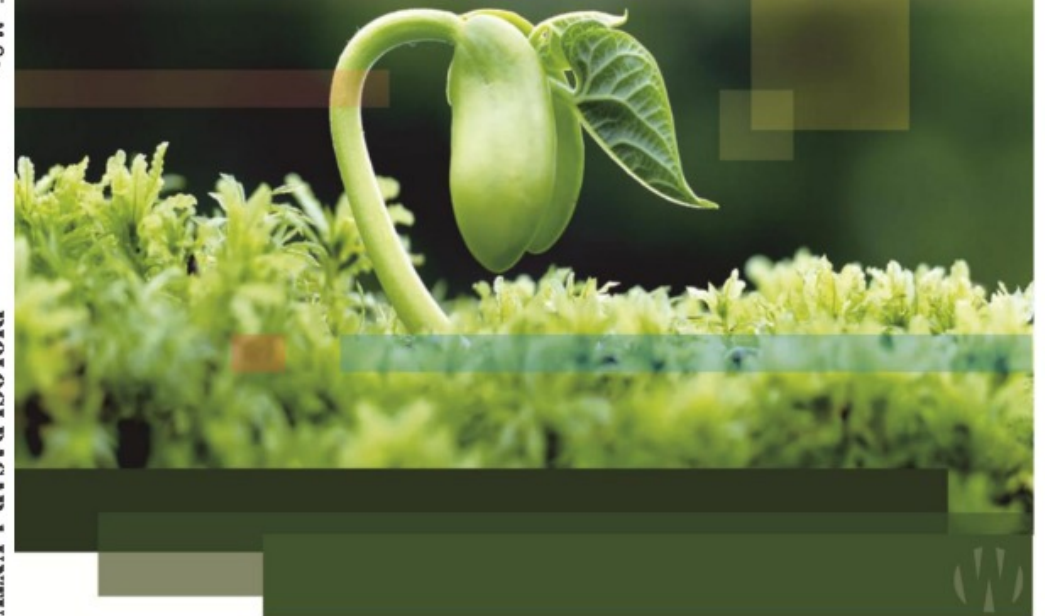


ISBN 978-602-5728-44-0
Erna Noor Savitri S.Si., M.Pd.
Andin Vita Amalia S.Si., M.Sc.



BIOLOGI DASAR I

UNTUK IPA



JURUSAN IPA TERPADU
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Erna Noor Savitri S.Si., M.Pd. - Andin Vita Amalia S.Si., M.Sc.

BIOLOGI DASAR I UNTUK IPA

ISBN 978-602-5728-44-0



9 786025 728440

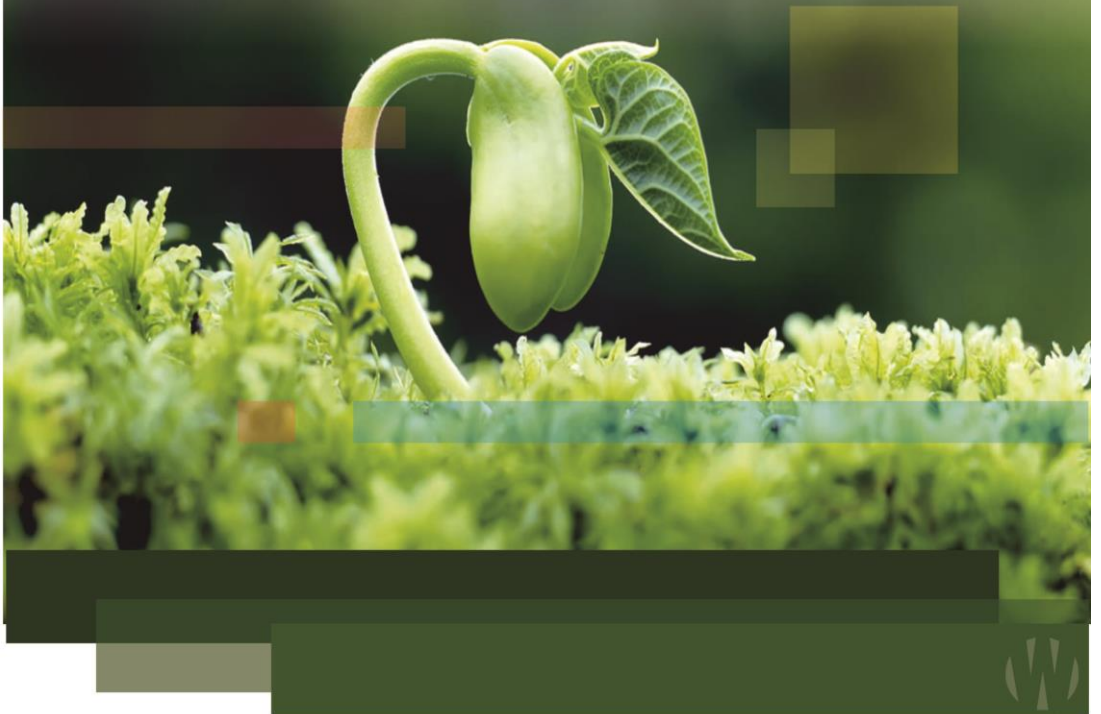




Erna Noor Savitri S.Si., M.Pd.
Andin Vita Amalia S.Si., M.Sc.

BIOLOGI DASAR I

UNTUK IPA



JURUSAN IPA TERPADU
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga buku ajar Biologi Dasar I ini dapat diselesaikan dengan baik. Kebutuhan akan tersedianya buku ajar di perguruan tinggi memang sangat dirasakan hingga saat ini, terutama oleh para mahasiswa dalam menunjang penerimaan materi kuliah. Buku ajar ini merupakan penunjang utama untuk perkuliahan Biologi Dasar I di Perguruan Tinggi, khususnya di Jurusan IPA Terpadu Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang. Buku ini telah disesuaikan dengan perkembangan Ilmu Biologi pada umumnya, yang membahas tentang asal usul kehidupan, ciri-ciri makhluk hidup, sejarah dan teori sel, struktur fungsi jaringan hewan dan tumbuhan, metabolisme sel, reproduksi sel. Penulis akan senang menerima kritik yang membangun dan berguna dari semua pihak, yang kiranya akan dapat menjadi bahan untuk perbaikan pada penyusunan edisi selanjutnya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik moril hingga penulisan buku ajar biologi dasar I ini dapat terwujud dan semoga dapat bermanfaat bagi para mahasiswa tingkat sarjana khususnya yang mengambil mata kuliah Biologi Dasar I. Penyusunan buku ini tidak terlepas dari campur tangan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang membantu sehingga penyusunan buku dapat terselesaikan dengan baik, khususnya kepada Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan dukungan dan motivasinya.

