ahli geologi James Hutton (1726–1797) dengan teorinya yang disebut "gradualisme". Teori Hutton mensugestikan bahwa perubahan geologis yang sangat besar

merupakan produk kumulatif operasi proses-proses yang terjadi relatif lambat dan berlanjut yang sampai sekarang masih dapat terlihat beroperasi. Sudut pandangan uniformitarian diadopsi untuk perubahan biologis. Pandangan seperti ini tampaknya berkontradiksi dengan catatan fosil yang menunjukkan bahwa spesies baru muncul secara tiba-tiba dan tidak berubah dalam waktu yang sangat panjang. Ahli paleontologi Stephen Jay Gould (1940–2002) mengembangkan suatu model yang mengajukan bahwa evolusi, walaupun menurut manusia adalah proses yang lambat, mengalami periode perubahan yang relatif cepat dalam beberapa ribu ataupun jutaan tahun, diikuti oleh periode stabilitas relatif yang panjang. Model ini disebut sebagai "kesetimbangan bersela" (*punctuated equilibrium*) yang menjelaskan catatan fosil tanpa berkontradiksi dengan gagasan Darwin.<sup>[54]</sup>

### **Satuan perubahan**

Satuan seleksi yang umum pada evolusi adalah organisme. Seleksi alam terjadi ketika kesuksesan reproduksi suatu individu ditingkatkan ataupun diturunkan oleh sifat-sifat terwariskan. Kesuksesan reproduksi ini diukur dengan jumlah individu keturunan yang bertahan hidup. Pandangan yang berpusat pada organisme ini mendapat tantangan dari berbagai ahli biologi lainnya. Richard Dawkins (lahir 1941) mengajukan bahwa banyak yang dapat disingkap apabila evolusi dilihat dari sudut pandang gen. Yakni bahwa seleksi alam beroperasi sebagai mekanisme evolusioner terhadap gen maupun organisme. Pada buku tahun 1976 karyanya *The Selfish Gene*, ia menjelaskan:

“ Individuals are not stable things, they are fleeting. Chromosomes too are shuffled to oblivion, like hands of cards soon after they are dealt. But the cards themselves survive the shuffling. The cards are the genes. The genes are not destroyed by crossing-over; they merely change partners and march on. Of course they march on. That is their business. They are the replicators and we are their survival machines. When we have served our purpose we are cast aside. But genes are denizens of geological time: genes are forever.<sup>[56]</sup> ”

“ Individu-individu bukanlah hal yang stabil, mereka berubah-ubah. Kromosom juga diacak sampai terlupakan, sama seperti sekumpulan kartu yang telah dibagi-bagikan. Namun kartu-kartu tersebut sendirinya bertahan dari pengacakan. Kartu-kartu tersebut adalah gen. Gen tidak dihancurkan melalui penyilangan; gen hanya mengubah pasangannya dan terus ada. Tentu saja gen akan terus ada. Itulah urusan mereka. Gen adalah replikator ”

dan kita adalah mesin pertahanan hidupnya. Ketika kita telah menunaikan tugas kita, kita dikesampingkan. Namun gen merupakan penduduk waktu geologis: gen akan ada selamanya

Yang lainnya memandang bahwa seleksi bekerja pada berbagai tingkat dan bukan hanya pada satu tingkat organisme ataupun gen. Sebagai contoh, Stephen Jay Gould menyerukan perspektif hierarkis seleksi.<sup>[57]</sup>

## EVALUASI BELAJAR

### Rangkuman

Teori evolusi dibangun berdasarkan beberapa pengamatan dasar. Ia menjelaskan keberagaman dan hubungan seluruh makhluk hidup. Terdapat variasi genetik dalam suatu populasi individu. Beberapa individu secara kebetulan memiliki sifat-sifat yang mengizinkan mereka bertahan hidup dan berkembang pesat daripada yang lainnya. Individu yang bertahan hidup akan lebih berkemungkinan bereproduksi dan menghasilkan keturunan. Keturunannya tersebut akan mewarisi sifat-sifat yang menguntungkan tersebut.

Evolusi bukanlah proses yang acak. Manakala mutasi tersebut adalah acak, seleksi alam tidaklah demikian. Evolusi merupakan akibat yang tak terelakkan dari pengkopian gen yang tidak sempurna pada organisme yang bereproduksi selama bermilyar-milyar tahun di bawah tekanan seleksi lingkungan. Hasil dari proses evolusi bukanlah organisme yang semakin sempurna, melainkan hanya organisme yang dapat bertahan hidup dan bereproduksi dengan lebih baik dalam lingkungan tertentu. Fosil, kode genetik, dan distribusi khas kehidupan di Bumi memberikan catatan evolusi dan menunjukkan keberadaan nenek moyang bersama seluruh organisme, baik yang masih hidup maupun telah lama mati. Evolusi dapat secara langsung diamati pada seleksi buatan. Biakan kucing, anjing, kuda, dan tumbuhan yang bermacam-macam merupakan contoh evolusi.

Walaupun beberapa kelompok mengajukan keberatannya terhadap teori evolusi, bukti eksperimen dan pengamatan selama beratus-ratus tahun oleh beribu-ribu ilmuwan mendukung fakta evolusi. Akibat dari evolusi selama empat miliar tahun adalah keanekaragaman makhluk hidup di sekitar kita, dengan sekitar 1,75 juta spesies yang sekarang hidup di Bumi.

### 2. Latihan

1. Sebutkan apa pengertian Evolusi ?

2. Apa pendapat Charles Darwin tentang Teori Evolusi ?
3. Mengapa dasar biologi molekuler merupakan dasar yang tepat dalam menentukan evolusi pada organisme ?
4. Apa perbedaan dari dua lajur perubahan evolusioner ?
5. Apa yang terjadi jika seleksi buatan terjadi ? Kaitkan dengan proses evolusi.

#### Tugas

Buat karya ilmiah tentang Evolusi membawa peradaban Manusia dalam kehidupan yang lebih baik

#### Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .

## Materi 03

### BERBAGAI JENIS SEL MAKHLUK HIDUP

#### A. Pengantar

Mempelajari berbagai jenis sel dan bentuk sel dalam makhluk hidup serta perbedaan antara masing-masing sel

#### B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis berbagai jenis sel dan bentuk sel serta perbedaan antara masing-masing sel tersebut

#### C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan berbagai jenis sel dalam tubuh makhluk hidup
- b. Menganalisis perbedaan sel dan fungsinya bagi makhluk hidup tersebut
- c. Menganalisis peranan sel tersebut dalam kehidupan makhluk hidup tersebut

#### D. Kegiatan Pembelajaran

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

#### E. MATERI

##### Pendahuluan

##### A. Pengertian Sel

Sel itu adalah bagian yang paling kecil dari makhluk hidup yang bisa berdiri sendiri, sel juga dapat memperlihatkan ciri kehidupan. Oleh karena itu, sel juga banyak dikenal sebagai *unit terkecil dalam kehidupan*.

## 1. Sejarah dan Teori Sel

Sejarah perkembangan tentang ditemukannya sel dapat kamu ketahui melalui beberapa ahli-ahli biologi berikut ini.

- a. **Anton van Leeuwenhoek** (1632-1723): Ilmuwan pertama kali yang dapat melihat protozoa melalui mikroskop.
- b. Tahun 1666: **Robert Hooke** (1635-1703) orang pertama yang kalinya memperkenalkan tentang istilah sel.
- c. Tahun 1835: **Felix Dujardin** menyatakan bahwa isi sel merupakan bagian yang penting pada sel.
- d. Tahun 1839: **J. Purkinje** memperkenalkan istilah protoplasma.
- e. Tahun 1838-1839 **Mathias Jakob Schlieiden** dan **Theodor Schwann** merumuskan teori sel, bahwa tubuh semua hewan dan tumbuhan terdiri atas sel-sel.
- f. Tahun 1858: **Rudolf Virchow** merumuskan teori sel, bahwa setiap sel berasal dari sel-sel sebelumnya atau *omnis cellula e cellula*.

## 2. Komponen Kimiawi sel

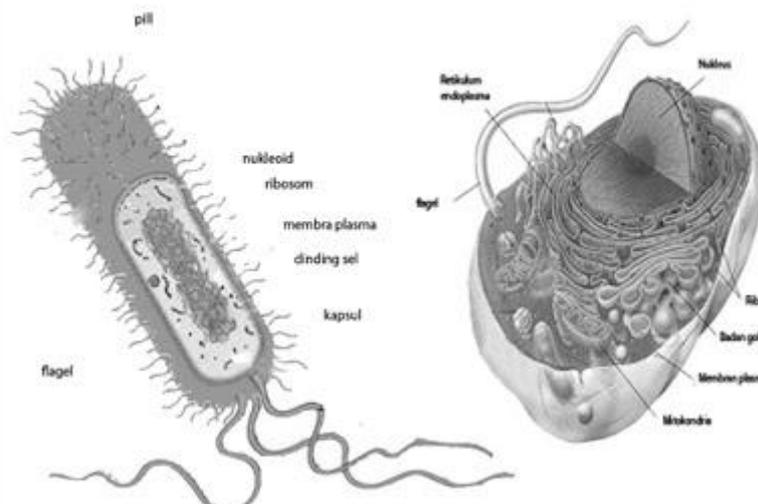
Sel memiliki beberapa komponen kimiawi yaitu sebagai berikut.

- a. Air, berfungsi untuk melangsungkan proses metabolisme.
- b. Karbohidrat, terdiri atas monosakarida, disakarida, dan polisakarida; berfungsi sebagai sumber energi utama, komponen dinding sel dan eksoskeleton.
- c. Lemak, disusun oleh asam lemak dan gliserol; berfungsi sebagai sumber energi cadangan.
- d. Protein, merupakan rangkaian polipeptidal yang disusun oleh asam-asam amino; berfungsi untuk pergerakan (aktin dan miosin), pertahanan tubuh (antibodi), struktural (kolagen kulit), menyimpan makanan (zeatin biji), sinyal (hormon), katalis (enzim), dan transportasi (hemoglobin).
- e. Asam nukleat, merupakan polimer nukleotida yang disusun oleh gula pentosa, fosfat, dan basa: asam deoksiribonukleat (DNA) berfungsi dalam mengatur sintesis protein, asam ribonukleat (RNA) membawa kode genetika DNA ke sitoplasma.

## 3. Macam Sel

Sel dibedakan menjadi sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel prokariotik, antara lain ditemukan pada bakteri. Sedangkan sel eukariotik makhluk hidup tingkat tinggi, seperti tumbuhan dan hewan. Adapun ciri-ciri sel tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

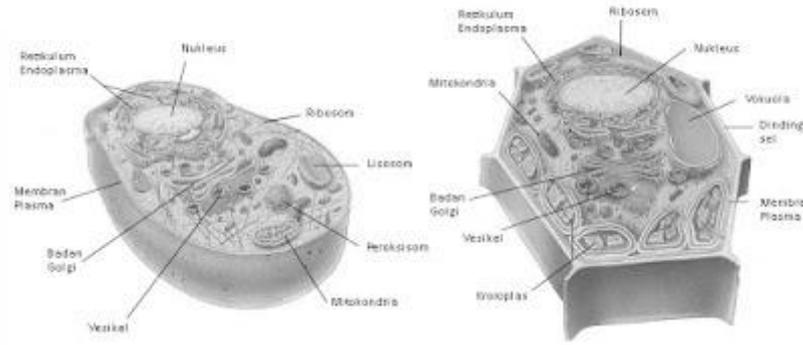
Macam Sel	Ciri-Ciri
Sel prokariotik	Materi inti berupa DNA yang tidak bermembran (nukleoid); memiliki dinding sel, kloroplas (pada beberapa sel), kromosom tunggal DNA, flagela, membran plasma, ribosom, vakuola, dan vesikel.
Sel eukariotik	Memiliki inti sel yang bermembran, memiliki banyak kromosom yang tersusun atas DNA dan protein, memiliki organel-organel sel yang komplit.



Anatomi sel prokariotik dan sel eukariotik

### B. Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

Sel tumbuhan dan sel hewan mengandung berbagai komponen penyusun sel. Berikut ini, anatomi tumbuhan dan sel hewan.



Anatomi sel hewan dan sel tumbuhan

## EVALUASI BELAJAR

### Rangkuman

Sel dibedakan menjadi sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel prokariotik, antara lain ditemukan pada bakteri. Sedangkan sel eukariotik makhluk hidup tingkat tinggi, seperti tumbuhan dan hewan

Sel itu adalah bagian yang paling kecil dari makhluk hidup yang bisa berdiri sendiri, sel juga dapat memperlihatkan ciri kehidupan. Oleh karena itu, sel juga banyak dikenal sebagai *unit terkecil dalam kehidupan*.

### Latihan

1. Jelaskan apa perbedaan sel eukariotik dan prokariotik ?
2. Mengapa struktur bakteri merupakan sel prokariotik ?
3. Apa perbedaan sel tumbuhan dan hewan ?
4. Mengapa struktur sel tumbuhan berbeda dengan struktur sel pada sel hewan ?
5. Apa peranan sel bagi kehidupan makhluk hidup dan bagi perkembangan makhluk hidup di masa yang akan datang ?

### Tugas

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang peranan sel bagi kehidupan makhluk hidup dalam berevolusi

### Penilaian Tugas

- 1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
- 2) Blog di link ke web hybrid learning.
- 3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
- 4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .



**Materi 04**  
**KOMPONEN SEL**

**A. Pengantar**

Mempelajari berbagai macam komponen sel berupa organel sel dan komponen kimiawi sel serta peranannya dalam aktivitas sel.

**B. Kompetensi Dasar**

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis peranan organel sel dan komponen kimiawi sel dalam aktivitas sel

**C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan berbagai komponen organel sel dalam sel eukariotik dan prokariotik
- b. Menganalisis peranan organel sel dalam aktivitas sel dan aktivitas makhluk hidup
- c. Menjelaskan berbagai komponen kimia dalam sel
- d. Menganalisis peranan organel sel dalam aktivitas sel dan aktivitas makhluk hidup

**D. Kegiatan Pembelajaran**

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

**E. MATERI**

**Pendahuluan**

Sel dibangun oleh tiga komponen utama, yaitu membran plasma (membran sel), sitoplasma, dan organel sel.

**a. Membran Plasma**

Membran plasma memiliki struktur *model mosaik cair* yaitu berupa lapisan ganda yang disusun oleh fosfolipid dan protein.

Membran plasma berfungsi sebagai pembatas antara sel dengan lingkungan luar, mencegah keluarnya isi sel dari dalam sel, mengatur pertukaran zat, dan menyeleksi zat masuk/keluar dari sel.

**b. Sitoplasma (Sitosol)**

Sitoplasma merupakan plasma yang terdapat di antara inti dengan membran sel yang didalamnya mengandung organel-organel. Sitoplasma berfungsi sebagai tempat berlangsungnya metabolisme sel.

**c. Organel Sel**

Macam-macam organel yang terdapat pada sel tumbuhan dan hewan yaitu sebagai berikut.

Organel	Fungsi
---------	--------

Nukleus (Inti sel)	Meyimpan Informasi genetika, mengendalikan aktivitas sel
Retikulum Endoplasma (RE)	Menyimpan dan mendistribusikan materi, tempat sintesis protein dan lemak
Ribosom	Tempat sintesis protein
Mitokondria	Mengubah energi kimia untuk metabolisme
Plastida	Mengubah energi cahaya menjadi energi kimia, meyimpan cadangan makanan (amiloplas:tidak berwarna, meyimpan pati; Kromoplas: pigmen merah dan oranye; kroloplas: krolofil)
Lisosom	Mencerna materi
Badan golgi	Sintesis lisosom, memproses dan mendistribusikan materi
Badan mikro	Mengurai bahan beracun, mengubah lipid menjadi gula
Vakuola	Meyimpan makanan, memompa air keluar dari sel
Mikrofilamel	Struktur selular
Sentriol	Terlibat dalam pembelahan sel
Silis dan flagel	Pergerakan sel
Vesikel	Tempat pencernaan interseluler, penyimpanan, transpor

## 2. Struktur Sel secara Khusus

Beberapa komponen sel dapat ditemukan pada sel tumbuhan maupun sel hewan. Namun, beberapa komponen lainnya hanya ditemukan pada sel tumbuhan saja atau sel hewan saja. Keberadaan atau ketiadaan komponen sel yang demikian dapat menjadi pembeda antara sel tumbuhan dan sel hewan.

Komponen	Sel Tumbuhan	Sel Hewan
Dinding sel	Ada	Tidak ada
Vakuola	Besar	Kecli
Kloroplas	Ada, plastida	Tidak ada
Sentriol	Tidak ada	Ada
Silia dan flagel	Tidak ada	Ada

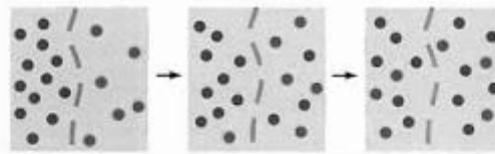
### C. Mekanisme Transpor

Mekanisme transpor melintas membran plasma ada dua, yaitu transpor pasif dan transpor aktif.

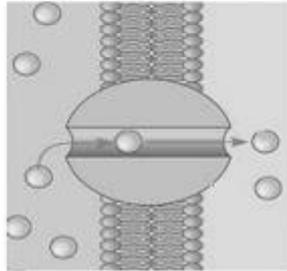
#### **1. Transpor Pasif**

Transpor pasif merupakan prosen pergerakan molekul melintas membran plasma dari daerah berkonsentrasi lebih tinggi ke daerah berkonsentrasi lebih rendah. Pergerakan molekul yang demikian tidak memerlukan energi. Transpor pasif dibedakan atas difusi dan osmosis.

- a. **Difusi** merupakan pergerakan molekul secara acak dari daerah berkonsentrasi lebih tinggi ke daerah berkonsentrasi lebih rendah hingga mencapai titik keseimbangan. Jika perpindahan molekul tersebut tanpa melibatkan protein kanal, maka disebut **difusi sederhana**. Jika melibatkan protein kanal, maka disebut **difusi terfasilitasi**.