Semarang, September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB 1. Asal Usul Kehidupan	1
A. Teori Asal Usul Kehidupan	2
B. Teori Evolusi	6
C. Mekanisme Evolusi	12
D. Faktor Yang Mempengaruhi Evolusi	15
E. Petunjuk Adanya Evolusi	17
BAB 2. Ciri-ciri Makhluk Hidup	19
A. Ciri Umum Makhluk Hidup	20
B. Ciri Umum Plantae	25
C. Ciri Umum Animalia	29
BAB 3. Sejarah dan Teori Sel	31
A. Sejarah Penemuan Sel	32
B. Teori Sel	33
C. Jenis Sel	33
D. Bagian Sel	35
BAB 4. Struktur dan Fungsi Jaringan Hewan	44
A. Struktur dan Jaringan Hewan	45
B. Jaringan Epitel	46
C. Jaringan Penyokong	48
D. Jaringan Otot	53
E. Jaringan Saraf	55
F. Organ Hewan	55
G. Sistem Organ Hewan	56

BAB 5. Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan	59
A. Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan	60
B. Jaringan Meristem (Jaringan Embrional)	60
C. Jaringan Permanen (Jaringan Dewasa)	62
D. Organ dan Sistem Organ pada Tumbuhan	65
E. Penyakit pada Tumbuhan	75
BAB 6. Metabolisme Sel	81
A. Pengertian Metabolisme	82
B. Enzim	82
C. Katabolisme	88
D. Anabolisme	93
BAB 7. Reproduksi Sel	98
A. Pengertian Reproduksi Sel	99
B. Pembelahan Langsung	100
C. Pembelahan Tidak Langsung	101
D. Gametogenesis	111
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Desain Percobaan Lazzaro Spallanzani	3
Gambar 1. 2. Desain Percobaan Fransisco Redi	4
Gambar 1.3. Desain Percobaan Louis Pasteur	6
Gambar 2.1 Tumbuh dan Berkembangnya Makhluk Hidup	22
Gambar 3.1. Perbandingan Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik	34
Gambar 3.2. Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan	35
Gambar 5.1. Meristem Apikal dan Meristem Interkalar	61
Gambar 5.2. Pita Kaspari pada Lapisan Endodermis	68
Gambar 5.3. Penampang Melintang Akar (a) Monokotil; (b) Dikotil	68
Gambar 5. 4. Penampang Melintang Batang Monokotil dan Dikotil	72
Gambar 5.5. Penampang Melintang Daun	73
Gambar 5.6. Epidermis Daun	73
Gambar 6. 1. Reaksi Glikolisis	89
Gambar 6. 2. Dekarboksilasi Oksidatif	89
Gambar 6. 3. Daur Krebs	90
Gambar 6. 4. Reaksi Terang Fotosintesis	94
Gambar 6. 5. Reaksi Gelap Fotosintesis	95
Gambar 7.1. Pembelahan pada <i>Amoeba</i>	100
Gambar 7.2. Tahapan Profase Mitosis	102
Gambar 7.3. Siklus Sel	104
Gambar 7.4. Hubungan Siklus Hidup Manusia dengan Mitosis-Meiosis	107
Gambar 7.5. Peristiwa Meiosis I	109
Gambar 7.6. Peristiwa Meiosis II	110
Gambar 7.7. Peristiwa Spermatogenesis	112
Gambar 7.8. Peristiwa Oogenesis	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Dikotil dan Monokotil	29
Tabel 3.1. Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik	34
Tabel 3.2. Penyusun Dinding Sel pada Tumbuhan	40
Tabel 4.1. Jenis Jaringan Hewan	45
Tabel 4.2. Bentuk dan Jumlah Lapisan Jaringan Dasar	47
Tabel 4.3. Macam Jaringan Penyokong	49
Tabel 4.4. Perbedaan Tulang Rawan Hialin, Elastin dan Fibrosa	51
Tabel 4.5. Jenis Jaringan Otot	53
Tabel 4.6. Sistem Organ pada Manusia	56
Tabel 7.1. Perbedaan Mitosis dan Meiosis	101
Tabel 7.2. Tahapan Interfase pada Sel	104

BAB 1

ASAL USUL KEHIDUPAN

Saudara pernah mendengar kata makhluk hidup? Tentunya pernah bukan? Hidup artinya benda yang memiliki ciri-ciri untuk hidup sehingga mampu hidup di alam sekitar kita. Pokok bahasan ini adalah konsep teori asal-usul kehidupan dan teori evolusi. Oleh karena itu, pembelajaran ini sangat menarik untuk ditelaah dan dipelajari untuk memaknai kehidupan diri kita selama masa hidup di bumi.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah :

1. Menjelaskan mengenai pengertian konsep asal-usul kehidupan dengan **cerdas**
2. Membedakan dengan **cermat** teori abiogenesis dan biogenesis
3. Menjelaskan dengan **teliti** tokoh dan teori abiogenesis dan biogenesis
4. Menjelaskan dengan **cermat** dan **teliti** tentang teori evolusi
5. Menjelaskan mekanisme evolusi dan faktor yang mempengaruhi evolusi dengan **cerdas**

Topik Pembelajaran :

- A. Teori Asal-Usul Kehidupan
- B. Teori Evolusi
- C. Mekanisme Evolusi
- D. Faktor yang Mempengaruhi Evolusi
- E. Petunjuk adanya Evolusi

Setelah mempelajari bab ini saudara diharapkan dapat melaksanakan pengamatan atau percobaan dengan perencanaan secara cermat tentang teori asal usul kehidupan dengan mengintrepetasikan dari berbagai opini dan fakta dari hasil pengamatannya.

A. TEORI ASAL USUL KEHIDUPAN

Kehidupan di bumi dapat terjadi apabila terdapat makhluk hidup dan interaksinya di alam. Adapun asal usul kehidupan dimulai dari kita lahir. Bagaimana manusia berada di dunia ini? Untuk mempelajari asal-usul kehidupan ini, maka kita perlu tahu beberapa teori yang mendasarinya, antara lain:

1. Teori Abiogenesis atau Teori *Generatio Spontanea*

Teori ini dikemukakan oleh *Aristoteles* (384 – 322 SM) (seorang bangsa Yunani). Dia berpendapat bahwa makhluk hidup berasal dari benda mati. Teori Abiogenesis ini didukung oleh *Anthoni Van Leeuwenhoek* (1632 - 1723), dengan mikroskop ciptaannya ia dapat melihat adanya bentuk makhluk hidup yang sangat kecil ukurannya (*mikroorganisme*) yang diambil dari air hujan dan tempat merendam jerami. Berdasarkan penelitiannya tersebut, *Anthoni Van Leeuwenhoek* berpendapat bahwa mikroorganisme tersebut berasal dari air. Teori ini juga dianut oleh *Needham* seorang ahli ilmu pengetahuan bangsa Irlandia yang mengadakan eksperimen dengan merebus sekerat daging.

Percobaan **Needham** adalah sebagai berikut :

Sekerat daging direbus, kemudian air rebusan (kaldu) disimpan dalam tempat terbuka. Setelah beberapa hari air kaldu tersebut akan menjadi keruh (terdapat mikroorganisme). Dari percobaan itu Needham berkesimpulan bahwa terdapatnya mikroorganisme terjadi dari air kaldu (benda mati).

2. Teori Biogenesis

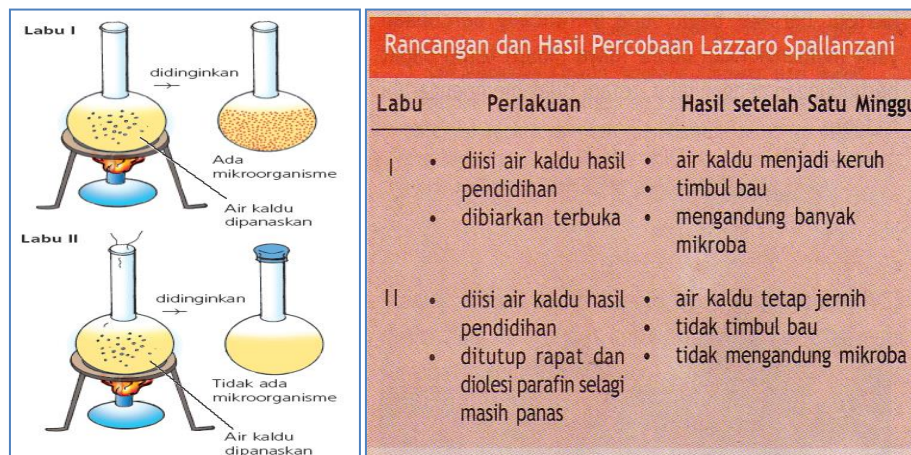
Teori biogenesis menyebutkan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup juga. Beberapa ahli yang menganut teori biogenesis antara lain:

2. 1. Lazzaro Spallanzani (1729 – 1799)

Spallanzani seorang filosof berkebangsaan Italia membantah pendapat *Aristoteles* dan *Needham*. Dia mengatakan bahwa perebusan

daging yang yang dilakukan Needham 3tidak sempurna, sehingga masih memungkinkan untuk hidupnya mikroorganisme. Dalam percobaannya, *Lazzaro Spallanzani* merebus daging sampai beberapa jam lamanya. Kemudian air kaldu dimasukkan ke dalam beberapa botol/tabung. Sebagian tabung ditutup rapat-rapat dan sebagian dibiarkan terbuka.

Hasil percobaan itu menunjukkan bahwa pada tabung yang tertutup rapat-rapat tidak ditemukan adanya mikroorganisme, sedangkan pada tabung yang terbuka terdapat adanya mikroorganisme. Dari percobaan tersebut *Lazzaro Spallanzani* berkesimpulan bahwa adanya mikroorganisme pada tabung yang terbuka berasal dari udara dan bahwa pada tabung yang tertutup rapat-rapat tidak terdapat mikroorganisme ini berarti bahwa mikroorganisme bukan berasal dari air kaldu (benda mati).



Gambar 1.1. Desain Percobaan Lazzaro Spallanzani.

2.2. Fransisco Redi (1626 – 1697)

Fransisco Redi seorang ahli ilmu pengetahuan berkebangsaan Italia, yang mengadakan percobaan sebagai berikut : Dalam percobaan ini digunakan tiga buah stoples atau yabung kaca yang diisi dengan beberapa kerat daging. Kemudian masing-masing stoples diberi nomor I, II, dan III.

Stoples I	Diisi dengan sekerat daging, ditutup rapat-rapat sehingga berhubungan dengan udara luar
Stoples II	Diisi sekerat daging, dan ditutup dengan kain kasa atau kain kelambu.
Stoples III	Diisi sekerat daging dan dibiarkan terbuka

Sesudah beberapa hari maka akan terlihat bahwa :

Stoples I : tidak ditemukan adanya larva.

Stoples II : tidak ditemukan adanya larva.

Walaupun ditutup dengan kain kasa dan dapat berhubungan dengan udara luar, tetapi lalat tidak dapat masuk.

Stoples III : ditemukan adanya larva, karena lalat dapat masuk.

Kesimpulan percobaan *Redi* yaitu bahwa *adanya larva (kehidupan) yang terdapat pada daging yang membusuk bukan berasal dari keratan daging yang merupakan benda mati, tetapi berasal dari lalat yang masuk dan bertelur pada keratan daging.*

Beberapa orang tetap berkeberatan terhadap hasil eksperimen *Redi* dan *Spallanzani*, mereka itu berpendapat bahwa untuk dapat timbul kehidupan secara serta merta dari benda mati, diperlukan adanya gaya hidup, dan gaya hidup ini pada percobaan *Spallanzani* tersebut tidak dapat melakukan fungsinya karena botol atau tabung percobaan tertutup rapat-rapat.