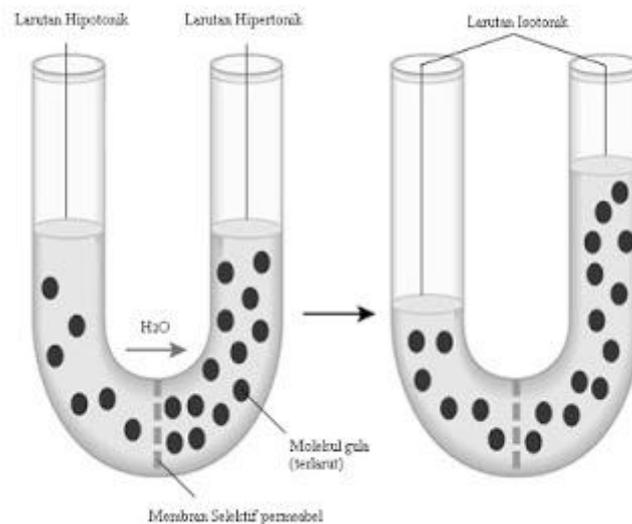
a)



b)

(a) Difusi Sederhana. Molekul bergerak secara acak melintasi membran hingga mencapai keseimbangan. (b) difusi terfasilitasi

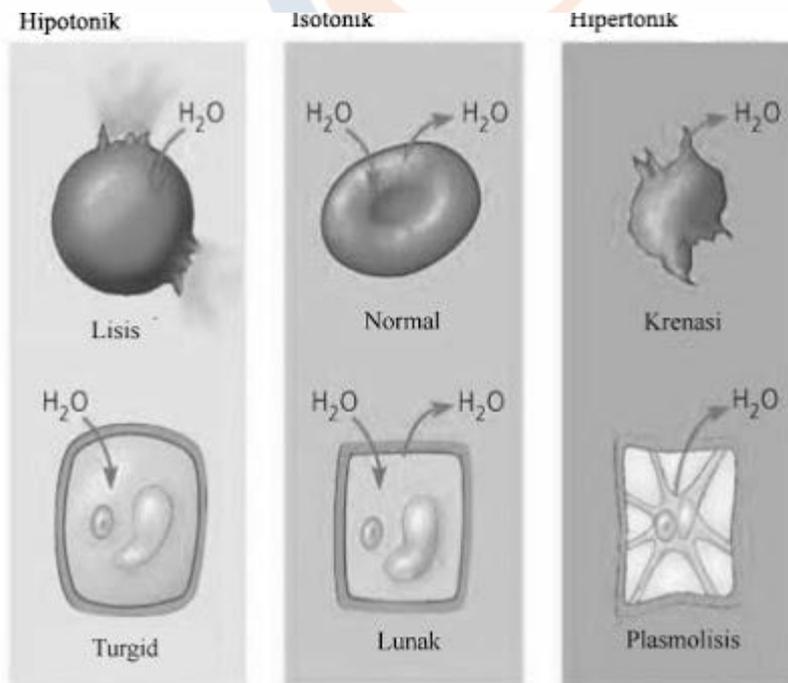
b. **Osmosis** merupakan peristiwa difusi pelarut (air) melalui membran selektif permeabel dari konsentrasi pelarut tinggi ke konsentrasi pelarut rendah.



### Osmosis

Pada gambar terlihat bahwa, air mengalir dari larutan berkonsentrasi rendah (hipotonik) melintas membran selektif permeabel menuju larutan berkonsentrasi tinggi (hipertonik). Peristiwa osmosis akan berhenti apabila kedua konsentrasi larutan telah mencapai titik keseimbangan/menghasilkan larutan **isotonik**.

Peristiwa osmosis dapat mempengaruhi kehidupan hewan dan tumbuhan. Pada hewan, sel-sel tubuh dapat menjadi pecah (**lisis**) jika berada di dalam larutan hipertonik, dan mengkerut (**krenasi**) jika berada di dalam larutan hipertonik. Pada tumbuhan, sel-sel dapat menjadi gembung (**turgid**) jika berada di dalam larutan hipotonik dan menimbulkan **Plasmolisis** jika berada di dalam larutan hipertonik.

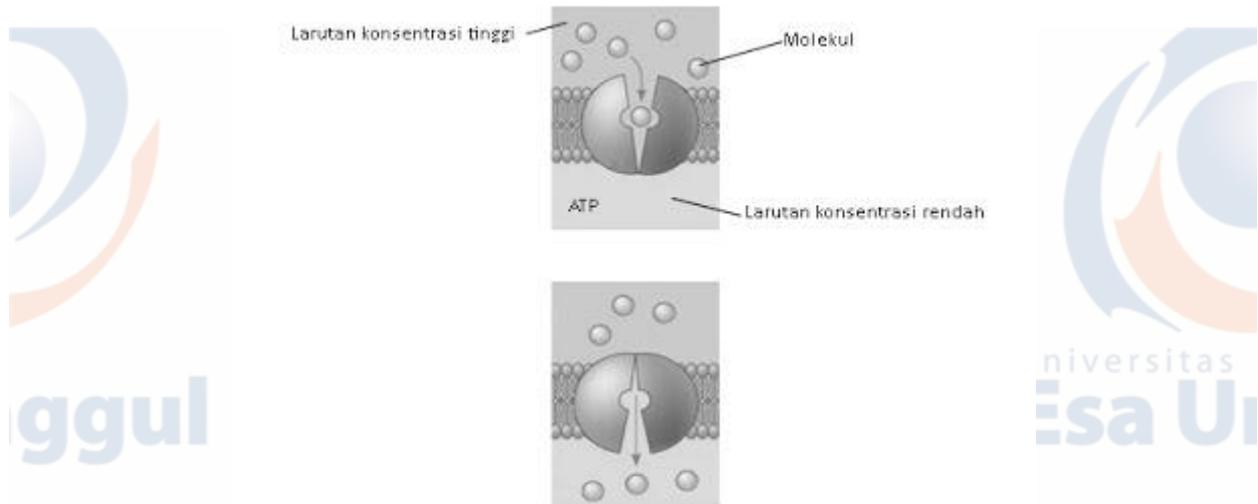


Pengaruh osmosis pada sel hewan (atas) dan sel tumbuhan.(bawah)

Tanda panah merupakan arah gerakan air

## 2. Traspor Aktif

Transpor aktif merupakan proses pergerakan molekul melintas membran plasma melawan gradien konsentrasi. Pergerakan molekul yang demikian membutuhkan energi.

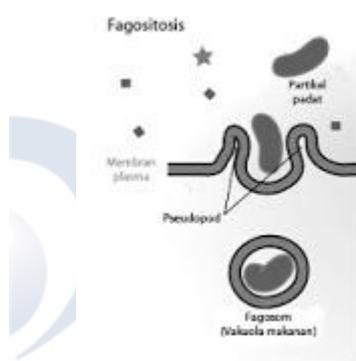


Transport aktif melibatkan energi yang tersimpan dalam bentuk ATP

Transport aktif meliputi proses endositosis dan eksositosis.

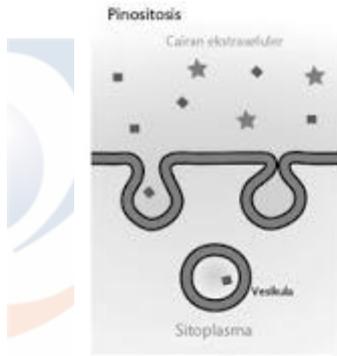
a. **Endositosis** merupakan peristiwa masuknya materi ke dalam sel melalui pembentukan vesikel atau vakuola. Endositosis dapat berupa fagositosis dan pinositosis.

1) **Fagositosis** merupakan peristiwa masuknya materi berupa bentuk partikel (zat padat) atau sel-sel lainnya. Contoh fagositosis terjadi pada proses pencernaan makanan ameba.



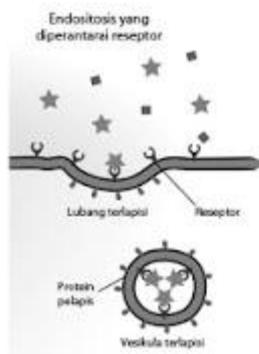
Mekanisme Fositosis

2) **Pinositosis** merupakan peristiwa masuknya materi berupa zat cair.



Mekanisme pinositosis

- b. **Eksositosis** merupakan peristiwa pengeluaran materi dari dalam sel pambentukan fusi antara vesikel dengan membran.



## EVALUASI BELAJAR

### Rangkuman

Sel dibangun oleh tiga komponen utama, yaitu membran plasma (membran sel), sitoplasma, dan organel sel. Organel sel terdiri dari Nukleus (Inti sel), Retikulum Endoplasma (RE), Ribosom, Mitokondria, Plastida, Lisosom, Badan golgi, Badan mikro, Vakuola, Mikrofilamel, Sentriol, Silis dan flagel, Vesikel

### Latihan

1. Sebutkan apa peranan dari masing-masing organl sel ?
2. Mengapa pada sel hewan tidak terdapat plastida?
3. Jelsakan berbagai cara transport aktif sel ?
4. Apa perbedaan mendasar transportaktif dan transport pasif ?
5. Apa osmosis dan difusi ?

Tugas

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang peranan protein bagi kehidupan sel

**Penilaian Tugas**

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .

**Materi 05  
METABOLISME SEL**

**A. Pengantar**

Mempelajari proses metabolisme yang terjadi di dalam sel, mulai dari proses anabolisme sampai katabolisme yang melibatkan berbagai organel dalam sel, sehingga membantu aktivitas sel

**B. Kompetensi Dasar**

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis proses metabolisme sel serta peranannya dalam dalam aktivitas sel

### **C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan proses metabolisme dalam sel
- b. Menganalisis peranan metabolisme bagi kelangsungan hidup sel

### **D. Kegiatan Pembelajaran**

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

### **E. MATERI**

#### **Pendahuluan**

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

#### **Proses Metabolisme**

**Metabolisme Karbohidrat** – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ) . Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisi pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

#### **2. Metabolisme Protein**

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , serta senyawa yang tidak mengandung N. Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan di keluarkan melalui urin.

### 3. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari

molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

### Proses Metabolisme

Metabolisme Karbohidrat – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ). Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisis pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

#### 1. Metabolisme Protein

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $NH_4OH$ , serta senyawa yang tidak mengandung N . Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan di keluarkan melalui urin.

#### 3. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke

dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

## **EVALUASI BELAJAR**

### **Rangkuman**

Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh

### **.Latihan**

1. Sebutkan apa pengertian Evolusi ?
2. Apa pendapat CharlesDarwin tentang Teori Evolusi ?
3. metabolisme sel serta apa manfaatnya bagi aktivitas sel ?
4. Sebutkan jenis proses metabolisme dan sebutkan perbedaan serta contohnya dalam proses di tubuh manusia !
5. Sebutkan organel yang terlibat dalam metabolisme sel ?
6. Apa manfaat metabolisme karbohidrat, lemak dan protein bagi kelangsungan hidup manusia ?

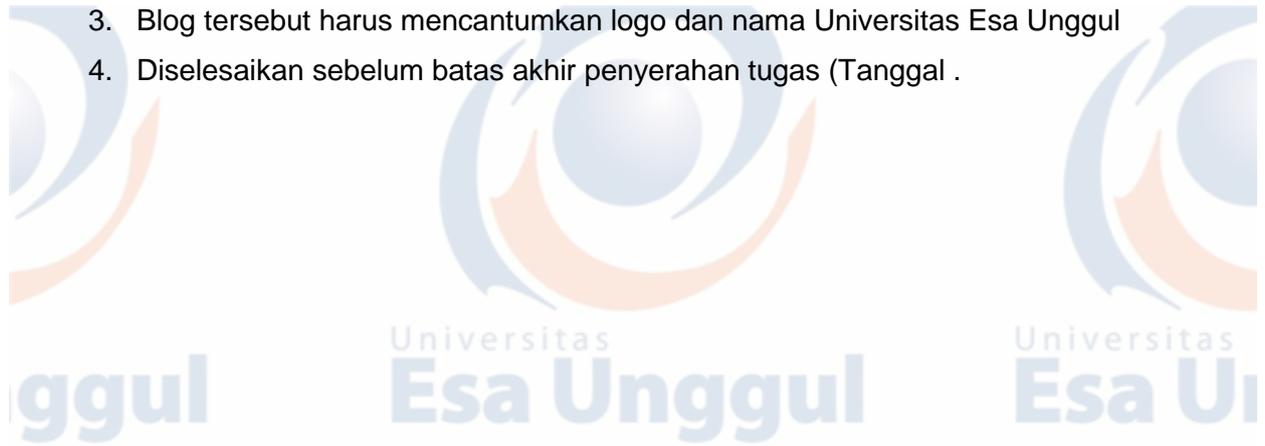
### **Tugas**

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang penyakit yang diakibatkan gangguan metabolisme

### **Penilaian Tugas**

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa

2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .



**Materi 06**

**MATERI GENETIKA**

**A. Pengantar**

Mempelajari berbagai macam materi genetika pada sel tubuh makhluk hidup serta perahannya dalam kehidupan makhluk hidup

### **B. Kompetensi Dasar**

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis berbagai materi genetika serta perahannya dalam kehidupan makhluk hidup

### **C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan berbagai materi genetika dalam tubuh makhluk hidup
- b. Menganalisis peranan materi genetika tersebut bagi kehidupan makhluk hidup

### **D. Kegiatan Pembelajaran**

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

### **E. MATERI**

#### **Pendahuluan**

Pada tahun 1868 seorang mahasiswa kedokteran di Swedia, J.F. Miescher, menemukan suatu zat kimia bersifat asam yang banyak mengandung nitrogen dan fosfor. Zat ini diisolasi dari nukleus sel nanah manusia dan kemudian dikenal dengan nama **nuklein** atau **asam nukleat**. Meskipun ternyata asam nukleat selalu dapat diisolasi dari nukleus berbagai macam sel, waktu itu fungsinya sama sekali belum diketahui.

Dari hasil analisis kimia yang dilakukan sekitar empat puluh tahun kemudian ditemukan bahwa asam nukleat ada dua macam, yaitu **asam deoksiribonukleat** atau **deoxyribonucleic acid (DNA)** dan **asam ribonukleat** atau **ribonucleic acid (RNA)**. Pada tahun 1924 studi mikroskopis menunjukkan bahwa DNA terdapat di dalam kromosom, yang waktu itu telah diketahui sebagai organel pembawa gen (materi genetik). Akan tetapi, selain DNA di dalam kromosom juga terdapat protein sehingga muncul perbedaan pendapat mengenai hakekat materi genetik, DNA atau protein.

Dugaan DNA sebagai materi genetik secara tidak langsung sebenarnya dapat dibuktikan dari kenyataan bahwa hampir semua sel somatis pada spesies tertentu mempunyai kandungan DNA yang selalu tetap, sedangkan kandungan RNA dan proteinnya berbeda-beda antara satu sel dan sel yang lain. Di samping itu, nukleus hasil meiosis baik pada tumbuhan maupun hewan mempunyai kandungan DNA separuh kandungan DNA di dalam nukleus sel somatisnya.

Meskipun demikian, dalam kurun waktu yang cukup lama fakta semacam itu tidak cukup kuat untuk meyakinkan bahwa DNA adalah materi genetik. Hal ini terutama karena dari hasil analisis kimia secara kasar terlihat kurangnya variasi kimia pada molekul DNA. Di sisi lain, protein dengan variasi kimia yang tinggi sangat memenuhi syarat sebagai materi genetik. Oleh karena itu, selama bertahun-tahun protein lebih diyakini sebagai materi genetik, sementara DNA hanya merupakan kerangka struktur kromosom. Namun, pada pertengahan tahun 1940-an terbukti bahwa justru DNA-lah yang merupakan materi genetik pada sebagian besar organisme.

### **DNA sebagai Materi Genetik**

Ada dua bukti percobaan yang menunjukkan bahwa DNA adalah materi genetik. Masing-masing akan diuraikan berikut ini.

#### **Percobaan transformasi**

F. Griffith pada tahun 1928 melakukan percobaan infeksi bakteri pneumokokus (*Streptococcus pneumoniae*) pada mencit. Bakteri penyebab penyakit pneumonia ini dapat menyintesis kapsul polisakarida yang akan melindunginya dari mekanisme pertahanan tubuh hewan yang terinfeksi sehingga bersifat virulen (menimbulkan penyakit). Jika ditumbuhkan pada medium padat, bakteri pneumokokus akan membentuk koloni dengan kenampakan halus mengkilap. Sementara itu, ada pula strain mutan pneumokokus yang kehilangan kemampuan untuk menyintesis kapsul polisakarida sehingga menjadi tidak tahan terhadap sistem kekebalan tubuh hewan inangnya, dan akibatnya tidak bersifat virulen. Strain mutan ini akan membentuk koloni dengan kenampakan kasar apabila ditumbuhkan pada medium padat. Pneumokokus yang virulen sering dilambangkan dengan S, sedangkan strain mutannya yang tidak virulen dilambangkan dengan R.

Mencit yang diinfeksi dengan pneumokokus S akan mengalami kematian, dan dari organ paru-parunya dapat diisolasi strain S tersebut. Sebaliknya, mencit yang diinfeksi dengan strain R dapat bertahan hidup. Demikian juga, mencit yang diinfeksi dengan strain S yang sebelumnya telah dipanaskan terlebih dahulu akan dapat bertahan hidup. Hasil yang mengundang pertanyaan adalah ketika mencit diinfeksi dengan campuran antara strain S yang telah dipanaskan dan strain R yang masih

hidup. Ternyata dengan perlakuan ini mencit mengalami kematian, dan dari organ paru-parunya dapat diisolasi strain S yang masih hidup.

Dengan hasil tersebut Griffith menyimpulkan bahwa telah terjadi perubahan (transformasi) sifat strain R menjadi S. Transformasi terjadi karena ada sesuatu yang dipindahkan dari sel-sel strain S yang telah mati (dipanaskan) ke strain R yang masih hidup sehingga strain R yang semula tidak dapat membentuk kapsul berubah menjadi strain S yang dapat membentuk kapsul dan bersifat virulen.

Percobaan Griffith sedikit pun tidak memberikan bukti tentang materi genetik. Namun, pada tahun 1944 tiga orang peneliti, yakni O. Avery, C. MacLeod, dan M. McCarty melakukan percobaan untuk mengetahui hakekat materi yang dipindahkan dari strain S ke strain R.

Mereka melakukan percobaan transformasi secara *in vitro*, yaitu dengan menambahkan ekstrak DNA dari strain S yang telah mati kepada strain R yang ditumbuhkan di medium padat. Di dalam ekstrak DNA ini terdapat juga sejumlah protein kontaminan, dan penambahan tersebut ternyata menyebabkan strain R berubah menjadi S seperti pada percobaan Griffith. Jika pada percobaan Avery dan kawan-kawannya itu ditambahkan enzim RNase (pemecah RNA) atau enzim protease (pemecah protein), transformasi tetap berjalan atau strain R berubah juga menjadi S. Akan tetapi, jika enzim yang diberikan adalah DNase (pemecah DNA), maka transformasi tidak terjadi. Artinya, strain R tidak berubah menjadi strain S. Hal ini jelas membuktikan bahwa materi yang bertanggung jawab atas terjadinya transformasi pada bakteri pneumonia, dan ternyata juga pada hampir semua organisme, adalah DNA, bukan RNA atau protein.

### **Percobaan infeksi bakteriofag**

Percobaan lain yang membuktikan bahwa DNA adalah materi genetik dilaporkan pada tahun 1952 oleh A. Hershey dan M. Chase. Percobaan dilakukan dengan mengamati reproduksi bakteriofag (virus yang menyerang bakteri) T2 di dalam sel bakteri inangnya, yaitu *Escherichia coli*. Sebelumnya, cara berlangsungnya infeksi T2 pada *E. coli* telah diketahui (lihat Bab XII). Mula-mula partikel T2 melekatkan ujung ekornya pada dinding sel *E. coli*, diikuti oleh masuknya materi genetik T2 ke dalam sel *E. coli* sehingga memungkinkan terjadinya penggandaan partikel T2 di dalam sel inangnya itu. Ketika hasil penggandaan partikel T2 telah mencapai jumlah yang sangat besar, sel *E. coli* akan mengalami lisis. Akhirnya, partikel-partikel T2 yang keluar akan mencari sel inang yang baru, dan siklus reproduksi tadi akan terulang kembali.

Bakteriophage T2 diketahui mempunyai kandungan protein dan DNA dalam jumlah yang lebih kurang sama. Untuk memastikan sifat kimia materi genetik yang dimasukkan ke dalam sel inang dilakukan pelabelan terhadap molekul protein dan DNANYA. Protein, yang umumnya banyak mengandung sulfur tetapi tidak mengandung fosfor dilabeli dengan radioisotop  $^{35}\text{S}$ . Sebaliknya, DNA yang sangat banyak mengandung fosfor tetapi tidak mengandung sulfur dilabeli dengan radioisotop  $^{32}\text{P}$ .

Bakteriophage T2 dengan protein yang telah dilabeli diinfeksi pada *E. coli*. Dengan sentrifugasi, sel-sel *E. coli* ini kemudian dipisahkan dari partikel-partikel T2 yang sudah tidak melekat lagi pada dinding selnya. Ternyata di dalam sel-sel *E. coli* sangatsedikitditemukan radioisotop  $^{35}\text{S}$ , sedangkan pada partikel-partikel T2 masih banyak didapatkan radioisotop tersebut. Apabila dengan cara yang sama digunakan bakteriophage T2 yang dilabeli DNANYA, maka di dalam sel-sel *E. coli* ditemukan banyak sekali radiosiotop  $^{32}\text{P}$ , sedangkan pada partikel-partikel T2 hanya ada sedikit sekali radioisotop tersebut. Hasil percobaan ini jelas menunjukkan bahwa materi genetik yang dimasukkan oleh bakteriophage T2 ke dalam sel *E. coli* adalah materi yang dilabeli dengan  $^{32}\text{P}$  atau DNA, bukannya protein.

#### **RNA sebagai Materi Genetik pada Beberapa Virus**

Beberapa virus tertentu diketahui tidak mempunyai DNA, tetapi hanya tersusun dari RNA dan protein. Untuk memastikan di antara kedua makromolekul tersebut yang berperan sebagai materi genetik, antara lain telah dilakukan percobaan rekonstitusi yang dilaporkan oleh H. Fraenkel-Conrat dan B. Singer pada tahun 1957.

Mereka melakukan penelitian pada virus mozaik tembakau atau *tobacco mozaic virus* (TMV), yaitu virus yang menyebabkan timbulnya penyakit mozaik pada daun tembakau. Virus ini mengandung molekul RNA yang terbungkus di dalam selubung protein. Dengan perlakuan kimia tertentu molekul RNA dapat dipisahkan dari selubung proteinnya untuk kemudian digabungkan (direkonstitusi) dengan selubung protein dari strain TMV yang lain.

RNA dari strain A direkonstitusi dengan protein strain B. Sebaliknya, RNA dari strain B direkonstitusi dengan protein dari strain A. Kedua TMV hasil rekonstitusi ini kemudian diinfeksi ke inangnya (daun tembakau) agar mengalami penggandaan. TMV hasil penggandaan ternyata merupakan strain A jika RNANYA berasal dari strain A dan merupakan strain B jika RNANYA berasal dari strain B. Jadi, faktor yang menentukan strain hasil penggandaan adalah RNA, bukan protein. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa materi genetik pada virus-virus yang tidak mempunyai DNA, seperti halnya TMV, adalah RNA.

### **Komposisi Kimia Asam Nukleat**

Hasil analisis kimia asam nukleat menunjukkan bahwa makromolekul ini tersusun dari subunit-subunit berulang (monomer) yang disebut **nukleotida** sehingga asam nukleat dapat juga dikatakan sebagai **polinukleotida**. Nukleotida yang satu dengan nukleotida berikutnya dihubungkan oleh **ikatan fosfodiester** yang sangat kuat. Tiap nukleotida terdiri atas tiga komponen, yaitu gugus fosfat, gula pentosa (gula dengan lima atom karbon), dan basa nukleotida atau basa nitrogen (basa siklik yang mengandung nitrogen). Pada DNA basa nitrogen berikatan secara kimia dengan gula pentosa membentuk molekul yang disebut **nukleosida** sehingga setiap nukleotida pada DNA dapat disebut juga sebagai **nukleosida monofosfat**.

Gula pentosa pada DNA adalah **2-deoksiribosa**, sedangkan pada RNA adalah **ribosa**. Menurut kebiasaan, penomoran atom C pada gula pentosa dilakukan menggunakan tanda aksent (') untuk membedakannya dengan penomoran atom C pada basa nitrogen. Atom C pada gula pentosa yang berikatan dengan basa nitrogen ditentukan sebagai atom C pertama (1'). Atom C nomor 2' pada DNA tidak mengikat gugus OH seperti halnya pada RNA, tetapi mengikat gugus H sehingga gula pentosanya dinamakan deoksiribosa.

Sementara itu, basa nitrogen ada dua macam, yakni basa dengan cincin rangkap atau disebut **purin** dan basa dengan cincin tunggal atau disebut **pirimidin**. Basa purin, baik pada DNA maupun RNA, dapat berupa **adenin (A)** atau **guanin (G)**, sedangkan basa pirimidin pada DNA dapat berupa **sitosin (C)** atau **timin (T)**. Pada RNA tidak terdapat basa timin, tetapi diganti dengan **urasil (U)**.

Biasanya DNA mempunyai struktur sebagai molekul polinukleotida untai ganda, sedangkan RNA adalah polinukleotida untai tunggal. Ini merupakan perbedaan lain di antara kedua macam asam nukleat tersebut.

### **Model Struktur DNA Watson-Crick**

Model struktur fisik molekul DNA pertama kali diajukan pada tahun 1953 oleh J.D. Watson dan F.H.C. Crick. Ada dua dasar yang digunakan dalam melakukan deduksi terhadap model tersebut, yaitu

1. Hasil analisis kimia yang dilakukan oleh E. Chargaff terhadap kandungan basa nitrogen molekul DNA dari berbagai organisme selalu menunjukkan bahwa konsentrasi adenin sama dengan timin, sedangkan guanin sama dengan sitosin. Dengan sendirinya, konsentrasi basa purin total menjadi sama dengan konsentrasi basa pirimidin total. Akan tetapi, nisbah

konsentrasi adenin + timin terhadap konsentrasi guanin + sitosin sangat bervariasi dari spesies ke spesies.

2. Pola difraksi yang diperoleh dari hasil pemotretan molekul DNA menggunakan sinar X oleh M.H.F. Wilkins, R. Franklin, dan para koleganya menunjukkan bahwa basa-basa nitrogen tersusun vertikal di sepanjang sumbu molekul dengan interval 3,4 Å.

Dari data kimia Chargaff serta difraksi sinar X Wilkins dan Franklin tersebut Watson dan Crick mengusulkan model struktur DNA yang dikenal sebagai model **tangga berpilin (double helix)**. Menurut model ini kedua untai polinukleotida saling memilin di sepanjang sumbu yang sama. Satu sama lain arahnya sejajar tetapi berlawanan (**antiparalel**). Basa-basa nitrogen menghadap ke arah dalam sumbu, dan terjadi **ikatan hidrogen** antara basa A pada satu untai dan basa T pada untai lainnya. Begitu pula, basa G pada satu untai selalu berpasangan dengan basa C pada untai lainnya melalui ikatan hidrogen. Oleh karena itu, begitu urutan basa pada satu untai polinukleotida diketahui, maka urutan basa pada untai lainnya dapat ditentukan pula. Adanya perpasangan yang khas di antara basa-basa nitrogen itu menyebabkan kedua untai polinukleotida **komplementer** satu sama lain.

Setiap pasangan basa berjarak 3,4 Å dengan pasangan basa berikutnya. Di dalam satu kali pilinan ( $360^\circ$ ) terdapat 10 pasangan basa. Antara basa A dan T yang berpasangan terdapat ikatan hidrogen rangkap dua, sedangkan antara basa G dan C yang berpasangan terdapat ikatan hidrogen rangkap tiga. Hal ini menyebabkan nisbah A+T terhadap G+C mempengaruhi stabilitas molekul DNA. Makin tinggi nisbah tersebut, makin rendah stabilitas molekul DNANYA, dan begitu pula sebaliknya.

Gugus fosfat dan gula terletak di sebelah luar sumbu. Seperti telah disebutkan di atas, nukleotida-nukleotida yang berurutan dihubungkan oleh ikatan fosfodiester. Ikatan ini menghubungkan atom C nomor 3' dengan atom C nomor 5' pada gula deoksiribosa. Di salah satu ujung untai polinukleotida, atom C nomor 3' tidak lagi dihubungkan oleh ikatan fosfodiester dengan nukleotida berikutnya, tetapi akan mengikat gugus OH. Oleh karena itu, ujung ini dinamakan **ujung 3'** atau **ujung OH**. Di ujung lainnya atom C nomor 5' akan mengikat gugus fosfat sehingga ujung ini dinamakan **ujung 5'** atau **ujung P**. Kedudukan antiparalel di antara kedua untai polinukleotida sebenarnya dilihat dari ujung-ujung ini. Jika untai yang satu mempunyai arah dari ujung 5' ke 3', maka untai komplementernya mempunyai arah dari ujung 3' ke 5'.

**Fungsi Materi Genetik**

Setelah terbukti bahwa DNA merupakan materi genetik pada sebagian besar organisme, kita akan melihat fungsi yang harus dapat dilaksanakan oleh molekul tersebut sebagai materi genetik. Dalam beberapa dasawarsa pertama semenjak gen dikemukakan sebagai faktor yang diwariskan dari generasi ke generasi, sifat-sifat molekulernya baru sedikit sekali terungkap. Meskipun demikian, ketika itu telah disepakati bahwa gen sebagai materi genetik, yang sekarang ternyata adalah DNA, harus dapat menjalankan tiga fungsi pokok berikut ini.

1. Materi genetik harus mampu menyimpan informasi genetik dan dengan tepat dapat meneruskan informasi tersebut dari tetua kepada keturunannya, dari generasi ke generasi. Fungsi ini merupakan **fungsi genotipik**, yang dilaksanakan melalui **replikasi**. Bagian setelah ini akan membahas replikasi DNA.
2. Materi genetik harus mengatur perkembangan fenotipe organisme. Artinya, materi genetik harus mengarahkan pertumbuhan dan diferensiasi organisme mulai dari zigot hingga individu dewasa. Fungsi ini merupakan **fungsi fenotipik**, yang dilaksanakan melalui **ekspresi gen** (Bab X).
3. Materi genetik sewaktu-waktu harus dapat mengalami perubahan sehingga organisme yang bersangkutan akan mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah. Tanpa perubahan semacam ini, evolusi tidak akan pernah berlangsung. Fungsi ini merupakan **fungsi evolusioner**, yang dilaksanakan melalui peristiwa **mutasi** (Bab XI).

### **Replikasi DNA**

Ada tiga cara teoretis replikasi DNA yang pernah diusulkan, yaitu konservatif, semikonservatif, dan dispersif. Pada replikasi konservatif seluruh tangga berpilin DNA awal tetap dipertahankan dan akan mengarahkan pembentukan tangga berpilin baru. Pada replikasi semikonservatif tangga berpilin mengalami pembukaan terlebih dahulu sehingga kedua untai polinukleotida akan saling terpisah. Namun, masing-masing untai ini tetap dipertahankan dan akan bertindak sebagai cetakan (*template*) bagi pembentukan untai polinukleotida baru. Sementara itu, pada replikasi dispersif kedua untai polinukleotida mengalami fragmentasi di sejumlah tempat. Kemudian, fragmen-fragmen polinukleotida yang terbentuk akan menjadi cetakan bagi fragmen nukleotida baru sehingga fragmen lama dan baru akan dijumpai berselang-seling di dalam tangga berpilin yang baru.

Di antara ketiga cara replikasi DNA yang diusulkan tersebut, hanya cara semikonservatif yang dapat dibuktikan kebenarannya melalui percobaan yang dikenal dengan nama **sentrifugasi seimbang dalam tingkat kerapatan** atau

**equilibrium density-gradient centrifugation.** Percobaan ini dilaporkan hasilnya pada tahun 1958 oleh M.S. Meselson dan F.W. Stahl.

Mereka menumbuhkan bakteri *Escherichia coli* selama beberapa generasi di dalam medium yang mengandung isotop nitrogen  $^{15}\text{N}$  untuk menggantikan isotop nitrogen normal  $^{14}\text{N}$  yang lebih ringan. Akibatnya, basa-basa nitrogen pada molekul DNA sel-sel bakteri tersebut akan memiliki  $^{15}\text{N}$  yang berat. Molekul DNA dengan basa nitrogen yang mengandung  $^{15}\text{N}$  mempunyai tingkat kerapatan (berat per satuan volume) yang lebih tinggi daripada DNA normal ( $^{14}\text{N}$ ). Oleh karena molekul-molekul dengan tingkat kerapatan yang berbeda dapat dipisahkan dengan cara sentrifugasi tersebut di atas, maka Meselson dan Stahl dapat mengikuti perubahan tingkat kerapatan DNA sel-sel bakteri *E. coli* yang semula ditumbuhkan pada medium  $^{15}\text{N}$  selama beberapa generasi, kemudian dikembalikan ke medium normal  $^{14}\text{N}$  selama beberapa generasi berikutnya.

Molekul DNA mempunyai kerapatan yang lebih kurang sama dengan kerapatan larutan garam yang sangat pekat seperti larutan 6M CsCl (sesium klorida). Sebagai perbandingan, kerapatan DNA *E.coli* dengan basa nitrogen yang mengandung isotop  $^{14}\text{N}$  dan  $^{15}\text{N}$  masing-masing adalah  $1,708 \text{ g/cm}^3$  dan  $1,724 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan kerapatan larutan 6M CsCl adalah  $1,700 \text{ g/cm}^3$ .

Ketika larutan 6M CsCl yang di dalamnya terdapat molekul DNA disentrifugasi dengan kecepatan sangat tinggi, katakanlah 30.000 hingga 50.000 rpm, dalam waktu 48 hingga 72 jam, maka akan terjadi keseimbangan tingkat kerapatan. Hal ini karena molekul-molekul garam tersebut akan mengendap ke dasar tabung sentrifuga akibat adanya gaya sentrifugal, sementara di sisi lain difusi akan menggerakkan molekul-molekul garam kembali ke atas tabung. Molekul DNA dengan tingkat kerapatan tertentu akan menempati kedudukan yang sama dengan kedudukan larutan garam yang tingkat kerapatannya sama dengannya.

DNA yang diekstrak dari sel *E. coli* yang ditumbuhkan pada medium  $^{15}\text{N}$  terlihat menempati dasar tabung. Selanjutnya, DNA yang diekstrak dari sel *E.coli* yang pertama kali dipindahkan kembali ke medium  $^{14}\text{N}$  terlihat menempati bagian tengah tabung. Pada generasi kedua setelah *E.coli* ditumbuhkan pada medium  $^{14}\text{N}$  ternyata DNANYA menempati bagian tengah dan atas tabung. Ketika *E.coli* telah ditumbuhkan selama beberapa generasi pada medium  $^{14}\text{N}$ , DNANYA nampak makin banyak berada di bagian atas tabung, sedangkan DNA yang berada di bagian tengah tabung tetap. Meselson dan Stahl menjelaskan bahwa pada generasi  $^{15}\text{N}$ , atau dianggap sebagai generasi 0, DNANYA mempunyai kerapatan tinggi. Kemudian, pada generasi  $^{14}\text{N}$  yang pertama, atau disebut sebagai generasi 1, DNANYA merupakan hibrid antara DNA dengan kerapatan tinggi dan rendah. Pada generasi 2

DNA hibridnya masih ada, tetapi muncul pula DNA baru dengan kerapatan rendah. Demikian seterusnya, DNA hibrid akan tetap jumlahnya, sedangkan DNA baru dengan kerapatan rendah akan makin banyak dijumpai. Pada Gambar 9.7 terlihat bahwa interpretasi data hasil percobaan sentrifugasi ini jelas sejalan dengan cara pembentukan molekul DNA melalui replikasi semikonservatif.

Pada percobaan Meselson dan Stahl ekstrak DNA yang diperoleh dari sel-sel *E. coli* berada dalam keadaan terfragmentasi sehingga replikasi molekul DNA dalam bentuknya yang utuh sebenarnya belum diketahui. Replikasi DNA kromosom dalam keadaan utuh - yang pada prokariot ternyata berbentuk melingkar atau sirkular - baru dapat diamati menggunakan teknik autoradiografi dan mikroskopi elektron. Dengan kedua teknik ini terlihat bahwa DNA berbagai virus, khloroplas, dan mitokhondria melakukan replikasi yang dikenal sebagai **replikasi  $\theta$ (theta)** karena autoradiogramnya menghasilkan gambaran seperti huruf Yunani tersebut. Selain replikasi  $\theta$ , pada sejumlah bakteri dan organisme eukariot dikenal pula replikasi yang dinamakan **replikasi lingkaran menggulung (rolling circle replication)**. Replikasi ini diawali dengan pemotongan ikatan fosfodiester pada daerah tertentu yang menghasilkan ujung 3' dan ujung 5'. Pembentukan (sintesis) untai DNA baru terjadi dengan penambahan deoksinukleotida pada ujung 3' yang diikuti oleh pelepasan ujung 5' dari lingkaran molekul DNA. Sejalan dengan berlangsungnya replikasi di seputar lingkaran DNA, ujung 5' akan makin terlepas dari lingkaran tersebut sehingga membentuk 'ekor' yang makin memanjang (Gambar 9.8).