Rancangan dan Hasil Percobaan Francesco Redi		
Stoples	Perlakuan	Hasil setelah Beberapa Hari
I	diisi sekerat daging dan dibiarkan terbuka	<ul style="list-style-type: none"> daging membusuk ditemukan banyak belatung (larva lalat)
II	diisi sekerat daging dan ditutup rapat	<ul style="list-style-type: none"> daging tidak membusuk tidak ditemukan belatung (larva lalat)
III	diisi sekerat daging dan ditutup kain kasa	<ul style="list-style-type: none"> daging membusuk tidak ditemukan belatung (larva lalat)

Gambar 1. 2. Desain Percobaan Fransisco Redi

2.3. Louis Pasteur (1822 – 1895)

Louis Pasteur berkebangsaan Perancis berusaha memperbaiki metode *Spallanzani* dengan menggunakan bentuk tabung kaca untuk menutup labu-labu yang berbentuk melengkung seperti leher angsa atau huruf S. Sehingga labu tersebut walaupun tertutup masih berhubungan dengan udara luar.

Percobaan Pasteur

Tahapan percobaan I

1. Dalam percobaan ini digunakan labu yang ditutup dengan pipa yang berbentuk leher angsa (huruf S).
2. Labu diisi dengan air kaldu, kemudian disterilkan dengan cara dipanaskan
3. Labu didinginkan selama beberapa hari. Setelah diamati ternyata air kaldu di dalam labu itu tetap jernih dan tidak ditemukan adanya mikroorganisme. Ini menunjukkan dengan pemanasan maka *mikroorganisme* yang dapat tumbuh dalam air kaldu akan mati dan udara bebas yang mengandung *mikroorganisme* tidak dapat masuk ke dalam labu sebab terhalang oleh adanya pipa yang berbentuk leher angsa itu.

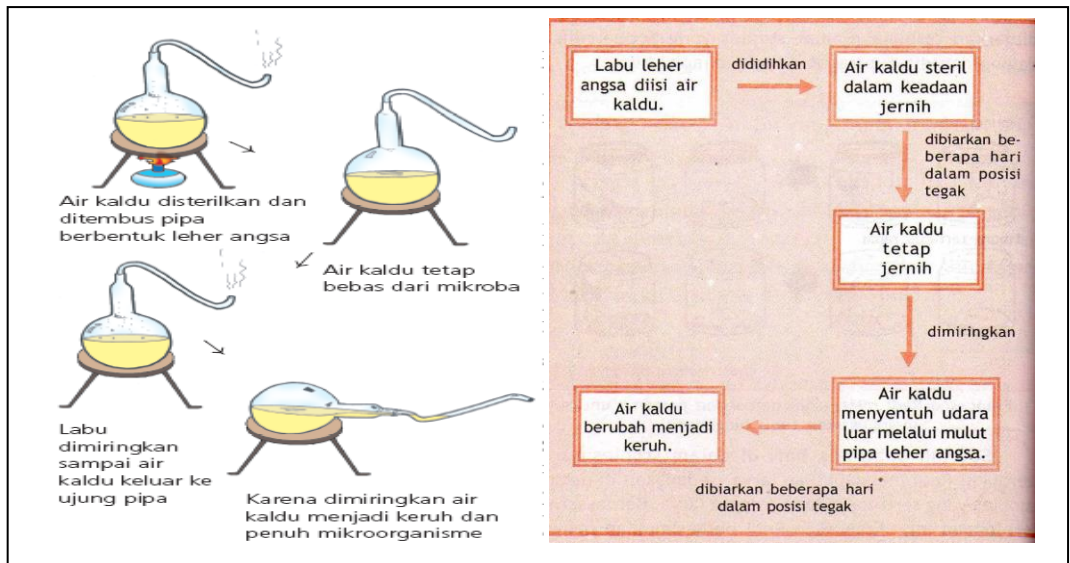
Tahapan percobaan II

1. Labu dimiringkan sehingga air kaldu di dalamnya mencapai ujung pipa yang berbentuk leher angsa tersebut, sehingga air kaldu itu berhubungan dengan udara luar, kemudian dibiarkan beberapa hari.
2. Ternyata setelah diteliti air kaldu terlihat keruh yang menunjukkan adanya mikroorganisme.

Pasteur berkesimpulan bahwa mikroorganisme yang tumbuh di dalam air kaldu itu bukan berasal dari benda mati (air kaldu), tetapi berasal dari mikroorganisme yang terdapat di udara bebas. Dengan percobaan *Pasteur* ini maka gagallah teori *Generatio Spontanea*. Kemudian

timbul pendapat : *Omne vivum ex ovo* (kehidupan/semua yang hidup berasal dari telur). *Omne ovum ex vivo* (semua telur berasal dari makhluk hidup). Ini berarti dapat disimpulkan :

1. Kehidupan berasal dari telur dan telur dihasilkan makhluk hidup.
2. Makhluk yang hidup sekarang berasal dari kehidupan sebelumnya.
3. Makhluk hidup berasal dari makhluk hidup juga.



Gambar 1.3. Desain Percobaan Louis Pasteur

B. TEORI EVOLUSI

Evolusi merupakan suatu perubahan dari generasi ke generasi dalam frekuensi alel atau genotip populasi. Karena perubahan yang terjadi dalam satu kumpulan gen disebut evolusi dalam skala kecil, maka disebut mikroevolusi. Evolusi berlaku untuk populasi bukan individu. Dalam jangka waktu yang lama, perubahan yang terjadi juga semakin jauh. Sehingga populasi yang semula serupa dapat dipisahkan dalam beberapa kelompok yang berbeda. Ada 3 hal yang memungkinkan terjadinya evolusi yaitu kapasitas untuk mereproduksi, kekuatan progresif yang menciptakan variasi-variasi baru dalam pola kehidupan atau mutasi, dan adanya kecenderungan untuk mengawetkan variasi-

variasi yang dihasilkan oleh mutasi yaitu hereditas. Media dari evolusi adalah populasi. Bahan baku dari evolusi adalah variasi yang menurun dan muncul diantara individu-individu dalam populasi tersebut. Mekanisme terjadinya evolusi dapat digambarkan sebagai seleksi alam yang bekerja pada variasi-variasi menurun dari populasi.