Dimulainya (**inisiasi**) replikasi DNA terjadi di suatu tempat tertentu di dalam lingkaran molekul DNA yang dinamakan **titik awal replikasi** atau **origin of replication(ori)**. Proses inisiasi ini ditandai oleh saling memisahkannya kedua untai DNA, yang masing-masing akan berperan sebagai cetakan bagi pembentukan untai DNA baru sehingga akan diperoleh suatu gambaran yang disebut sebagai **garpu replikasi**. Biasanya, inisiasi replikasi DNA, baik pada prokariot maupun eukariot, terjadi dua arah (bidireksional). Dalam hal ini dua garpu replikasi akan bergerak melebar dari ori menuju dua arah yang berlawanan. Pada eukariot, selain terjadi replikasi dua arah, ori dapat ditemukan di beberapa tempat.

#### **Enzim-enzim yang berperan dalam replikasi DNA**

Replikasi DNA, atau sintesis DNA, melibatkan sejumlah reaksi kimia yang diatur oleh beberapa enzim. Salah satu diantaranya adalah enzim **DNA polimerase**, yang mengatur pembentukan ikatan fosfodiester antara dua nukleotida yang berdekatan sehingga akan terjadi pemanjangan untai DNA (polinukleotida).

Agar DNA polimerase dapat bekerja mengatalisis reaksi sintesis DNA, diperlukan tiga komponen reaksi, yaitu

1. Deoksinukleosida trifosfat, yang terdiri atas deoksiadenosin trifosfat (dATP), deoksiguanosin trifosfat (dGTP), deoksisitidin trifosfat (dCTP), dan deoksitimidin trifosfat (dTTP). Keempat molekul ini berfungsi sebagai sumber basa nukleotida.

1. Untai DNA yang akan digunakan sebagai cetakan (*template*).
2. Segmen asam nukleat pendek, dapat berupa DNA atau RNA, yang mempunyai gugus 3'-OH bebas. Molekul yang dinamakan primer ini diperlukan karena tidak ada enzim DNA polimerase yang diketahui mampu melakukan inisiasi sintesis DNA.

Reaksi sintesis DNA secara skema dapat dilihat pada Gambar 9.9. Dalam gambar tersebut sebuah molekul dGTP ditambahkan ke molekul primer yang terdiri atas tiga nukleotida (A-C-A). Penambahan dGTP terjadi karena untaian DNA cetakannya mempunyai urutan basa T-G-T-C- . . . . Hasil penambahan yang diperoleh adalah molekul DNA yang terdiri atas empat nukleotida (A-C-A-G). Dua buah atom fosfat (PPi) dilepaskan dari dGTP karena sebuah atom fosfatnya diberikan ke primer dalam bentuk nukleotida dengan basa G atau deoksinukleosida monofosfat (dGMP). Kita lihat bahwa sintesis DNA (penambahan basa demi basa) berlangsung dari ujung 5' ke ujung 3'.

Enzim DNA polimerase yang diperlukan untuk sintesis DNA pada *E. coli* ada dua macam, yaitu DNA polimerase I (Pol I) dan DNA polimerase III (Pol III). Dalam sintesis DNA, Pol III merupakan enzim replikasi yang utama, sedangkan enzim Pol I memegang peran sekunder. Sementara itu, enzim DNA polimerase untuk sintesis DNA kromosom pada eukariot disebut polimerase  $\alpha$ .

Selain mampu melakukan pemanjangan atau polimerisasi DNA, sebagian besar enzim DNA polimerase mempunyai aktivitas **nuklease**, yaitu pembuangan molekul nukleotida dari untaian polinukleotida. Aktivitas nuklease dapat dibedakan menjadi (1) **eksonuklease** atau pembuangan nukleotida dari ujung polinukleotida dan (2) **endonuklease** atau pemotongan ikatan fosfodiester di dalam untaian polinukleotida.

Enzim Pol I dan Pol III dari *E. coli* mempunyai aktivitas eksonuklease yang hanya bekerja pada ujung 3'. Artinya, pemotongan terjadi dari ujung 3' ke arah ujung 5'. Hal ini bermanfaat untuk memperbaiki kesalahan sintesis DNA atau kesalahan penambahan basa, yang bisa saja terjadi meskipun sangat jarang (sekitar satu di antara sejuta basa!). Kesalahan penambahan basa pada untaian polinukleotida yang sedang tumbuh (dipolimerisasi) menjadikan basa-basa salah berpasangan, misalnya A dengan C. Fungsi perbaikan kesalahan yang dijalankan oleh enzim Pol I dan III tersebut dinamakan **fungsi penyuntingan (*proofreading*)**. Khusus enzim Pol I

ternyata juga mempunyai aktivitas eksonuklease  $5' \rightarrow 3'$  di samping aktivitas eksonuklease  $3' \rightarrow 5'$  (lihat juga Bab XI).

Enzim lain yang berperan dalam proses sintesis DNA adalah **primase**. Enzim ini bekerja pada tahap inisiasi dengan cara mengatur pembentukan molekul primer di daerah ori. Setelah primer terbentuk barulah DNA polimerase melakukan elongasi atau pemanjangan untai DNA.

Tahap inisiasi sintesis DNA juga melibatkan **enzim DNA girase** dan **protein yang mendestabilkan pilinan (*helix destabilizing protein*)**. Kedua enzim ini berperan dalam pembukaan pilinan di antara kedua untai DNA sehingga kedua untai tersebut dapat saling memisah.

Pada bagian berikut ini akan dijelaskan bahwa sintesis DNA baru tidak hanya terjadi pada salah satu untai DNA, tetapi pada kedua-duanya. Hanya saja sintesis DNA pada salah satu untai berlangsung tidak kontinyu sehingga menghasilkan fragmen yang terputus-putus. Untuk menyambung fragmen-fragmen ini diperlukan enzim yang disebut **DNA ligase**.

#### **Replikasi pada kedua untai DNA**

Proses replikasi DNA yang kita bicarakan di atas sebenarnya barulah proses yang terjadi pada salah satu untai DNA. Untai DNA tersebut sering dinamakan **untai pengarah (*leading strand*)**. Sintesis DNA baru pada untai pengarah ini berlangsung secara kontinyu dari ujung  $5'$  ke ujung  $3'$  atau bergerak di sepanjang untai pengarah dari ujung  $3'$  ke ujung  $5'$ .

Pada untai DNA pasangannya ternyata juga terjadi sintesis DNA baru dari ujung  $5'$  ke ujung  $3'$  atau bergerak di sepanjang untai DNA cetaknya ini dari ujung  $3'$  ke ujung  $5'$ . Namun, sintesis DNA pada untai yang satu ini tidak berjalan kontinyu sehingga menghasilkan fragmen terputus-putus, yang masing-masing mempunyai arah  $5' \rightarrow 3'$ . Terjadinya sintesis DNA yang tidak kontinyu sebenarnya disebabkan oleh sifat enzim DNA polimerase yang hanya dapat menyintesis DNA dari arah  $5'$  ke  $3'$  serta ketidakmampuannya untuk melakukan inisiasi sintesis DNA.

Untai DNA yang menjadi cetakan bagi sintesis DNA tidak kontinyu itu disebut **untai tertinggal (*lagging strand*)**. Sementara itu, fragmen-fragmen DNA yang dihasilkan dari sintesis yang tidak kontinyu dinamakan **fragmen Okazaki**, sesuai dengan nama penemunya. Seperti telah dikemukakan di atas, fragmen-fragmen Okazaki akan disatukan menjadi sebuah untai DNA yang utuh dengan bantuan enzim DNA ligase.

## **EVALUASI BELAJAR**

### **Rangkuman**

hasil analisis kimia yang dilakukan sekitar empat puluh tahun kemudian ditemukan bahwa asam nukleat ada dua macam, yaitu **asam deoksiribonukleat** atau **deoxyribonucleic acid (DNA)** dan **asam ribonukleat** atau **ribonucleic acid (RNA)**. Pada tahun 1924 studi mikroskopis menunjukkan bahwa DNA terdapat di dalam kromosom, yang waktu itu telah diketahui sebagai organel pembawa gen (materi genetik). Akan tetapi, selain DNA di dalam kromosom juga terdapat protein sehingga muncul perbedaan pendapat mengenai hakekat materi genetik, DNA atau protein.

#### **Latihan**

1. Sebutkan apa peranan DNA dan RNA dalam aktivitas sel ?
2. Apa perbedaan DNA dan RNA ?
3. Bagaimana cara DNA disintesis ?
4. Mengapa DNA tidak dapat keluar dari inti sel ?
5. Berapa jenis RNA dan apa masing-masing peranannya dalam sel ?

### **Materi 07 PEMBELAHAN SEL**

#### **A. Pengantar**

Mempelajari proses pembelahan sel secara amitosis, meiosis dan mitosis yang terjadi pada sel makhluk hidup

## **B. Kompetensi Dasar**

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis proses pembelahan sel secara amitosis, meiosis dan mitosis yang terjadi pada sel makhluk hidup

## **C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

Mahasiswa diharapkan mampu :

Memahami dan menganalisis proses pembelahan sel secara amitosis, meiosis dan mitosis yang terjadi pada sel makhluk hidup

## **F. Kegiatan Pembelajaran**

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

## **G. MATERI**

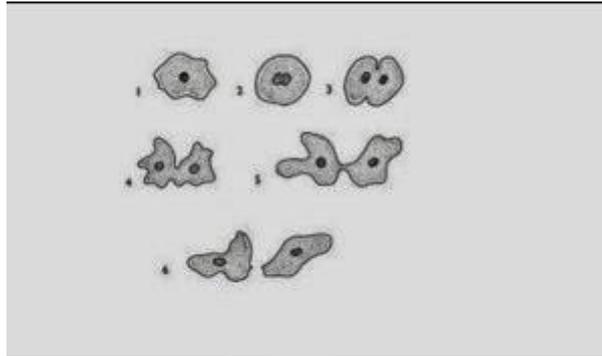
### **Pendahuluan**

**Pembelahan sel** adalah suatu proses yang membagi satu sel induk menjadi dua atau lebih sel anak. Pembelahan sel biasanya merupakan bagian kecil dari suatu siklus sel yang lebih besar.

Dalam suatu proses menghasilkan dan menciptakan suatu generasi-generasi penerus baru dari sel-sel maupun individu yang mempunyai sifat multiseluler seperti halnya diri mereka sendiri yang dihasilkan oleh indukan ataupun orang tua merupakan definisi dari reproduksi atau pembelahan sel pada ilmu biologi.

Reproduksi atau pembelahan sel pada umumnya dibedakan menjadi 3 jenis pembelahan sel, yakni pembelahan secara amitosis atau biner, pembelahan sel secara mitosis, dan pembelahan sel secara meiosis. Berikut pembahasannya :

### **Pembelahan Sel Secara Amitosis**



Proses pembelahan sel secara amitosis biasanya berlangsung secara spontan, tanpa melewati suatu tahapan-tahapan pada pembelahan sel. Biasanya pada organisme prokariotik seperti halnya bakteri menggunakan dan memakai cara pembelahan ini. Pada proses pembelahan sel secara amitosis dapat terjadi karena sel-sel bakteri yang tidak mempunyai bagian-bagian dari membran inti yang berperan penting dalam membatasi nukleoplasma dengan sitoplasma.

Kemudian bisa juga karena DNA yang tersimpan di dalam ruang lingkungannya sel relative lebih kecil jika dibandingkan dengan DNA pada sel eukariotik. Bentuk sirkuler merupakan bentuk dari DNA prokariotik sehingga pada DNA tidak perlu digabungkan menjadi kelompok dari kromosom-kromosom sebelum terjadinya suatu proses pembelahan sel-sel.

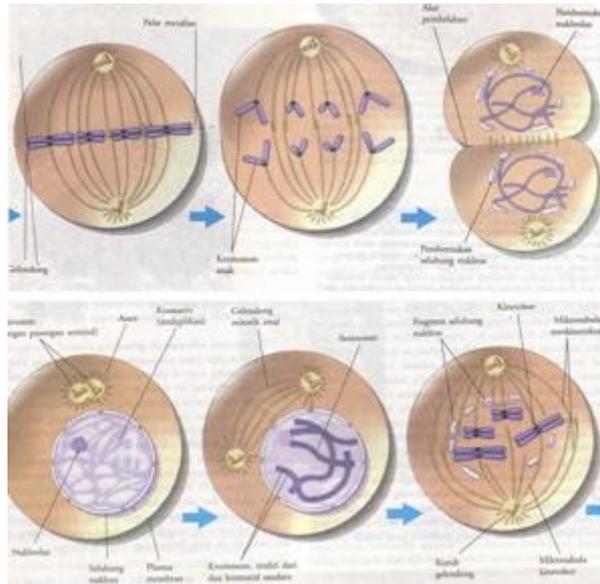
#### **Ciri – ciri Pembelahan Sel Amitosis :**

- Terjadi organisme Uniseluler atau bersel tunggal, misalnya :
  - Amoeba
  - Paramecium
  - Alga Biru, dll
- Setiap sel terbelah menjadi 2 sel

#### **Tujuan Pembelahan Sel Amitosis :**

Tujuan dari pembelahan sel amitosis ini adalah untuk reproduksi yaitu untuk memperbanyak diri yang awalnya hanya satu kini terbelah menjadi beberapa bagian sehingga menghasilkan pembelahan yang banyak dan sempurna.

#### **Pembelahan Sel Secara Mitosis**



Pembelahan secara mitosis adalah pembelahan sel yang terjadi melalui tahapan-tahapan tertentu (akan dibahas kemudian). Pembelahan mitosis menghasilkan dua sel anakan. Setiap sel anakan mengandung jumlah kromosom yang sama dengan induknya. Pembelahan mitosis terjadi pada sel eukariotik. Jika sel induk membelah mengandung kromosom diploid ( $2n$ ), sel anakan yang dihasilkan dari pembelahan mitosis adalah dua sel anakan yang juga diploid ( $2n$ ).

Dengan kata lain, pembelahan mitosis menghasilkan dua sel anakan identik. Pada proses pembelahan secara mitosis dapat terjadi selama proses perkembangan, pertumbuhan dan juga reproduksi aseksual (reproduksi yang menghasilkan keturunan dari orang tua tunggal). Jika pada makhluk hidup seperti hewan dan manusia, proses pembelahan sel secara mitosis dapat terjadi pada sel meristem somatis yang dapat diartikan sebagai sel tubuh yang masih muda yang masih mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan.

Sebagai contoh zigot, zigot adalah hasil dari sel telur yang telah dibuahi oleh sperma. Disini Zigot dapat melakukan proses pembelahan yang dilakukan beberapa kali secara mitosis guna melakukan peranannya dalam proses pembentukan suatu embrio. Jika pembelahan pada tumbuhan yang memiliki bunga, perkembangan dan pertumbuhan paling besar dapat terjadi pada bagian-bagian yakni pada bagian ujung akar dan bagian ujung tunas batang. Jadi pembelahan sel secara mitosis pada tumbuhan yang memiliki bunga dapat terjadi pada sel-sel meristem di kedua bagian tempat tersebut. (baca juga : Fungsi Hati dalam Tubuh Manusia)

### Tahap-Tahap Pembelahan sel secara Mitosis

Sel juga mempunyai siklus sendiri yakni siklus sel. Dalam siklus sel tersebut terdiri dari fase pembelahan sel atau disebut dengan mitotik dan suatu periode

perkembangan dan pertumbuhan yang biasa disebut interfase. Interfase dikategorikan menjadi tiga subfase, yakni G1, S, dan G2, sebelum suatu sel-sel memasuki tahapan dalam fase mitotik dan telah siap untuk melakukan proses membelah.

Definisi dari pembelahan mitosis merupakan suatu proses pembelahan dimana prosesnya akan menghasilkan sel-sel tubuh. Pada umumnya, proses pembelahan sel secara mitosis dibagi menjadi beberapa fase, yakni fase istirahat (interfase), fase pembelahan inti (kariokinesis), dan fase pembelahan sitoplasma (sitokinesis). (baca juga : Fungsi Hati Dalam Sistem Pencernaan)

### **Fase Mitosis**

Fase mitosis adalah fase yang terjadi pembelahan yang tidak diawali dengan interfase akan tetapi interfase ini merupakan salah satu fase dari mitosis dengan meiosis yang berkelanjutan. Sehingga antara mitosis dengan mitosis yang lainnya bisa terjadi interfase. Sehingga perlu diketahui juga bahwa dimana pada interfase ini sel akan melakukan beberapa persiapan yang akan digunakan untuk mitosis selanjutnya. Pembelahan sel mitosis ini dibagi menjadi 2 fase yaitu :

#### **1. Fase Kariokinesis**

Definisi dari kariokinesis adalah suatu tahapan pada proses pembelahan inti sel. Berikut penjelasan mengenai tahapan dari fase yang lebih rinci dan detail sebagai berikut :

- **Profase**

Pada tahapan ini, DNA akan mulai digabungkan / dikemas menjadi kromosom. Definisi dari kromosom adalah sebagai suatu struktur-struktur paling padat dari gabungan / kemasan DNA. DNA sendiri, harus digabung / dikemas ke dalam suatu kromosom. Definisi dari profase adalah sebagai tahapan-tahapan yang paling lama terjadi dalam proses pembelahan sel secara mitosis.

Pada tahapan-tahapan profase awal, kromosom sendiri akan mulai tampak menjadi lebih pendek dan mulai menebal. Jika pada tahapan di sel hewan, bagian sentriol akan mengalami proses membelah dan masing-masingnya akan melakukan proses pergerakan menuju ke kutub yang jalurnya berlawanan arah pada nukleus. Kemudian proses selanjutnya akan terbentuk suatu jaringan benang-benang spindel yang mempunyai penghubung secara langsung dari bagian kutub ke bagian kutub pula.

Jika pada tahapan di sel tumbuhan, tidak mempunyai bagian sentriol dan bagian dari benang-benang spindel yang akan terbentuk tanpa terjadi pengikatan pada sentriol. Sedangkan pada tahapan-tahapan profase akhir, masing-masing dari kromosom sendiri akan mulai terlihat yang terdiri dari dua bagian kromatid

yang mengalami proses pengikatan pada sentromer. Kemudian proses selanjutnya, bagian dari nucleolus akan menghilang dan bagian dari membran nucleus akan mengalami kehancuran. Pada tahapan-tahapan ini, bagian kromosom bergerak sangat bebas di dalam bagian-bagian sitoplasma.

- **Metafase**

Definisi dari metafase adalah sebagai tahapan-tahapan yang sangat singkat dalam proses pembelahan sel secara mitosis. Pada tahapan-tahapan tersebut, bagian kromosom bergerak menuju ke bidang ekuator pada benang-benang spindel. Kromosom akan mengalami pengikatan pada benang-benang spindel melalui bagian sentromer.

Mengapa kromosom sendiri bermukim pada bidang ekuator? Hal ini dengan tujuan agar pada saat proses pembagian-pembagian sejumlah informasi-informasi dari DNA, sehingga pembagian informasi dari DNA dilakukan secara merata dan sama jumlahnya kepada sel anakan.

- **Anafase**

Definis dari anafase adalah sebagai tahapan-tahapan yang singkat dalam proses pembelahan sel secara mitosis. Dalam tahapan-tahapan ini, pada masing-masing sentromer akan melakukan pengikatan pada kromatid yang sedang membelah secara bersamaan. Kromatid akan mengalami pergerakan menuju bagian kutub untuk pembelahan.

Hal tersebut karena terjadinya proses kontraksi pada benang spindel. Saat proses kontraksi sendiri, pada benang spindel akan mulai memendek dan selanjutnya akan menarik kromatid untuk membelah menjadi dua bagian yang sama pada kedua kutub yang mempunyai arah berlawanan. Tahapan-tahapan ini akan menghasilkan salinan kromosom yang saling berpasangan yakni (1c,2n).

- **Telofase**

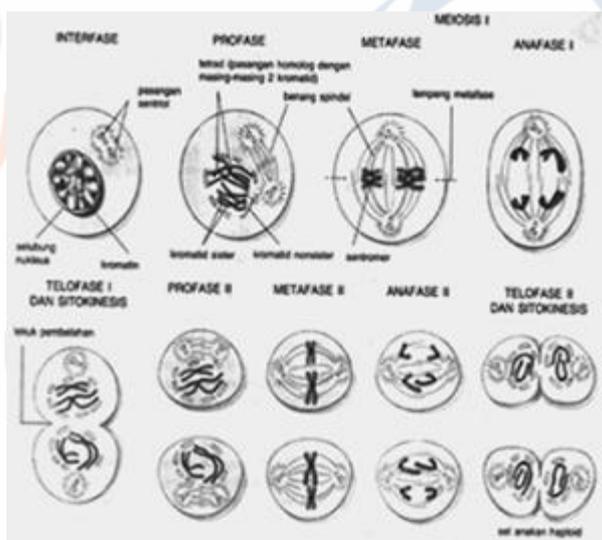
Pada tahapan-tahapan ini, bagian dari membran inti akan mulai terbentuk dan pada nucleolus akan kembali muncul. Pada bagian kromosom akan melalui proses pembentukan benang-benang yang bernama benang kromatin. Selanjutnya, tahapan-tahapan pada telofase berakhir dengan terjadinya proses pembelahan pada sitoplasma. Proses ini sering disebut dengan sitokinesis.

## **2. Fase Sitokinesis**

Pada tahap ini akan terjadi proses pembelahan sel pada sitoplasma yang akan diikuti dengan suatu proses pembentukan sekat-sekat pada sel yang baru. Sekat-sekat ini akan memisahkan bagian antara dua inti tersebut yang kemudian akan menjadi dua sel anakan. Pada sel hewan sendiri, tahapan-tahapan sitokinesis akan dimulai pada saat tahapan telofase berakhir. Sedangkan pada sel

tumbuhan mempunyai bagian dinding sel keras. Maka dari itu, tahapan sitokinesis pada sel tumbuhan berbeda dengan tahapan sitokinesis pada sel hewan. (baca juga : Fungsi Enzim Renin)

### Pembelahan Sel Secara Meiosis



Pembelahan secara meiosis didefinisikan sebagai proses pembelahan sel yang melewati suatu tahapan-tahapan tertentu. Proses pembelahan ini yakni terjadi pembelahan sel induk diploid / disebut dengan  $(2n)$  dan menghasilkan empat sel anakan haploid / disebut dengan  $(n)$ . Separuh kromosom sel induk terkandung dalam masing-masing sel anakan yakni haploid  $(n)$ .

Proses ini terjadi pada saat pembentukan sel gamet yang prosesnya terjadi pada bagian organ reproduktif. Pada makhluk hidup seperti halnya hewan dan manusia, sperma yang bersifat haploid akan dihasilkan di bagian dalam testis dan sel telur yang bersifat haploid yang akan dihasilkan di bagian dalam ovarium.

Sedangkan pada tumbuhan yang memiliki bunga, sel gamet akan dihasilkan di bagian dalam putik dan dari benang sari yang melalui proses pembelahan sel secara meiosis. Tujuan Meiosis adalah sebagai penghasil gamet yang secara genetik hanya mempunyai setengah dari induknya sendiri, dampaknya akan menyebabkan adanya berbagai macam variasi genetik. (baca juga : Struktur Tubuh Porifera)

### **Tahap-Tahap Pembelahan Sel Secara Meiosis (Pembelahan Reduktif)**

Pada tahapan-tahapan ini sel kelamin berperan sebagai reproduksi suatu makhluk hidup secara seksual yang memiliki sifat generatif. Sel kelamin hanya terdapat setengah pasang kromosom yakni haploid atau (n). Pada tahap pembelahan sel secara meiosis serupa dengan pembelahan sel secara mitosis. Hanya pada proses pembelahan sel secara meiosis terjadi dua kali proses pembelahan, yakni pada proses pembelahan sel meiosis I dan pembelahan sel meiosis II. Pada proses pembelahan sel meiosis mempunyai tahapan yang sama. Berikut tahapan-tahapan meiosis sebagai berikut. (baca juga : Fungsi Enzim Renin)

### **Ciri-ciri Pembelahan Sel Meiosis :**

- Reproduksi secara seksual
- Memiliki sifat Generatif
- Memiliki setengah pasang kromosom : haploid (n)
- Terjadi 2 tahap pembelahan sel :
  - Tahap Meiosis I
    - Interfase
    - Profase I
    - Metafase I
    - Anafase I
    - Telofase I
    - Sitokinesis I
  - Tahap Meiosis II
    - Interfase
    - Profase II
    - Metafase II
    - Anafase II
    - Telofase II
    - Sitokinesis II

### **Tujuan Pembelahan Sel Meiosis :**

Tujuan dari pembelahan sel secara meiosis adalah agar pada generasi-generasi berikutnya akan mempunyai jumlah kromosom yang tetap.

## EVALUASI BELAJAR

### Rangkuman

**Pembelahan sel** adalah suatu proses yang membagi satu sel induk menjadi dua atau lebih sel anak. Pembelahan sel biasanya merupakan bagian kecil dari suatu siklus sel yang lebih besar.

Dalam suatu proses menghasilkan dan menciptakan suatu generasi-generasi penerus baru dari sel-sel maupun individu yang mempunyai sifat multiseluler seperti halnya diri mereka sendiri yang dihasilkan oleh indukan ataupun orang tua merupakan definisi dari reproduksi atau pembelahan sel pada ilmu biologi.

Reproduksi atau pembelahan sel pada umumnya dibedakan menjadi 3 jenis pembelahan sel, yakni pembelahan secara amitosis atau biner, pembelahan sel secara mitosis, dan pembelahan sel secara meiosis.

### Latihan

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pembelahan sel ?
2. Apa perbedaan pembelahan sel amitosis, meiosis dan mitosis ?
3. Mengapa bakteri mengalami pembelahan secara amitosis ?
4. Mengapa sel gamet mengalami pembelahan secara meiosis ?
5. Mengapa sel tubuh mengalami pembelahan secara mitosis ?

## **Materi 08**

### **REPRODUKSI PADA ORGANISMA**

#### **A. Pengantar**

Mempelajari berbagai macam proses reproduksi yang terjadi pada mikroorganisma, hewan dan tumbuhan serta perbedaan dari masing-masing proses yang terjadi

#### **B. Kompetensi Dasar**

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis berbagai macam proses reproduksi yang terjadi pada mikroorganisma, hewan dan tumbuhan serta perbedaan dari masing-masing proses yang terjadi

#### **C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan berbagai macam proses reproduksi yang terjadi pada mikroorganisma, hewan
- b. Menganalisis perbedaan proses reproduksi yang terjadi pada mikroorganisma, hewan dan tumbuhan

#### **D. Kegiatan Pembelajaran**

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

#### **E. MATERI**

##### **Pendahuluan**

Sistem reproduksi atau sistem genital adalah sistem organ seks dalam organisme yang bekerja sama untuk tujuan reproduksi seksual. Banyak zat non-hidup seperti cairan, hormon, dan feromon juga merupakan aksesoris penting untuk sistem reproduksi. Tidak seperti kebanyakan sistem organ, jenis kelamin dari spesies yang telah terdiferensiasi sering memiliki perbedaan yang signifikan. Perbedaan ini memungkinkan untuk kombinasi materi genetik antara dua individu, yang memungkinkan untuk kemungkinan kebugaran genetik yang lebih besar dari keturunannya. Manusia

Pria

- Sepasang testis, yang terbungkus dalam kantong skrotum, testis berfungsi sebagai penghasil sperma dan hormon testosteron
- Sepasang epididimis, saluran panjang berkelok-kelok terdapat di dalam skrotum

### **Wanita**

Ovarium berfungsi menghasilkan ovum dan hormon (estrogen dan progesteron). Jika sel telur pada ovarium telah masak, akan dilepaskan dari ovarium, pelepasan telur dari ovarium disebut ovulasi.

### **Tumbuhan**

Di antara semua organisme hidup, bunga, yang merupakan struktur reproduksi angiosperma, adalah yang paling beragam secara fisik dan menunjukkan keragaman yang besar dalam metode reproduksi.<sup>[3]</sup> Tumbuhan yang bukan tumbuhan berbunga (alga hijau, lumut daun, lumut hati, lumut tanduk, paku dan Gymnospermae seperti konifer) juga memiliki interplay kompleks antara adaptasi morfologi dan faktor lingkungan dalam reproduksi seksual mereka. Sistem pembiakan, atau bagaimana sperma dari satu tanaman membuahi ovum lain, tergantung pada morfologi reproduksi, dan merupakan penentu yang paling penting dari struktur genetik populasi tanaman nonklonal. Christian Konrad Sprengel (1793) mempelajari reproduksi tanaman berbunga dan untuk pertama kalinya itu dipahami bahwa proses penyerbukan melibatkan baik interaksi biotik dan abiotik.

### **Fungi**

Reproduksi fungi adalah kompleks, yang mencerminkan perbedaan dalam gaya hidup dan susunan genetik dalam kerajaan organisme yang beragam ini.<sup>[4]</sup> Diperkirakan bahwa sepertiga dari semua fungi bereproduksi menggunakan lebih dari satu metode propagasi; misalnya, reproduksi dapat terjadi dalam dua tahap yang berbeda dalam daur hidup suatu spesies, teleomorf dan anamorf.<sup>[5]</sup> Kondisi lingkungan memicu keadaan perkembangan yang ditentukan secara genetik yang mengarah pada penciptaan struktur khusus untuk reproduksi seksual atau aseksual. Struktur ini membantu reproduksi dengan secara efisien menyebarkan spora atau propagul yang mengandung spora.

### **Fertilisasi**

**Fertilisasi** (atau disebut juga **pembuahan, konsepsi, singami**) adalah peleburan dua gamet yang dapat berupa nukleus atau sel-sel bernukleus untuk membentuk sel tunggal (zigot) atau peleburan nukleus. Biasanya melibatkan penggabungan sitoplasma (plasmogami) dan penyatuan bahan nukleus (kariogami). Dengan

meiosis, zigot itu membentuk ciri fundamental dari kebanyakan siklus seksual eukariota, dan pada dasarnya gamet-gamet yang melebur adalah haploid. Bilamana keduanya motil seperti pada tumbuhan, maka fertilisasi itu disebut isogami, bilamana berbeda dalam ukuran tetapi serupa dalam bentuk maka disebut anisogami, bila satu tidak motil (dan biasanya lebih besar) dinamakan oogami. Hal ini merupakan cara khas pada beberapa tumbuhan, hewan, dan sebagian besar jamur. Pada sebagian gimnofita dan semua antofita, gametnya tidak berflagel, dan polen tube terlibat dalam proses fertilisasi.

#### **Fertilisasi pada hewan**

- **Fertilisasi eksternal** (khas pada hewan-hewan akuatik): gamet-gametnya dikeluarkan dari dalam tubuhnya sebelum fertilisasi.
- **Fertilisasi internal** (khas untuk adaptasi dengan kehidupan di darat): sperma dimasukkan ke dalam daerah reproduksi betina yang kemudian disusul dengan fertilisasi. Setelah pembuahan, telur itu membentuk membran fertilisasi untuk merintangi pemasukan sperma lebih lanjut. Kadang-kadang sperma itu diperlukan hanya untuk mengaktivasi telur.

### **EVALUASI BELAJAR**

#### **Rangkuman**

**Sistem reproduksi** atau **sistem genital** adalah sistem organ seks dalam organisme yang bekerja sama untuk tujuan reproduksi seksual. Banyak zat non-hidup seperti cairan, hormon, dan feromon juga merupakan aksesoris penting untuk sistem reproduksi. Tidak seperti kebanyakan sistem organ, jenis kelamin dari spesies yang telah terdiferensiasi sering memiliki perbedaan yang signifikan. Perbedaan ini memungkinkan untuk kombinasi materi genetik antara dua individu, yang memungkinkan untuk kemungkinan kebugaran genetik yang lebih besar dari keturunannya.

#### **Latihan**

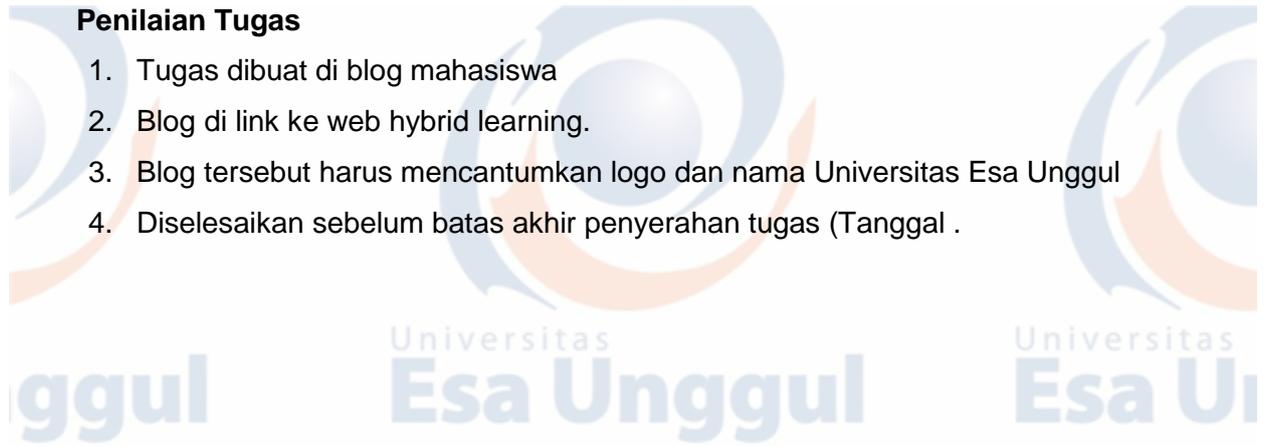
1. Apa pengertian sistem reproduksi ?
2. Apa perbedaan sistem reproduksi pada hewan dan tumbuhan ?
3. Apa yang dimaksud dengan reproduksi vegetatif ?
4. Apakah hewan dapat mengalami reproduksi vegetatif ? Jelaskan
5. Apa yang dimaksud dengan fertilisasi ?

#### **Tugas**

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang perbedaan bayi kloning dan bayi tabung.

### Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .



## Materi 09

### JARINGAN, ORGAN DAN SISTIM ORGAN PADA HEWAN

#### A. Pengantar

Mempelajari berbagai macam jaringan, organ, dan sistim organ pada hewan serta fungsinya dalam menunjang aktivitas hewan.

#### B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis berbagai macam jaringan, organ, dan sistim organ pada hewan serta fungsinya dalam menunjang aktivitas hewan.

#### C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

1. Memahami dan menjelaskan berbagai macam jaringan, organ dan sistim organ pada hewan
2. Menganalisis fungsi dan peranan berbagai macam jaringan, organ dan sistim organ pada hewan dalam menunjang aktivitas hewan.

#### D. Kegiatan Pembelajaran

1. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
2. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

## 2. MATERI

### A. Pengertian Anatomi

Anatomi berasal dari bahasa Yunani *anatomia* dari *anatemnein*, yang berarti memotong. Cabang dari biologi yang berhubungan dengan struktur dan organisasi dari makhluk hidup. Terdapat juga anatomi hewan atau zootomi dan anatomi tumbuhan atau fitotomi.

Beberapa cabang ilmu anatomi adalah anatomi perbandingan, histologi, dan anatomi manusia. Anatomi hewan juga disebut sebagai *anatomi perbandingan* atau

morfologi hewan jika mempelajari struktur berbagai hewan, dan disebut *anatomi khusus* jika hanya mempelajari satu jenis hewan saja.

## B. Pengertian Fisiologi

Fisiologi atau ilmu faal adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari berlangsungnya system kehidupan. Istilah fisiologi diambil dari istilah Belanda yaitu *physiologie* yang dibentuk dari 2 kata Yunani yaitu *kuna* yang berarti “asal-usul” atau “hakikat” dan *logia* yang berarti “kajian”.

## C. Jaringan Hewan

Pada hewan multiselular, sel tidak hanya berguna untuk dirinya sendiri tetapi sel tersebut berperan pada tubuh hewan tersebut secara keseluruhan. Artinya sel menjalankan fungsinya yang khusus dan fungsi-fungsi tersebut dikendalikan oleh pusat pengaturan. Dengan demikian, aktivitas dari berbagai macam sel dalam tubuh dapat selalu seimbang. Sehingga sel-sel yang memiliki struktur dan fungsi yang sama berkelompok dan akan membentuk struktur yang disebut dengan *jaringan*.

Dalam tubuh hewan multiselular terdiri dari 4 jenis jaringan dasar yaitu :



### Jaringan Epitel

Jaringan ini disusun oleh lapisan sel yang melapisi permukaan organ seperti permukaan kulit. Jaringan ini berfungsi untuk melindungi organ yang dilapisinya, sebagai organ sekresi dan penyerapan. Jaringan epitel adalah jaringan yang membatasi dua lingkungan berbeda dalam tubuh hewan dan melekat pada jaringan ikat. Jaringan epitel tersusun atas sel-sel epitel dan banyak terdapat di lapisan kulit dan permukaan dalam tubuh seperti paru-paru, lambung, usus halus dan pembuluh darah. Oleh karena berfungsi untuk melindungi tubuh dari infeksi dan luka, jaringan epitel tersusun atas sel-sel yang rapat dengan sedikit ruang antar selnya.