Pencetus Teori-Teori Evolusi

Evolusi berarti proses kompleks pewarisan sifat organisme yang berubah dari generasi ke generasi dalam kurun waktu jutaan tahun. Evolusi secara umum tidak dapat terlepas dari kehidupan masa lampau. Hal yang saat ini merupakan hasil dari proses masa lampau. Evolusi juga berarti perubahan pada sifat-sifat terwariskan suatu populasi organisme dari satu generasi ke generasi berikutnya. Perubahan-perubahan ini disebabkan oleh kombinasi tiga proses utama: variasi, reproduksi, dan seleksi. Sifat-sifat yang menjadi dasar evolusi ini dibawa oleh gen yang diwariskan kepada keturunan suatu makhluk hidup dan menjadi bervariasi dalam suatu populasi.

Ketika organisme bereproduksi, keturunannya akan mempunyai sifat-sifat yang baru. Sifat baru dapat diperoleh dari perubahan gen akibat mutasi ataupun transfer gen antar populasi dan antar spesies. Pada spesies yang bereproduksi secara seksual, kombinasi gen yang baru juga dihasilkan oleh rekombinasi genetika, yang dapat meningkatkan variasi antara organisme. Evolusi terjadi ketika perbedaan-perbedaan terwariskan ini menjadi lebih umum atau langka dalam suatu populasi.

1. Teori Evolusi Charles Darwin (1809-1882)

Charles Robert Darwin (1809-1882) adalah seorang peminat ilmu alam dari Inggris. Pada tahun 1831, ia mengikuti pelayaran HMS Beagle untuk memetakan jalur pelayaran. Selama pelayaran, Darwin banyak mendapat fosil, batuan dan berbagai makhluk hidup. Ketika

sampai di kepulauan Galapagos, Darwin menjumpai berbagai macam makhluk yang menarik perhatiannya, terutama burung-burung Finch. Burung Finch banyak juga ditemukan di Inggris, namun burung Finch yang terdapat di Galapagos memiliki bentuk paru yang beragam. Darwin menyadari bahwa struktur yang bervariasi ini karena terbentuk karena adaptasi lingkungan tertentu. Darwin meyakini bahwa struktur paru burung Finch bersesuaian dengan keanekaragaman makanan yang tersedia. Selain burung Finch, Darwin juga mengamati kura-kura raksasa. kedua kura-kura ini memiliki sedikit perbedaan morfologi yang disebabkan oleh perbedaan habitat. dari pengamatannya, Darwin memperoleh ide tentang evolusi yang didasarkan atas pokok-pokok pikirannya, yaitu :

- ✓ Makhluk hidup bervariasi dan beberapa variasi sifatnya dapat diturunkan. Tidak ada dua individu yang sama persis dalam suatu spesies (kecuali kembar identik)
- ✓ Setiap populasi cenderung bertambah banyak, karena setiap makhluk hidup mampu berkembangbiak. Untuk berkembangbiak perlu adanya makanan yang cukup. Dan jumlah individu yang dilahirkan lebih banyak dari pada yang dapat bertahan hidup.
- ✓ Kenyataan menunjukkan bahwa pertambahan populasi tidak berjalan terus-menerus.
- ✓ Individu-individu berkompetisi untuk memperoleh sumber daya agar mampu bertahan hidup.
- ✓ Sifat-sifat yang diwariskan milik beberapa individu membuat mereka dapat bertahan hidup dan bereproduksi pada keadaan lingkungan tertentu.
- ✓ Akibat dari seleksi lingkungan tersebut, hanya individu yang adaptif terhadap lingkungan yang dapat hidup dan menurunkan sifat adaptif tersebut. Seleksi alam akhirnya akan mengubah sifat dalam populasi, bahkan menghasilkan spesies baru.

2. Teori evolusi Aristoteles (384-322 SM)

Aristoteles adalah seorang filosof yang berasal dari Yunani, yang mencetuskan teori evolusi. Ia mengatakan bahwa evolusi yang terjadi berdasarkan metafisika alam, maksudnya metafisika alam dapat mengubah organisme dan habitatnya dari bentuk sederhana ke bentuk yang lebih kompleks.

3. Teori evolusi Anaximander (500 SM)

Anaximander juga merupakan seorang filosof yang berasal dari Yunani. Ia berpendapat bahwa manusia berawal dari makhluk akuatik mirip ikan dan mengalami proses evolusi.

4. Teori evolusi Empedoclas (495-435 SM)

Empedoclas adalah seorang filosof Yunani. Ia mengemukakan teori bahwa kehidupan berasal dari lumpur hitam yang mendapat sinar dari matahari dan berubah menjadi makhluk hidup. Evolusi terjadi dengan dimulainya makhluk hidup yang sederhana kemudian berkembang menjadi sempurna dan akhirnya menjadi beraneka ragam seperti sekarang ini.

5. Teori evolusi Erasmus Darwin (1731-1802)

Erasmus Darwin adalah kakek dari Charles Robert Darwin, seorang tokoh evolusi berkebangsaan Inggris. Teorinya adalah bahwa evolusi terjadi karena bagian fungsional terhadap stimulasi adalah diwariskan. Ia menyusun buku yang berjudul *Zoonamia* yang menentang teori evolusi dari Lamarck.

6. Teori evolusi Count de Buffon (1707-1788)

Buffon berpendapat bahwa variasi-variasi yang terjadi karena pengaruh alam sekitar diwariskan sehingga terjadi penimbunan variasi.

7. Teori evolusi Sir Charles Lyell (1797-1875)

Lyell adalah seorang ilmuwan yang berasal dari Skotlandia dengan bukunya yang terkenal berjudul *Principles of Geology*. Di dalam

bukunya tersebut Lyell berpendapat bahwa permukaan bumi terbentuk melalui proses bertahap dalam jangka waktu yang lama.

8. Teori evolusi Jean Baptise de Lamarck (1744-1829)

Jean Baptise de Lamarck (1744 – 1829) seorang ahli biologi kebangsaan Perancis, memiliki suatu gagasan dan menuliskannya dalam bukunya berjudul “Philosophic”. Dalam bukunya tersebut Lamarck mengatakan sebagai berikut.

- a) Lingkungan mempunyai pengaruh pada ciri-ciri dan sifat-sifat yang diwariskan melalui proses adaptasi lingkungan.
- b) Ciri dan sifat yang terbentuk akan diwariskan kepada keturunannya.
- c) Organ yang sering digunakan akan berkembang dan tumbuh membesar, sedangkan organ yang tidak digunakan akan mengalami pemendekan atau penyusutan, bahkan akan menghilang. Contoh yang dapat digunakan oleh Lamarck adalah jerapah. Menurut Lamarck, pada awalnya jerapah memiliki leher pendek. Karena makanannya berupa daun-daun yang tinggi, maka jerapah berusaha untuk dapat menjangkaunya. Karena terbiasa dengan hal ini maka semakin lama, leher jerapah menjadi semakin panjang dan pada generasi berikutnya akan lebih panjang lagi. Teori Lamarck ditentang oleh Erasmus Darwin (kakek dari Charles Darwin) yang mengatakan bahwa populasi jerapah adalah heterogen, ada yang berleher pendek dan ada yang berleher panjang. Jerapah-jerapah tersebut berkompetisi untuk mendapatkan makanan. Dari persaingan tersebut jerapah berleher panjang akan menang dan akan tetap hidup, sifat ini akan diwariskan kepada keturunannya. Jerapah yang berleher pendek akan mati dan perlahan-lahan mengalami kepunahan.

Teori Lamarck ditentang oleh Erasmus Darwin (kakek dari Charles Darwin) yang mengatakan bahwa populasi jerapah

adalah heterogen, ada yang berleher pendek dan ada yang berleher panjang. Jerapah-jerapah tersebut berkompetisi untuk mendapatkan makanan. Dari persaingan tersebut jerapah berleher panjang akan menang dan akan tetap hidup, sifat ini akan diwariskan kepada keturunannya. Jerapah yang berleher pendek akan mati dan perlahan-lahan mengalami kepunahan.

9. Teori evolusi Carolus Linnaeus (1707-1778)

Membuat sebuah ketentuan cara mencari keteraturan posisi antar makhluk hidup dengan mencari persamaan sifat, dan mengelompokkan yang mirip ke dalam satu kelompok. Pengelompokan dilakukan secara berjenjang, mulai dari jenjang yang paling rendah sampai jenjang yang paling tinggi. Jenjang ditentukan dari pengelompokan dengan kemiripan sifat-sifat khusus, menempati takson terendah, sampai pada jenjang untuk pengelompokan makhluk hidup dengan kategori sifat-sifat umum pada takson yang paling tinggi. Linnaeus juga membuat suatu cara penamaan jenis makhluk hidup dengan sistem Binomial nomenklatur. Dengan sumbangan ilmunya ini Linnaeus disebut sebagai pendiri Taksonomi, suatu ilmu yang membahas tentang penamaan dan pengelompokan makhluk hidup yang sangat beraneka ragam.

10. Teori evolusi Georges Cuvier (1769-1832)

Ahli anatomi, tetapi sangat perhatian terhadap paleontology (ilmu mengenai fosil). Cuvier mendukung teori Katastropi yang mengatakan bahwa makhluk hidup setiap strata tidak ada hubungan kekerabatan karena setiap strata terbentuk akibat terjadinya bencana alam, seperti gempa bumi, banjir, atau kemarau yang panjang. Jika strata lenyap oleh bencana, muncul strata baru lengkap dengan makhluk hidup baru, yang berpindah dari daerah lain. Dari temuan fosil dilembah Paris, Cuvier menyimpulkan bahwa batuan yang membentuk bumi ini tersusun berupa lapisan-lapisan. Setiap strata dihuni oleh berbagai makhluk hidup yang unik, berbeda strukturnya dengan makhluk penghuni strata lainnya.

Cuvier yakin bahwa makhluk modern di lapisan bumi paling atas sangat berbeda dengan makhluk di strata tua di lapisan bawah.

11. Teori evolusi James Hutton (1726-1797)

Mengemukakan teori gradualisme, yang menyebutkan bahwa bentuk bumi dan lapisan-lapisannya merupakan hasil perubahan yang berlangsung secara bertahap, terus menerus, dan lamabat (dalam waktu lama).

12. Teori evolusi Alfred Russel Wallace (1823-1913)

Mengembangkan teori yang serupa dengan teori Darwin. Dasar teori Wallace adalah penelitian biologi perbandingan di Brasilia dan Hindia Belanda (sekarang di Indonesia), dan Malaya. Buku penelitiannya berjudul "On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type". Teorinya sama dengan yang dikembangkan Darwin.

C. MEKANISME EVOLUSI

Evolusi menunjukkan perubahan makhluk hidup secara bertahap dalam jangka waktu yang lama dan perlahan-lahan yang terjadi dari generasi ke generasi. Mekanisme evolusi berdasarkan tempat terjadinya evolusi. *Pertama*, evolusi tidak terjadi di dalam individu. Contohnya, walaupun manusia berasal dari makhluk sebelum manusia (katakanlah sejenis kera), hendaknya jangan dibayangkan bahwa individu kera berangsur-angsur berubah menjadi individu manusia. *Kedua*, evolusi terjadi di dalam populasi. Pada peristiwa evolusi terjadi estafet pewarisan sifat orang tua kepada anak melalui ratusan bahkan ribuan generasi populasi yang berbeda. Populasi itulah yang merupakan tempat terjadinya perubahan evolusi.

1. Mutasi Gen

Mutasi gen merupakan perubahan struktur kimia gen (DNA) yaitu pada basa nukleotidanya, yang menyebabkan perubahan sifat pada suatu organisme dan bersifat menurun. Pemahaman mengenai mutasi gen dapat dijelaskan lebih lanjut dengan mempelajari angka laju mutasi dan frekuensi gen dalam populasi.