Adapun ciri-ciri dari jaringan epitel yaitu:

- Sel-selnya tersusun rapat

- Tidak mengandung pembuluh darah namun pembuluh syaraf
- Kemampuan regenerasinya yang tinggi seperti yang terdapat pada kulit

Jaringan epitel terdiri dari 3 macam yaitu:

1. **Eksotelium:** epitel yang membungkus bagian luar tubuh
2. **Endotelium:** epitel yang melapisi organ dalam tubuh seperti jaringan epitel yang melapisi dinding dalam kapiler darah, pembuluh limfa dan jantung
3. **Mesotelium:** epitel yang membatasi rongga tubuh seperti pericardium, pleura dan peritonium

Selain berfungsi sebagai lapisan paling luar yang melindungi tubuh, jaringan epitel memiliki fungsi-fungsi lain, antara lain:

- Sebagai alat ekskresi dan osmoregulasi yang mengatur tekanan osmotik cairan tubuh, contohnya dengan cara membuang garam-garam melalui permukaan kulit.
- Melakukan proses absorpsi, contohnya jaringan epitel pada dinding usus berfungsi untuk menyerap sari-sari makanan.
- Sebagai kelenjar, contohnya epitel lambung yang berupa suatu sel kelenjar penghasil lendir.
- Membantu proses respirasi, contohnya epitel-epitel yang terdapat di saluran pernapasan.
- Sebagai alat penerima rangsang dari luar, contohnya sel-sel neuroepitel di puting mengecap lidah.
- Sebagai alat gerak, contohnya pada sayap kelelawar dan selaput renang pada katak sawah.

Berdasarkan bentuknya, jaringan epitel dibedakan menjadi:

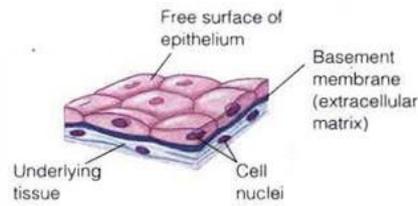
**a. Epitel pipih (squamous ephitelium)**

ialah epitel yang selnya berbentuk pipih dengan nukleus berbentuk bulat dan berada ditengah.

Berdasarkan lapisan penyusunnya epitel dibedakan menjadi 2 macam:

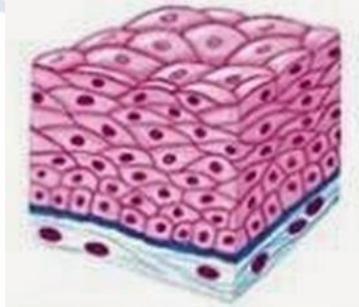
1. Epitel pipih selapis

Lapisan hanya satu lapis tetapi rapat sekali, fungsinya untuk difusi, osmosis, filtrasi dan sekresi, terdapat di jaringan epitelium.



## 2. Epitel pipis berlapis

Lapisannya banyak dan susunannya rapat sekali, fungsi sebagai pelindung dan sekresi, terdapat di jaringan epitelium.



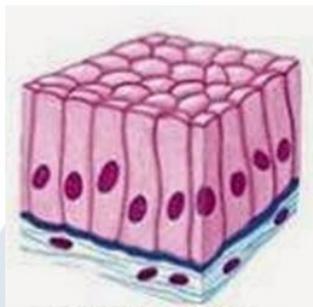
### b. Epitel silindris (columnar)

Epitel silindris ialah epitel yang bentuk selnya batang atau silindris dengan nukleus berada hampir dekat dengan dasar.

Berdasarkan struktur dan lapisan penyusunannya epitel silindris dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

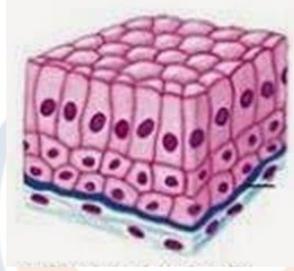
#### 1. Epitel silindris selapis

Lapisannya satu lapis berbentuk silindris, fungsinya sebagai penyerapan nutrisi di usus, sekresi dan absorbs, terdapat di jaringan epitelium.



#### 3. Epitel silindris berlapis

Lapisannya banyak, fungsinya sebagai pelindung dan sekresi, terdapat di jaringan epitelium.



4. Epitel silindris berlapis semu bersilia.

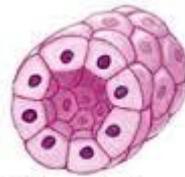
Fungsi sebagai sekresi, proteksi perlindungan partikel yang ada di atasnya, terdapat di jaringan epitelium.

**c. Epitel kubus**

alah epitel yang selnya berbentuk kubus dengan nukleus berbentuk bulat besar di bagian tengah sel. Seperti pada epitel pipih, epitel kubus dibedakan berdasarkan lapisan penyusunannya menjadi dua jenis, yaitu:

1. Epitel kubus selapis

Lapisannya satu berbentuk kubus, fungsi sebagai pelindung dan sekresi, terdapat di jaringan epitelium.



kubus selapis

2. Epitel kubus berlapis banyak

Lapisannya banyak, fungsi sebagai pelindung gesekan dan pengelupasan, absorpsi dan sekresi, terdapat di jaringan epitelium.

**d. Epitel transisi**

alah bentuk epitel berlapis banyak yang sel-selnya tidak dapat dikelompokkan berdasarkan bentuknya. Hal tersebut disebabkan ketika jaringannya menggelembung bentuknya akan berubah, misalnya pada kandung kemih yang berisi urine, jaringan epitel akan berbentuk kuboid berlapis seperti dadu atau dilindris, jika kandung kemih sudah tidak berisi urine, maka jaringan epitelnya akan berubah menjadi sel epitel pipih berlapis.

## Jaringan ikat

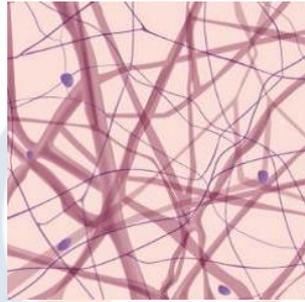
Adalah jaringan yang berfungsi mengikat jaringan-jaringan lain menjadi satu, dan berasal dari perkembangan mesenkim dari mesoderm. Jaringan ikat biasa berfungsi untuk melindungi jaringan dan organ dan mengikat sel-sel untuk membentuk jaringan dan membentuk organ, menyimpan energi dan sirkulasi. Berbeda dengan jaringan epitel, jaringan ikat terdiri atas sel-sel yang jarang serta tersebar di dalam matriks ekstraseluler. Sel-sel tersebut memproduksi dan menyekresikan matriks yang biasanya berupa jaringan berserat yang berada di dalam cairan, jeli atau padatan. Selain sel, terdapat komponen lain yang membangun jaringan ikat, yaitu serabut dan substansi dasar. Jadi secara lengkap komponen yang membangun jaringan ikat yaitu sel-sel, serabut dan substansi dasar.

Komponen penyusun jaringan ikat terdiri dari:

- 1) **Makrofag**, bertugas memakan kuman/zat asing yang masuk ke dalam jaringan, dan terdapat dekat pembuluh darah.
- 2) **Fibroblas**, protein berbentuk serat yang berfungsi sebagai bakal/bahan pembentuk matriks jaringan ikat.
- 3) **Sel tiang** (mast cell), berfungsi sebagai penghasil heparin untuk pembekuan darah dan histamin sebagai peningkat permeabilitas kapiler darah.
- 4) **Sel lemak** (adipose cell), adalah sel yang terspesialisasi untuk menyimpan lemak.
- 5) **Sel darah merah**
- 6) **Sel darah putih**
- 7) **Melanosit**, berfungsi untuk menghasilkan zat melanin (pigmen) pada kulit.
- 8) **Matriks**, komponen cair pengisi jaringan ikat yang terdiri dari serabut dan bahan dasar yang menyebabkan matriks menjadi lentur.
- 9) **Serat kolagen**, berwarna putih, dengan daya regang tinggi dan elastisitas rendah.
- 10) **Serat elastik**, berwarna kuning, daya elastisitas tinggi.
- 11) **Serat retikuler**, berbentuk jaring, elastisitas rendah, dengan bahan penyusun yang sama dengan kolagen namun lebih tipis. Fungsinya adalah sebagai pengikat antar jaringan ikat lain.

Jaringan ikat terbagi atas beberapa macam jaringan yaitu:

- a) Jaringan Ikat longgar atau areolar

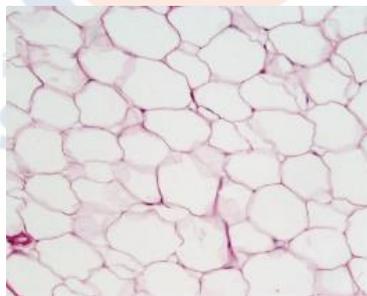


Adalah jaringan yang seratnya lebih longgar, komposisi bahan dasar matriksnya lebih banyak, sel penyusunnya lebih sedikit. Terdiri dari matriks yang mengandung serat kolagen, retikuler dan elastin. Jaringan ikat terdiri dari beberapa sel yaitu sel makrofag, sel plasma dan sel tiang. Jaringan ini terdapat di selaput perut, saluran pencernaan, pembungkus pembuluh darah, akson saraf dan kulit.

Fungsi dari jaringan ini adalah:

- Memberi bentuk organ dalam.
- Menyelubungi serat otot.
- Merekatkan jaringan di bawah kulit.
- Membentuk membran mesentriumpada rongga perut yang mengatur posisi organ dalam.

**b) Jaringan lemak atau adipose**



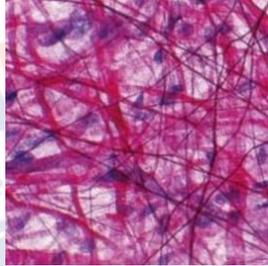
Jaringan adipose ialah jaringan yang menyimpan lemak dalam jumlah banyak serta membungkus rapat sel-sel adiposum yang terdapat di matriks. Komponen yang membangun jaringan adiposa adalah sel fibroblas, sedikit mastosit, serta serabut kolagen dan elastin. Jaringan adipose banyak di temukan di epidermis kulit, sumsum tulang belakang, serta sekitar sendir dan ginjal. Ciri-ciri dari jaringan ini adalah tersusun atas sel-sel lemak yang tidak membentuk lemak atau matriks. Jaringan ini terdapat pada seluruh bagian tubuh, dibawah kulit, sekitar persendian, dan disekitar organ-organ dalam.

Jaringan ini berfungsi sebagai:

- Bantalan untuk melindungi organ-organ tubuh dari benturan

- Persediaan cadangan makanan
- Pengatur suhu badan

**c) Jaringan ikat padat atau fibrosa**



Berfungsi sebagai penghubung organ-organ dalam tubuh. Ciri-ciri dari jaringan ini adalah didominasi oleh serat kolagen karena itu bersifat tidak elastis dan tersusun dari sel-sel fibroblas.

Jaringan ikat padat terdiri dari 2 jenis, yaitu:

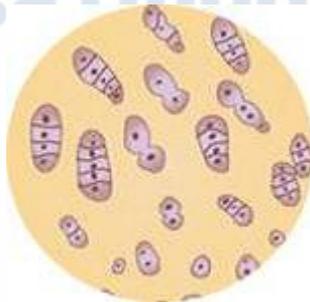
1) Jaringan ikat padat teratur

Misalnya ligament yaitu penghubung tulang dengan tulang dan tendon yaitu penghubung otot dengan tulang.

2) Jaringan ikat padat tidak teratur

Pembungkus tulang dan lapisan dermis kulit

**d) Kartilago atau jaringan tulang rawan**



Jaringan tulang rawan ialah Jaringan ikat pembentuk materi rangka yang kuat, tetapi fleksibel serta mengandung serabut kolagen berlimpah yang tertanam pada substansi yang kasar. Sel-sel penyusun jaringan kartilago berasal dari kondroblas yang menghasilkan kondrosit. Kondrosit mensekresikan matriks yang disebut kondrin. Sel kondrosit terletak dalam ruang yang disebut lacuna.

Jaringan tulang rawan dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- a) Rawan hialin adalah rawan yang paling umum dalam tubuh misalnya pada orang dewasa rawan hialin banyak terdapat di dinding pernapasan, rusuk dan persendian tulang.
- b) Rawan elastis terdapat di daun telinga, dinding saluran telinga luar, epiglottis dan saluran Eustachius (di dalam telinga).
- c) Rawan fibroblas terdapat simfisis pubis, keping-keping di antara tulang vertebrata daerah pertemuan antara tendon dengan tulang.

**e) Jaringan Tulang**

Sel-sel penyusun jaringan tulang berasal dari osteoblas yang menghasilkan osteosit. Osteosit mensekresikan matriks yang disebut osteon. Tulang juga dapat terbentuk dari osifikasi atau kalsifikasi kartilago.

Struktur jaringan tulang sejati atau disebut sistem Havers:

- Saluran Havers (saluran pusat), berisi pembuluh darah dan saraf.
- Lakuna, ruang tempat osteosit terletak.
- Kanalikuli, struktur penghubung osteosit yang satu dengan osteosit lain.
- Lamella, lapisan konsentris matriks yang keras dan kuat.
- Matriks, tersusun atas serabut kolagen dan mineral kalsium dan fosfor.

**Jaringan Syaraf**



Jaringan saraf berfungsi dalam pengintegrasian stimulasi dan mengontrol respon dari stimulus-stimulus tersebut. Unit struktur dan fungsional jaringan saraf adalah sel-sel saraf yang disebut dengan neuron. Badan sel mengandung inti sel yang berada di bagian tengah dan berperan sebagai tempat pemeliharaan semua bagian sel saraf agar dapat menjalankan fungsinya dengan baik.

Bagian-bagian jaringan syaraf:

- Akson adalah bagian sitoplasma sel yang mengalami pemanjangan dari badan sel dan berperan untuk menghantarkan rangsangan dari badan sel ke sel-sel saraf lainnya.

- Dendrit adalah bagian akson yang memanjang dan bercabang, serta berfungsi untuk menghantarkan sinyal dari sel-sel saraf ke badan.
- Badan sel (processing cell), berfungsi memproses rangsang.
- Sel Schwann, berupa lemak yang berfungsi menghasilkan myelin.
- Selubung mielin, berfungsi melindungi akson dan memberi nutrisi.
- Nodus Ranvier (celah), berfungsi mempercepat hantaran rangsangan.
- Sinapsis, berfungsi meneruskan rangsang ke sel saraf selanjutnya.

**Macam-macam jaringan syaraf:**

- 1) Saraf sensorik yaitu saraf yang mengirimkan rangsang dari daerah reseptor/indra (penerima rangsang) menuju sistem saraf pusat.
- 2) Saraf interneuron yaitu saraf penghubung yang satu dengan sel saraf yang lain.
- 3) Saraf motoric yaitu saraf yang mengirimkan rangsang dari sistem saraf pusat menuju efektor/otot (penanggung rangsang).

Berdasarkan bentuknya, sel syaraf dibedakan menjadi:

- 1) Syaraf bipolar



- 2) Syaraf multipolar



- 3) Syaraf unipolar



Sel glia (neuroglia) adalah sel yang menunjang kebutuhan sel-sel saraf, seperti kedudukan, nutrisi, oksigen, dan lain-lain.

**Macam-macam sel glia:**

- 1) Sel satelit (regulator zat kimia)
- 2) Sel Schwann (pelindung akson dan pembentuk selubung mielin)
- 3) Sel endotelial (melapisi sistem saraf pusat dan pengisi cairan serebrospinal)
- 4) Mikroglia (fagositosis)
- 5) Astrosit (penyokong sel saraf)
- 6) Oligodendrosit (penyokong sel saraf)

## Jaringan Otot

Jaringan otot terdiri atas berkas-berkas sel panjang yang disebut dengan serabut otot. Jaringan otot atau jaringan muskular adalah sekumpulan sel-sel kontraktile atau sel yang mampu melakukan kontraksi yang tersusun seperti serat. Jaringan otot tersusun atas sel-sel otot yang berfungsi sebagai alat gerak aktif tubuh. Jaringan otot terdiri dari serat-serat otot yang disebut myofibril. Serabut otot tersusun menjadi berkas paralel yang kemudian membentuk otot. Otot dapat bekerja secara aktif dengan cara kontraksi (memendek) dan relaksasi (memanjang) dengan bantuan protein aktin (filament halus) dan protein myosin (protein kasar). Kontraksi otot dapat berlangsung karena molekul-molekul protein yang membangun sel otot dapat memanjang dan memendek.

Pada umumnya, jaringan otot dibedakan menjadi:

- 1) Otot rangka/lurik



Otot rangka melekat pada tulang melalui tendon. Otot ini dapat memendek (kontraksi) dan memanjang (relaksasi). Kemampuan otot ini menyebabkan tulang yang dilekatinya berubah posisi, sehingga terjadi suatu gerakan tubuh. Sifat kerja otot rangka adalah voluntari, artinya otot rangka yang dapat digerakkan dengan kemauan kita.

Fungsi dari otot lurik yaitu:

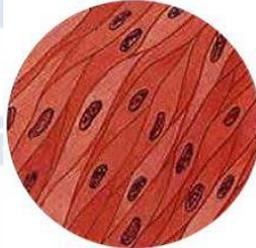
- Sebagai alat gerak aktif.
- Berkonsentrasi secara cepat dan kuat untuk menggerakkan tulang dan tubuh

- 2) Otot jantung/Miokardium



Otot jantung adalah jaringan utama yang menyusun bagian permukaan jantung hewan vertebrata. Sel-sel otot jantung juga berlurik-lurik, tetapi berbeda dengan sel otot rangka karena sel otot jantung bercabang-cabang. Fungsi dari otot ini adalah menyebabkan jantung menguncup dan mengembang sehingga darah terpompa.

3) Otot polos/visera



Seperti otot rangka dan otot jantung yang berluri-lurik, otot polos tidak memiliki lurik-lurik. Itulah sebabnya jenis otot ini disebut dengan otot polos. Otot ini bekerja secara tidak sadar (involunter) atau dipersarafi saraf autonom, dan tidak mudah lelah.

Fungsi dari otot polos/visera:

- Melaksanakan gerak di luar kehendak, contohnya gerakan zat/makanan pada saluran pencernaan.
- Mengontrol diameter pembuluh darah dan biji mata.

• **Sistem Pencernaan**

Pencernaan adalah suatu proses kimia dari molekul makanan besar menjadi molekul makanan yang lebih kecil sehingga dapat digunakan oleh sel. Proses pencernaan terjadi ketika enzim spesifik tertentu bercampur dengan makanan.