Angka laju mutasi merupakan angka yang menunjukkan banyaknya gen yang bermutasi dari seluruh gamet yang dihasilkan oleh satu individu suatu spesies. Angka laju mutasi suatu spesies biasanya sangat rendah, yaitu rata-rata 1 : 100.000. Hal ini berarti pada setiap 100.000 gamet terdapat satu gen yang bermutasi. Meskipun angka laju mutasi sangat kecil, namun tetap menjadi salah satu mekanisme evolusi yang penting. Alasannya : (1) setiap gamet dapat mengandung beribu-ribu gen; (2) setiap individu mampu menghasilkan ribuan bahkan jutaan gamet; dan (3) jumlah tiap generasi dalam suatu populasi individu sangat banyak.

Umumnya mutasi bersifat merugikan. Peluang terjadinya mutasi yang menguntungkan hanya sekitar 1 : 1.000, yang berarti pada setiap 1.000 kali mutasi, hanya ada satu mutasi yang menguntungkan. Meskipun peluang mutasi yang menguntungkan kecil, namun karena jumlah generasi selama populasi spesies tersebut hidup besar, maka jumlah mutasi yang menguntungkan juga besar.

Mutasi dikatakan menguntungkan kalau mutasi:

- menghasilkan spesies yang adaptif dan
- menghasilkan spesies yang mempunyai vitalitas (daya hidup) dan viabilitas (kelangsungan hidup) yang tinggi.

Sebaliknya, mutasi dikatakan merugikan bila mutasi:

- menghasilkan alel yang mengakibatkan mutasi letal (mematikan),
- menghasilkan spesies yang tidak adaptif,
- menghasilkan spesies yang mempunyai vitalitas rendah.

Mutasi yang menyebabkan timbulnya alel letal, misalnya alel letal yang bersifat resesif. Pengaruh gen letal resesif ini hanya tampak bila berada dalam keadaan homozigot, namun tidak tampak pada keadaan heterozigot. Gen resesif ini akan tetap ada dalam populasi dan seleksi alam hanya akan bekerja pada individu-individu yang homozigot.

Perbandingan frekuensi (penyebaran) alel dominan yang non letal dan alel resesif yang letal dapat diketahui dengan menghitung frekuensi alel populasinya. Atau, perbandingan frekuensi genotip homozigot terhadap frekuensi genotip heterozigot pada gen non letal maupun gen letalnya dapat diketahui dengan menghitung frekuensi gen (genotip) populasinya.

2. Frekuensi alel dan frekuensi gen (genotip) populasi.

Frekuensi alel merupakan perbandingan alel satu dengan alel yang lainnya untuk suatu karakter atau sifat tertentu (biasanya disimbulkan dengan satu huruf misalnya A, a) dalam suatu populasi. Sebaliknya, **frekuensi gen** merupakan perbandingan gen satu dengan gen yang lainnya untuk suatu karakter atau sifat tertentu (biasanya disimbulkan dengan dua huruf misalnya AA, Aa, aa) dalam suatu populasi. Setiap populasi mempunyai *gene pool* masing-masing. ***Gene pool populasi*** merupakan total seluruh (kumpulan gen) di dalam suatu populasi pada suatu waktu tertentu.

Gene pool terdiri dari seluruh alel pada seluruh lokus gen pada seluruh individu dari populasi. Pada spesies yang diploid, masing-masing lokusnya diwakilkan dua kali dalam genom suatu individu, yang mungkin homozigot atau heterozigot untuk lokus-lokus yang homolog. Jika seluruh anggota suatu populasi homozigot untuk alel yang sama, maka alel tersebut dikatakan sebagai alel yang tetap dalam *gene pool*. Namun biasanya ada dua alel atau lebih untuk tiap gen, masing-masing mempunyai suatu frekuensi relative (proporsi) tersendiri dalam *gene pool*.

D. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EVOLUSI

Para pakar lain, yang merupakan seorang professor matematika dari Inggris, Godfrey Harold Hardy dan juga seorang dokter dari Jerman, Wilhelm Weinberg, juga memiliki pendapat sendiri mengenai proses evolusi ini. Mereka secara terpisah mempublikasikan hasil analisis mereka tentang keseimbangan gen dalam populasi. Dari pemikiran mereka ini, dikenallah Hukum Hardy-Weinberg. Hukum Hardy-Weinberg ini menyatakan bahwa frekuensi alel atau gen di dalam populasi dapat tetap stabil dan tetap berada pada keseimbangan dari satu generasi ke generasi, dengan syarat :

1. Jumlah populasi yang besar
2. Perkawinan terjadi secara acak atau random
3. Tidak terjadi mutasi maju atau pun mutasi balik
4. Tidak ada seleksi
5. Tidak ada migrasi

Namun, jika kondisi ini tidak terjadi, maka dimungkinkan terjadinya perubahan alel atau gen dalam populasi tersebut yang berujung pada kondisi yang disebut sebagai evolusi ini. Para ahli evolusi menggunakan Hukum Hardy-Weinberg ini untuk mengamati apakah suatu perubahan frekuensi alel telah terjadi pada suatu populasi. Hal inilah yang kemudian menjadi tanda terjadinya mikroevolusi. Mikroevolusi ini kemudian mmebentuk makroevolusi atau yang lebih dikenal sebagai evolusi dalam pengertian umum. Hingga saat ini, diketahui beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan keseimbangan frekuensi gen atau alel di dalam suatu populasi. Hal ini juga dikenal sebagai faktor yang mempengaruhi evolusi.

Faktor yang menyebabkan evolusi ini, meliputi :

1. Perkawinan tak acak

Kenyataannya, secara alami tidak ada perkawinan yang benar-benar acak. Perkawinan secara umum dipengaruhi oleh faktor pilihan.

Sebagai contoh, secara naluriah burung merak betina akan memilih merak jantan yang memiliki bulu ekor besar dan indah. Begitupun manusia yang akan cenderung mengembangbiakan hewan atau tanaman yang bagus dan menguntungkan.