Sistem pencernaan (digestive system) secara umum berfungsi untuk memproses makanan yang dicerna. Selain itu adalah untuk memberikan nutrisi untuk tumbuh dan mempertahankan diri dan untuk menghilangkan produk limbah dari sisa pencernaan. System digestive ini terdiri dari beberapa organ dan kelenjar yang mencerna makanan, energi dan ekstrak nutrisi dan kemudian membuang produk samping berupa limbah sisa pencernaan.

Fungsi sistem pencernaan yang lainnya yaitu:

- Ingesti (proses mengambil makanan ke dalam sistem pencernaan dengan cara melalui mulut)
- Mastikasi (proses mengunyah untuk menghancurkan makanan dan mencampurnya dengan air liur)
- Deglutition (tindakan menelan untuk mengangkut makanan dari mulut ke perut)

- Digestion (memecah secara mekanis serta kimia dari makanan)
- Absorpsi (bagian dari molekul makanan dari usus ke dalam darah atau kelenjar getah)
- Peristaltik (kontraksi seperti gelombang yang memindahkan makanan melalui saluran pencernaan)
- Defekasi (pembuangan limbah dicerna, disebut tinja, dari tubuh).

Organ sistem pencernaan secara garis besar dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu:

#### 1. Saluran pencernaan (tractus digestifus)

Merupakan saluran yang kontinu berupa tabung yang dikelilingi otot. Organ yang termasuk didalamnya:

- Mulut

Mulut adalah organ pencernaan yang pertama bertugas dalam proses pencernaan makanan. Fungsi utama mulut adalah untuk menghancurkan makanan sehingga ukurannya cukup lebih kecil untuk dapat ditelan ke dalam perut. Proses pencernaan dimulai sejak makanan masuk ke dalam mulut. Di dalam mulut terdapat alat-alat yang membantu dalam proses pencernaan. Bagian alat-alat pencernaan dimulut adalah gigi, lidah, dan kelenjar ludah (air liur). Di dalam rongga mulut terjadi proses pencernaan makanan secara mekanik dan kimiawi.

- Faring

Fungsi faring adalah untuk mentransfer makanan dari mulut ke kerongkongan dan untuk menghangatkan, melembabkan dan menyaring udara sebelum bergerak ke dalam trakea.

- Esofagus

Terletak antara trakea dan tulang belakang, melewati bawah melalui diafragma dan berakhir di sfingter esofagus bagian bawah, pembukaan cincin otot ke ujung atas perut. Fungsi utama esofagus adalah untuk membawa makanan yang tertelan dan cairan ke perut.

- Lambung

Lambung melakukan pencernaan secara mekanik dan kimiawi. Pencernaan kimiawi di dalam lambung yaitu peremasan makanan yang dilakukan oleh otot-otot dinding lambung. Sedangkan pencernaan kimiawi dibantu oleh enzim yang dihasilkan oleh lambung.

- Usus halus

Usus halus merupakan usus terpanjang di dalam sistem pencernaan manusia. Panjang usus halus orang dewasa 6-8m. di dalam usus halus terjadi proses penyerapan sari-sari makanan.

- Usus besar

Di dalam usus besar terjadi penyerapan air dan pembusukan sisa sari sari makanan oleh bantuan bakteri *Escherichia coli*.

### 3. Organ pencernaan tambahan

Organ pencernaan tambahan ini berfungsi untuk membantu saluran pencernaan dalam melakukan kerjanya. Organ yang termasuk didalamnya:

Gigi, lidah, kantung empedu, beberapa kelenjar pencernaan seperti kelenjar ludah, hati dan pankreas.

## EVALUASI BELAJAR

### Rangkuman

Pada hewan multiselular, sel tidak hanya berguna untuk dirinya sendiri tetapi sel tersebut berperan pada tubuh hewan tersebut secara keseluruhan. Artinya sel menjalankan fungsinya yang khusus dan fungsi-fungsi tersebut dikendalikan oleh pusat pengaturan. Dengan demikian, aktivitas dari berbagai macam sel dalam tubuh dapat selalu seimbang. Sehingga sel-sel yang memiliki struktur dan fungsi yang sama berkelompok dan akan membentuk struktur yang disebut dengan *jaringan*.

Dalam tubuh hewan multiselular terdiri dari 4 jenis jaringan dasar yaitu : Epitel, Ikat, Otot, dan syaraf

### Latihan

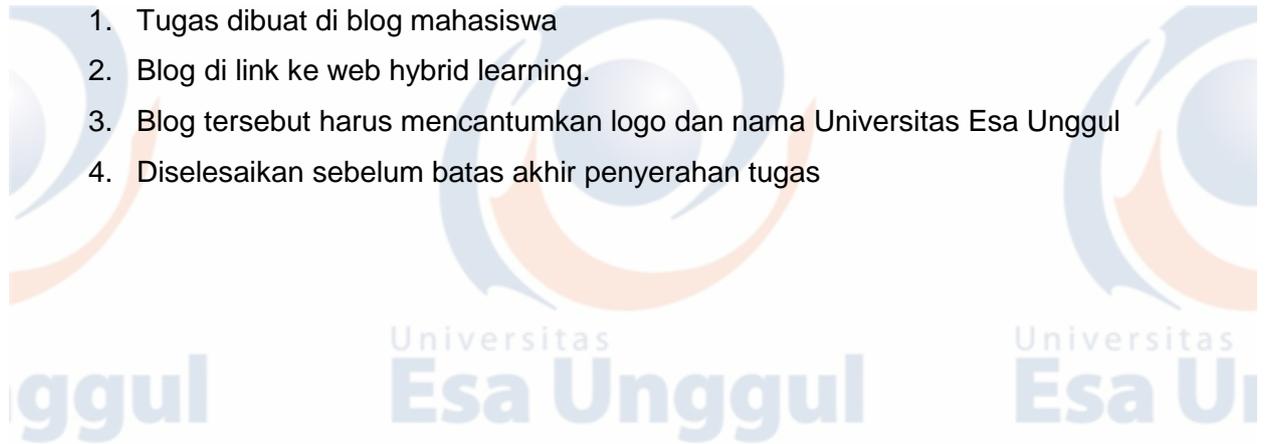
1. Sebutkan apa peranan masing-masing jaringan epitel, jaringan ikat, otot dan syaraf bagi tubuh ?
2. Mengapa bentuk epitel setiap organ berbeda ?
3. Apa yang menjadi ciri khas dari jaringan ikat ?
4. Apa perbedaan otot polos, otot lurik dan otot jantung ?
5. Sebutkan jenis-jenis sel syaraf beserta fungsinya !

### Tugas

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang jaringan dan organ yang menyusun sistem pencernaan dan peranannya masing-masing

### Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas



## Materi 10

### JARINGAN, ORGAN DAN FISIOLOGI TUMBUHAN

#### A. Pengantar

Mempelajari berbagai macam jaringan dan organ tumbuhan serta komponen sel jaringan yang menyusun tubuh tumbuhan

#### B. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis berbagai macam jaringan dan organ tumbuhan serta komponen sel jaringan yang menyusun tubuh tumbuhan

#### C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan struktur macam jaringan dan organ tumbuhan
- b. Menganalisis peranan komponen sel jaringan yang menyusun tubuh tumbuhan

#### D. Kegiatan Pembelajaran

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

#### E. MATERI

##### Pendahuluan

**Anatomi tumbuhan** atau **fitoanatomi** merupakan analogi dari anatomimanusia atau hewan. Walaupun secara prinsip kajian yang dilakukan adalah melihat keseluruhan fisik sebagai bagian-bagian yang secara fungsional berbeda, anatomi tumbuhan menggunakan pendekatan metode yang berbeda dari anatomi hewan. Organ tumbuhan terekspos dari luar, sehingga umumnya tidak perlu dilakukan "pembedahan".

Anatomi tumbuhan biasanya dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan hierarki dalam kehidupan:

- **Organologi**, mempelajari struktur dan fungsi organ berdasarkan jaringan-jaringan penyusunnya;

- **Histologi**, mempelajari struktur dan fungsi berbagai jaringan berdasarkan bentuk dan peran sel penyusunnya; dan
- **Sitologi**, mempelajari struktur dan fungsi sel serta organel-organel di dalamnya, proses kehidupan dalam sel, serta hubungan antara satu sel dengan sel yang lainnya. Sitologi dikenal juga sebagai **biologi sel**.

Morfologi tumbuhan juga sering kali dikaji bersama-sama dengan anatomi tumbuhan.

### Organologi

Organologi mengkaji bagaimana struktur dan fungsi suatu organ. Berikut adalah jaringan-jaringan dasar yang menyusun tiga organ pokok tumbuhan.

### Akar

Akar tersusun dari jaringan-jaringan berikut :

- epidermis
- parenkim
- endodermis
- kayu
- pembuluh (pembuluh kayu dan pembuluh tapis) dan
- kambium pada tumbuhan dikotil.

Permukaan akar seringkali terlindung oleh lapisan gabus tipis. Bagian ujung akar memiliki jaringan tambahan yaitu tudung akar. Ujung akar juga diselubungi oleh lapisan mirip lendir yang disebut misel (*mycel*) yang berperan penting dalam pertukaran hara dan memperkuat tumbuhan serta interaksi dengan organisme (mikroba) lain.

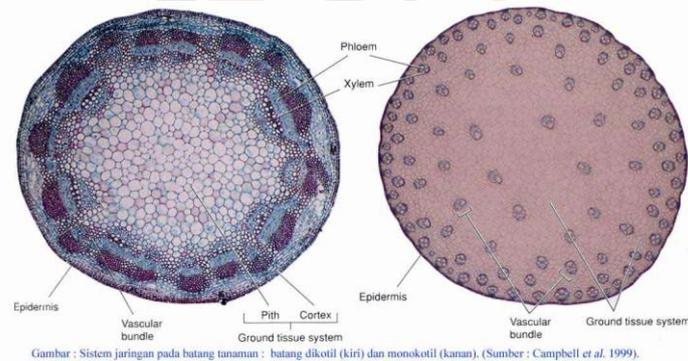


### Batang

Susunan batang tidak banyak berbeda dengan akar. Batang tersusun dari jaringan berikut:

- epidermis
- parenkim
- endodermis
- kayu
- jaringan pembuluh, dan
- kambium pada tumbuhan dikotil.

Struktur ini tidak banyak berubah, baik di batang utama, cabang, maupun ranting. Permukaan batang berkayu atau tumbuhan berupa pohon seringkali dilindungi oleh lapisan gabus (suber) dan/atau kutikula yang berminyak (hidrofobik). Jaringan kayu pada batang dikotil atau monokotil tertentu dapat mengalami proses lignifikasi yang sangat lanjut sehingga kayu menjadi sangat keras.



Gambar : Sistem jaringan pada batang tanaman : batang dikotil (kiri) dan monokotil (kanan). (Sumber : Campbell et al. 1999).

## Daun

Daun lengkap terdiri dari pelepah daun, tangkai daun serta helai daun. Helai daun sendiri memiliki urat daun yang tidak lain adalah kelanjutan dari jaringan penyusun batang yang berfungsi menyalurkan hara atau produk fotosintesis. Helai daun sendiri tersusun dari jaringan-jaringan dasar berikut:

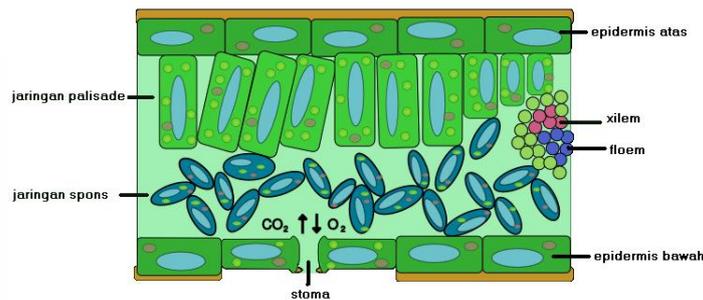
- epidermis
- jaringan tiang
- jaringan bunga karang dan
- jaringan pembuluh.

Permukaan epidermis seringkali terlapis oleh kutikula atau rambut halus (pilus) untuk melindungi daun dari serangga pemangsa, spora jamur, ataupun tetesan air hujan.

## Histologi

Histologi tumbuhan mengkaji jenis-jenis sel (berdasarkan bentuk dan fungsi) yang menyusun suatu jaringan.

Jaringan penyusun tumbuhan antara lain : 1. epidermis (jaringan pelindung) 2. kolenkim (jaringan penyokong) 3. sklerenkim (jaringan penyokong) 4. parenkim (jaringan dasar) 5. xilem (jaringan pembuluh) 6. floem (jaringan pembuluh)



## EVALUASI BELAJAR

### Rangkuman

Anatomi tumbuhan biasanya dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan hierarki dalam kehidupan:

- **Organologi**, mempelajari struktur dan fungsi organ berdasarkan jaringan-jaringan penyusunnya;
- **Histologi**, mempelajari struktur dan fungsi berbagai jaringan berdasarkan bentuk dan peran sel penyusunnya; dan
- **Sitologi**, mempelajari struktur dan fungsi sel serta organel-organel di dalamnya, proses kehidupan dalam sel, serta hubungan antara satu sel dengan sel yang lainnya. Sitologi dikenal juga sebagai **biologi sel**.

### Latihan

1. Sebutkan apa perbedaan Floem dan Xylem ?
2. Sebutkan bagian-bagian dari akar beserta fungsinya?
3. Jelaskan struktur yang terdapat pada daun !
4. Apa perbedaan tumbuhan monokotil dan dikotil

### Tugas

Buat diskusi dengan teman-temanmu peranan tumbuhan dalam menjaga keseimbangan ekosistem alam

### Penilaian Tugas

- 1) Tugas dibuat di blog mahasiswa
- 2) Blog di link ke web hybrid learning.
- 3) Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
- 4) Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .

## **Materi 11**

### **MIKROORGANISMA**

#### **F. Pengantar**

Mempelajari proses metabolisme yang terjadi di dalam sel, mulai dari proses anabolisme sampai katabolisme yang melibatkan berbagai organel dalam sel, sehingga membantu aktivitas sel

#### **G. Kompetensi Dasar**

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis proses metabolisme sel serta peranannya dalam aktivitas sel

#### **H. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan proses metabolisme dalam sel
- b. Menganalisis peranan metabolisme bagi kelangsungan hidup sel

#### **I. Kegiatan Pembelajaran**

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning

- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

## J. MATERI

### Pendahuluan

Mikrobiologi ialah ilmu pengetahuan tentang perikehidupan makhluk-makhluk kecil yang hanya kelihatan dengan mikroskop. Makhluk kecil itu disebut mikroorganisme, mikroba, protista atau jasad renik. Mikroorganisme atau mikroba adalah organisme yang berukuran sangat kecil (biasanya kurang dari 1 mm) sehingga untuk mengamatinya diperlukan alat bantuan. Mikroorganisme seringkali bersel tunggal (uniselular) meskipun beberapa protista bersel tunggal masih terlihat oleh mata telanjang dan ada beberapa spesies multisel tidak terlihat mata telanjang. Ilmu yang mempelajari mikroorganisme disebut mikrobiologi. Orang yang bekerja di bidang ini disebut mikrobiolog.

Mikroorganisme biasanya dianggap mencakup semua prokariota, protista dan alga renik. Fungi, terutama yang berukuran kecil dan tidak membentuk hifa, dapat pula dianggap sebagai bagiannya meskipun banyak yang tidak menyepakatinya. Kebanyakan orang beranggapan bahwa yang dapat dianggap mikroorganisme adalah semua organisme sangat kecil yang dapat dibiakkan dalam cawan petri atau inkubator di dalam laboratorium dan mampu memperbanyak diri secara mitosis.

### A. MIKROBA YANG DIGUNAKAN DALAM PROSES FERMENTASI

#### 1. Kapang

Kapang (bahasa Inggris mold) merupakan anggota regnum Fungi ("Kerajaan" Jamur) yang biasanya tumbuh pada permukaan makanan yang sudah basi atau terlalu lama tidak diolah. Sebagian besar kapang merupakan anggota dari kelas Ascomycetes.

**Sumber:** biasanya terdapat pada tempat-tempat lembab, semisal kertas koranyang basah, dinding basah, buah-buahan membusuk dan bahan pangan lainnya.

Morfologi : - Multiseluler (bersel banyak)

- Ukuran : mikroskopik sampai makroskopik
- Bentuk : benang-benang

Struktur : - eukariotik

- Memiliki dinding sel yang kaku
- Terdiri dari hifa (kumpulan benang-benang)

- Kumpulan hifa membentuk miselium

- Beberapa memiliki septa (penyekat) pada hifa.

Perkembangbiakan : seksual dan aseksual (spora)

Peranan: dekomposisi (penghancuran) material, penghasil penisilin (antibiotik) penyebab penyakit.

**Kapang** merupakan mikroba dalam kelompok fungi yang berbentuk filament, yaitu strukturnya terdiri dari benang-benang halus yang disebut hifa. Kumpulan dari banyak hifa membentuk kumpulan massa yang disebut miselium dan lebih mudah dilihat oleh mata tanpa menggunakan mikroskop. Contoh miselium adalah serat putih seperti kapas yang tumbuh pada tempe

**Kapang** juga mempunyai struktur yang disebut spora yang pada umumnya terletak pada ujung-ujung hifa, dan merupakan struktur yang sangat ringan dan mudah menyebar kemana-mana. Spora merupakan alat perkembangbiakan kapang, karena pada kondisi substrat dan lingkungan yang lebih baik spora dapat bergerminasi dan tumbuh menjadi struktur kapang yang lengkap. Dari struktur kapang dapat dihasilkan berates-ratus sporayang mudah menyebar dan mencenari pangan, kemudian tumbuh menjadi bentuk kapang yang lengkap. Jika dilihat dibawah mikroskop, berbagai jenis kapang mempunyai struktur hifa yang berbeda dan spora yang berbeda-beda, dan karakteristik struktur tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kapang.

Spora kapang pada umumnya mempunyai warna tertentu tergantung dari jenis kapangnya. Oleh karena itu pertumbuhan kapang pada pangan mudah dilihat dengan mata yaitu ditandai dengan perubahan warna yang menunjukkan adanya spora kapang dan sering disebut bulukan.

Selain dapat menyebabkan kerusakan pangan, beberapa kapang tertentu juga bermanfaat karena digunakan dalam proses fermentasi pangan.

Jenis kapang Warna spora Pangan yang dirusak Makanan yang difermentasi

Aspergillus Hitam, hijau Roti, screalia, kacang-kacangan Kecap, tauco (A. Oryzac)

Penicillium Biru-hijau Buah-buahan, citrus keju Keju (P. roqueforti)

Rhizopus Hitam diatas hifa berwarna putih Roti, sayuran, buah-buahan Tempe, oncom hitam (R. Oryzac, R. oligosporus)

Neurospora (monilia) Orange-merah nasi Oncom merah

Beberapa kapang jika tumbuh pada pangan dapat memproduksi racun yang berbahaya yang disebut toksin(racun) kapang atau mitoksin. Spesies kapang yang memproduksi mitoksin terutama terutama adalah jenis Aspergillus, Penicillium dan Fusarium. Beberapa contoh mitoksin yang sering ditemukan pada pangan misalnya

aflatoksin yang diproduksi oleh *Aspergillus flavus* dan okratoksin yang diproduksi oleh *Aspergillus ochraceus*.

## 2. Khamir

Khamir adalah anggota Kingdom Fungi yang sebagian besar atau seluruh siklus hidupnya berada dalam kondisi sel tunggal. Khamir bukan merupakan kelompok taksonomi resmi dan pengelompokannya berdasarkan dari bentuk hidupnya (life form).

Khamir adalah fungi ekasel (uniselular) yang beberapa jenis spesiesnya umum digunakan untuk membuat roti, fermentasi minuman beralkohol, dan bahkan digunakan percobaan sel bahan bakar. Kebanyakan khamir merupakan anggota divisi Ascomycota, walaupun ada juga yang digolongkan dalam Basidiomycota. Beberapa jenis khamir, seperti *Candida albicans*, dapat menyebabkan infeksi pada manusia (kandidiasis).

Lebih dari seribu spesies khamir telah diidentifikasi. Khamir yang paling umum digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*, yang dimanfaatkan untuk produksi anggur, roti, dan bir sejak ribuan tahun yang silam dalam bentuk ragi.

## 3. Bakteri

Bakteri, dari kata Latin *bacterium* (jamak, *bacteria*), adalah kelompok raksasa dari organisme hidup. Mereka sangatlah kecil (mikroskopik) dan kebanyakan uniselular (bersel tunggal), dengan struktur sel yang relatif sederhana tanpa nukleus/inti sel, cytoskeleton, dan organel lain seperti mitokondria dan kloroplas. Struktur sel mereka dijelaskan lebih lanjut dalam artikel mengenai prokariota, karena bakteri merupakan prokariota, untuk membedakan mereka dengan organisme yang memiliki sel lebih kompleks, disebut eukariota. Istilah "bakteri" telah diterapkan untuk semua prokariota atau untuk kelompok besar mereka, tergantung pada gagasan mengenai hubungan mereka.

Bakteri adalah yang paling berkelebihan dari semua organisme. Mereka tersebar (berada di mana-mana) di tanah, air, dan sebagai simbiosis dari organisme lain. Banyak patogen merupakan bakteri. Kebanyakan dari mereka kecil, biasanya hanya berukuran 0,5-5  $\mu\text{m}$ , meski ada jenis dapat menjangkau 0,3 mm dalam diameter (*Thiomargarita*). Mereka umumnya memiliki dinding sel, seperti sel hewan dan jamur, tetapi dengan komposisi sangat berbeda (peptidoglikan). Banyak yang bergerak menggunakan flagela, yang berbeda dalam strukturnya dari flagela kelompok lain.

Berdasarkan bentuknya, bakteri dibagi menjadi tiga golongan besar, yaitu:

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

- Mikrococcus, jika kecil dan tunggal
- Diplococcus, jika bergandanya dua-dua
- Tetracoccus, jika bergandengan empat dan membentuk bujursangkar
- Sarcina, jika bergerombol membentuk kubus
- Staphylococcus, jika bergerombol
- Streptococcus, jika bergandengan membentuk rantai

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

- Diplobacillus, jika bergandengan dua-dua
- Streptobacillus, jika bergandengan membentuk rantai

Spiril (Spirillum) adalah bakteri yang berbentuk lengkung dan mempunyai variasi sebagai berikut:

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

Bentuk tubuh/morfologi bakteri dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, medium dan usia. Oleh karena itu untuk membandingkan bentuk serta ukuran bakteri, kondisinya harus sama. Pada umumnya bakteri yang usianya lebih muda ukurannya relatif lebih besar daripada yang sudah tua.

## **B. KARAKTERISTIK MIKRO ORGANISME**

### **1. Karakter Kultural**

Zat hara yang diperlukan oleh setiap mikroorganisme berbeda ada mikroorganisme yang hanya dapat hidup dan tumbuh bila diberikan zat hara yang kompleks (serum, darah). Sebaliknya ada pula yang hanya memerlukan bahan inorganik saja atau bahan organik (asam amino, karbohidrat, purin, pirimidin, vitamin, koenzim) selain itu beberapa mikroorganisme hanya dapat tumbuh pada sel hidup, berupa inang, telur, bertunas, biakan jaringan.

2. Karakter Mikroskopik
3. Karakter Metabolisme

Proses kehidupan dalam sel merupakan suatu rentetan reaksi kimiawi yang disebut metabolisme. Berbagai macam reaksi yang terjadi dalam metabolisme dapat digunakan untuk mencirikan mikroorganisme

#### 4. Karakter Kimia

Sel terdiri dari berbagai bahan kimia. Bila sel mikroba diberi perlakuan kimiawi, maka sel ini memperlihatkan susunan kimiawi yang spesifik. Sebagai contoh, bakteri Gram negatif memiliki lipopolisakarida dalam dinding selnya, Sedangkan bakteri Gram positif tidak. Sebaliknya pada banyak bakteri Gram positif terdapat asam teikoat. Bahan kimia ini tidak ditemukan pada gram negatif. Dinding sel fungsi dan algae berbeda dari bakteri. Pada kelompok virus, pembagian dilakukan berdasarkan asam inti yang dikandung, apakah merupakan DNA atau RNA

#### 5. Karakter Antigenik

Bila mikroorganisme masuk kedalam tubuh, akan terbentuk antibodi yang mengikat antigen. Antigen merupakan bahan kimia tertentu dari sel mikroba. Antibodi ini bersifat sangat spesifik terhadap antigen yang menginduksinya. Oleh karena mikroorganisme memiliki antigen yang berbeda, maka antibodi dapat digunakan untuk mencirikan (rapid identification) terhadap mikroorganisme. Reaksi ini sangat spesifik sehingga dapat disebut sebagai lock and key system.

#### 6. Karakter Genetik

DNA kromosomal mikroorganisme memiliki bagian yang konstan dan spesifik bagi mikroorganisme tersebut sehingga dapat digunakan untuk pencirian mikroorganisme.

## **EVALUASI BELAJAR**

### **Rangkuman**

Makhluk kecil itu disebut mikroorganisme, mikroba, protista atau jasad renik. Mikroorganisme atau mikroba adalah organisme yang berukuran sangat kecil (biasanya kurang dari 1 mm) sehingga untuk mengamatinya diperlukan alat bantuan. Mikroorganisme seringkali bersel tunggal (uniselular) meskipun beberapa protista bersel tunggal masih terlihat oleh mata telanjang dan ada beberapa spesies multisel tidak terlihat mata telanjang

### **.Latihan**

7. Sebutkan apa pengertian metabolisme ?
8. Apa pendapat Charles Darwin tentang Teori Evolusi ?

9. metabolisme sel serta apa manfaatnya bagi aktivitas sel ?
10. Sebutkan jenis proses metabolisme dan sebutkan perbedaan serta contohnya dalam proses di tubuh manusia !
11. Sebutkan organel yang terlibat dalam metabolisme sel ?
12. Apa manfaat metabolisme karbohidrat, lemak dan protein bagi kelangsungan hidup manusia ?

#### Tugas

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang penyakit yang diakibatkan gangguan metabolisme

#### Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .

## Materi 12

### EKOLOGI

#### K. Pengantar

Mempelajari proses metabolisme yang terjadi di dalam sel, mulai dari proses anabolisme sampai katabolisme yang melibatkan berbagai organel dalam sel, sehingga membantu aktivitas sel

#### L. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis proses metabolisme sel serta peranannya dalam aktivitas sel

#### M. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan proses metabolisme dalam sel
- b. Menganalisis peranan metabolisme bagi kelangsungan hidup sel

#### **N. Kegiatan Pembelajaran**

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

#### **O. MATERI**

##### **Pendahuluan**

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

##### **Proses Metabolisme**

**Metabolisme Karbohidrat** – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ) .

Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisis pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

##### **3. Metabolisme Protein**

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama

jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , serta senyawa yang tidak mengandung N. Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan dikeluarkan melalui urin.

#### 4. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

#### Proses Metabolisme

**Metabolisme Karbohidrat** – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ) .

Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisis pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

#### 4. Metabolisme Protein

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , serta senyawa yang tidak mengandung N . Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan di keluarkan melalui urin.

#### 4. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan

memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

## **EVALUASI BELAJAR**

### **Rangkuman**

Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh

### **.Latihan**

13. Sebutkan apa pengertian metabolisme ?
14. Apa pendapat Charles Darwin tentang Teori Evolusi ?
15. metabolisme sel serta apa manfaatnya bagi aktivitas sel ?
16. Sebutkan jenis proses metabolisme dan sebutkan perbedaan serta contohnya dalam proses di tubuh manusia !
17. Sebutkan organel yang terlibat dalam metabolisme sel ?
18. Apa manfaat metabolisme karbohidrat, lemak dan protein bagi kelangsungan hidup manusia ?

### **Tugas**

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang penyakit yang diakibatkan gangguan metabolisme

### **Penilaian Tugas**

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .

## BIODIVERSITY

### P. Pengantar

Mempelajari proses metabolisme yang terjadi di dalam sel, mulai dari proses anabolisme sampai katabolisme yang melibatkan berbagai organel dalam sel, sehingga membantu aktivitas sel

### Q. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis proses metabolisme sel serta peranannya dalam aktivitas sel

### R. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan proses metabolisme dalam sel
- b. Menganalisis peranan metabolisme bagi kelangsungan hidup sel

### S. Kegiatan Pembelajaran

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

### T. MATERI

#### Pendahuluan

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

#### Proses Metabolisme

**Metabolisme Karbohidrat** – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ) .

Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggubnakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang

dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisi pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

#### 4. Metabolisme Protein

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , serta senyawa yang tidak mengandung N. Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan di keluarkan melalui urin.

#### 5. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam

meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

Proses Metabolisme

**Metabolisme Karbohidrat** – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ). Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisi pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

#### 5. Metabolisme Protein

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , serta senyawa yang tidak mengandung N . Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan di keluarkan melalui urin.

## 5. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

### **EVALUASI BELAJAR**

#### **Rangkuman**

Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh

#### **.Latihan**

19. Sebutkan apa pengertian metabolisme ?
20. Apa pendapat Charles Darwin tentang Teori Evolusi ?
21. metabolisme sel serta apa manfaatnya bagi aktivitas sel ?
22. Sebutkan jenis proses metabolisme dan sebutkan perbedaan serta contohnya dalam proses di tubuh manusia !
23. Sebutkan organel yang terlibat dalam metabolisme sel ?
24. Apa manfaat metabolisme karbohidrat, lemak dan protein bagi kelangsungan hidup manusia ?

## Tugas

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang penyakit yang diakibatkan gangguan metabolisme

## Penilaian Tugas

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .

## Materi 14

### KEMAJUAN ILMU BIOLOGI BAGI PERADABAN MANUSIA

#### U. Pengantar

Mempelajari proses metabolisme yang terjadi di dalam sel, mulai dari proses anabolisme sampai katabolisme yang melibatkan berbagai organel dalam sel, sehingga membantu aktivitas sel

#### V. Kompetensi Dasar

Memiliki kemampuan dasar dalam menjelaskan dan menganalisis proses metabolisme sel serta peranannya dalam aktivitas sel

#### W. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Mahasiswa diharapkan mampu :

- a. Memahami dan menjelaskan proses metabolisme dalam sel
- b. Menganalisis peranan metabolisme bagi kelangsungan hidup sel

#### X. Kegiatan Pembelajaran

- a. Pembelajaran dilakukan dengan metoda contextual learning dan project based learning
- b. Mahasiswa mencari bahan pustaka, membuat bahan presentasi dan mempresentasikan hasil literasinya

#### Y. MATERI

##### Pendahuluan

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

#### Proses Metabolisme

**Metabolisme Karbohidrat** – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ) . Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisis pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

#### 5. Metabolisme Protein

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $NH_4OH$ , serta senyawa yang tidak mengandung N . Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan dikeluarkan melalui urin.

#### 6. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

**Pengertian Metabolisme Sel** – Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya. Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh.

Proses Metabolisme

**Metabolisme Karbohidrat** – Metabolisme merupakan proses yang berlangsung dalam organisme secara mekanis ataupun kimiawi. Metabolisme terdiri dari 2 proses yaitu anabolisme ( pembentukan molekul ), dan katabolisme ( penguraian molekul ) . Ketika proses pencernaan makanan, maka karbohidrat akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan molekul air. Proses pencernaan karbohidrat terjadi dengan menguraikan polisakarida menjadi monosakarida. Makanan yang dikunyah akan bercampur dengan air liur yang mengandung enzim ptialin. Enzim ini akan menghidrolisi pati yang merupakan salah satu polisakarida menjadi maltosa dan gugus glukosa yang terdiri dari 3-9 molekul glukosa. Meskipun makanan tidak berada lama didalam mulut untuk dipecah, namun kerja ptialin akan terus berlangsung selama satu jam setelah makanan memasuki lambung. Setelah makanan dikosongkan dari lambung, kemudian akan masuk ke dalam usus 12 jari. Makanan kemudian akan bercampur dengan getah pankreas.

## 6. Metabolisme Protein

Protein yang ada pada makanan hampir sebagian besar berasal dari sayur-sayuran dan daging. Protein akan dicerna dilambung oleh enzim pepsin. Pepsin mampu mencerna semua jenis protein yang ada dalam makanan. Pepsin memiliki kemampuan untuk mencerna kolagen. Kolagen merupakan bahan dasar utama jaringan ikat pada kulit dan tulang rawan. Pepsin akan memulai proses pencernaan protein. Sebagian besar proses pencernaan protein terjadi di usus. Ketika memasuki usus, produk yang telah dipecah akan bercampur dengan enzim pankreas dibawah pengaruh enzim. Kelebihan protein tidak disimpan dalam tubuh, akan tetapi akan dirombak dalam hati menjadi senyawa yang mengandung unsur N, dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , serta senyawa yang tidak mengandung N. Senyawa yang mengandung unsur N akan disintesis menjadi urea. Pembentukan urea akan berlangsung dalam hati, karena sel-sel hati mampu menghasilkan enzim arginase. Urea yang dihasilkan tidak dibutuhkan oleh tubuh, sehingga akan diangkut bersama zat-zat lainnya menuju ginjal lalu akan di keluarkan melalui urin.

#### 6. Metabolisme Lemak

Pencernaan lemak tidak terjadi di lambung dan mulut. Karena dalam mulut dan lambung tidak terdapat enzim lipase yang mampu memecah lemak. Pencernaan lemak terjadi dalam usus, karena usus mengandung enzim lipase.

*Pengertian Dari Metabolisme Sel* – Lemak keluar dari lambung, kemudian masuk ke dalam usus sehingga merangsang hormon kolesistokinin yang menyebabkan kantung empedu dapat berkontraksi sehingga mengeluarkan cairan empedu ke dalam usus 12 jari. Empedu mengandung garam empedu yang memiliki peranan penting dalam mengemulsikan lemak.

Emulsi lemak adalah pemecah lemak yang memiliki ukuran besar sehingga menjadi butiran lemak yang berukuran lebih kecil. Ukuran lemak yang lebih kecil akan memudahkan hidrolisis lemak oleh lipase yang dihasilkan oleh pankreas. Lipase pankreas akan menghidrolisis lemak menjadi campuran asam lemak. Pengeluaran cairan pankreas dirancang oleh hormon sekretin yang memiliki peranan dalam meningkatkan jumlah elektrolit dan cairan pankreas, serta pankreoenzim yang memiliki peranan untuk merangsang pengeluaran enzim dalam cairan pankreas

### **EVALUASI BELAJAR**

#### **Rangkuman**

Metabolisme sel suatu proses kimiawi yang terjadi didalam tubuh semua makhluk hidup, proses ini merupakan pertukaran zat atau organisme dengan lingkungannya.

Ada dua jenis metabolisme : (1) Katabolisme merupakan penguraian suatu zat menjadi partikel yang lebih kecil untuk dijadikan energy. (2) Anabolisme merupakan reaksi untuk merangkai senyawa organik dari molekul tertentu agar dapat diserap oleh tubuh

### **.Latihan**

25. Sebutkan apa pengertian metabolisme ?
26. Apa pendapat Charles Darwin tentang Teori Evolusi ?
27. metabolisme sel serta apa manfaatnya bagi aktivitas sel ?
28. Sebutkan jenis proses metabolisme dan sebutkan perbedaan serta contohnya dalam proses di tubuh manusia !
29. Sebutkan organel yang terlibat dalam metabolisme sel ?
30. Apa manfaat metabolisme karbohidrat, lemak dan protein bagi kelangsungan hidup manusia ?

### **Tugas**

Buat diskusi dengan teman-temanmu tentang penyakit yang diakibatkan gangguan metabolisme

### **Penilaian Tugas**

1. Tugas dibuat di blog mahasiswa
2. Blog di link ke web hybrid learning.
3. Blog tersebut harus mencantumkan logo dan nama Universitas Esa Unggul
4. Diselesaikan sebelum batas akhir penyerahan tugas (Tanggal .

### **DAFTAR PUSTAKA**

Campbell, N.A., Reece, J.B., Mitchell, L.G. 2003. *Biologi*. Edisi Kelima. Jilid 2. Erlangga. Jakarta.

Jusuf, M. *Genetika I Struktur dan Ekspresi Gen*. Sagung Seto. Jakarta

Yuwono, Triwibowo. 2002. *Biologi Molekuler*. Erlangga. Jakarta.

Albert B., Bray D., Lewis J., Raff M., Roberts K., Watson JD. 1989. *Molecular Biology of the Cell*. Garland Pub. Inc., New York

Darnell J., Lodish H., Baltimore D. 1990. *Molecular Cell Biology*. W.H. Freeman & Company, New York.

Gould, Stephen J. (2002). *The Structure of Evolutionary Theory*. Harvard University Press. p. 1433.

^"An introduction to evolution", *Understanding Evolution: your one-stop source for information on evolution* (web resource), The University of California Museum of Paleontology, Berkeley, 2008, diakses tanggal 2008-01-23

Cavalier-Smith T (2006). "Cell evolution and Earth history: stasis and revolution" (pdf). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **361** (1470): 969–1006. PMID 16754610. doi:10.1098/rstb.2006.1842. Diakses tanggal 2008-01-24.