2. Migrasi

Ketika individu meninggalkan populasi atau emigrasi, maka ia akan membawa alel keluar, begitu pun sebaliknya. Hal ini yang kemudian berpotensi menghasilkan alel baru. Pergerakan alel antar populasi inilah yang disebut sebagai alel gen. Artinya, migrasi menyebabkan terjadi variasi sifat dalam populasi.

3. Hanyutan genetik

Ketika sebagian anggota populasi terpisah dari populasi besar atau pun kawin hanya dengan antar populasi mereka, maka frekuensi alel akan berubah. Perubahan dari frekuensi alel akibat adanya populasi kecil yang memisah dari populasi besar inilah yang disebut sebagai hanyutan genetik.

4. Seleksi alam

Seleksi alam adalah terjadi perubahan pada suatu lingkungan hidup. Perubahan inilah yang kemudian berpotensi mengakibatkan evolusi. Sebab, ketika menghadapi perubahan ini, organisme mungkin akan dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan baru dan mempertahankan kelangsungan hidupnya. Kemungkinan lain, organisme tersebut tidak mampu menyesuaikan diri dengan lingkungannya yang baru dan kemudian akan mati atau pindah ke daerah lain yang tidak mengalami perubahan lingkungan.

5. Mutasi

Mutasi adalah suatu bentuk perubahan materi genetik yang bersifat menurun. Mutasi ini bisa terjadi pada semua organisme dan merupakan sumber dari adanya variasi hereditas. Ketika ada beberapa gen yang bermutasi, maka akan mengakibatkan terjadinya

perubahan frekuensi gen. Mutasi menjadi bahan mentah evolusi, karena untuk bisa bertahan dari seleksi alam, populasi harus memiliki variasi genetik yang tinggi. dengan adanya mutasi, maka dapat terbentuk spesies baru yang adaptif, memiliki peningkatan daya fertilitas dan viabilitas, dan lainnya.

6. Rekombinasi dan seleksi

Bagian paling penting dari mekanisme evolusi ini adalah adanya rekombinasi gen. Rekombinasi gen ini bisa terjadi melalui perkawinan sehingga reproduksi seksual menjadi faktor penting dalam proses evolusi.

D. PETUNJUK ADANYA EVOLUSI

1. Fosil

Melalui penelitian fosil dapat diketahui bahwa telah terjadi perubahan, perkembangan, atau suksesi organisme yang merupakan bukti langsung dari evolusi, yaitu dari organisme sederhana menjadi organisme yang semakin kompleks dan semakin beragam.

2. Perbandingan Anatomi

Anggota tubuh organisme dengan struktur dasar yang sama, tetapi fungsinya bisa sama maupun berbeda disebut homologi. Contoh homologi adalah anggota depan buaya, kadal, kelelawar, burung, paus, kuda, dan manusia.

3. Perbandingan Embriologi

Perkembangan awal beberapa spesies menunjukkan bentuk dan struktur tubuh yang sama, kemudian masing-masing spesies berkembang dengan modifikasi yang berbeda. Perkembangan makhluk hidup mulai dari zigot hingga dewasa disebut ontogeni.

4. Domestikasi

Domestikasi adalah usaha manusia untuk mengubah atau menjadikan hewan dan tumbuhan liar menjadi hewan dan tumbuhan budidaya.

RANGKUMAN

Adapun teori asal usul kehidupan yang mendasarinya adalah :

1. Teori abiogenesis (Generatio Spontanea)
2. Teori biogenesis

Terdapat berbagai teori mengenai evolusi. Charles Robert Darwin mengemukakan ide-idenya mengenai evolusi yaitu bahwa makhluk hidup bervariasi dan beberapa variasi sifatnya dapat diturunkan, akibat dari seleksi, hanya individu yang adaptif terhadap lingkungan yang dapat hidup dan menurunkan sifat adaptif tersebut. Aristoteles mengatakan bahwa evolusi yang terjadi berdasarkan metafisika alam, maksudnya metafisika alam dapat mengubah organisme dan habitatnya dari bentuk sederhana ke bentuk yang lebih kompleks. Teori Erasmus Darwin adalah bahwa evolusi terjadi karena bagian fungsional terhadap stimulasi adalah diwariskan. Dan terdapat beberapa tokoh lain yang mengemukakan teori mengenai evolusi.

Mekanisme evolusi berdasarkan tempat terjadinya evolusi. *Pertama*, evolusi tidak terjadi di dalam individu. *Kedua*, evolusi terjadi di dalam populasi. Pada peristiwa evolusi terjadi estafet pewarisan sifat orang tua kepada anak melalui ratusan bahkan ribuan generasi populasi yang berbeda. Populasi itulah yang merupakan tempat terjadinya perubahan evolusi. Dalam proses evolusi terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi evolusi yaitu perkawinan tak acak, migrasi, hanyutan genetik, seleksi alam, mutasi, ekombinasi dan seleksi. Evolusi dapat diketahui dari adanya petunjuk yaitu fosil, perbandingan anatomi, perbandingan embriologi, dan domestikasi.

PERTANYAAN

1. Jelaskan teori abiogenesis dengan penemunya !
2. Jelaskan teori biogenesis dengan penemunya !
3. Jelaskan mekanisme evolusi berdasarkan tempat terjadinya evolusi!
4. Jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya evolusi !
5. Jelaskan faktor penunjuk terjadinya evolusi !

SOAL "HOTS"

Diskusikanlah dengan kelompokmu, dengan mengobservasi percobaan pembuktian teori biogenesis !

BAB 2

CIRI-CIRI MAKHLUK HIDUP

Saudara pernah mendengar kata makhluk hidup? Tentunya pernah bukan? Hidup artinya benda yang memiliki ciri-ciri untuk hidup sehingga mampu hidup di alam sekitar kita. Pokok bahasan ini adalah konsep ciri-ciri makhluk hidup. Oleh karena itu, pembelajaran ini sangat menarik untuk ditelaah dan dipelajari untuk memaknai kehidupan diri kita selama masa hidup di bumi.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah :

1. Menjelaskan mengenai pengertian konsep ciri-ciri dari suatu makhluk hidup dengan **cerdas**
2. Membedakan dengan **cermat** ciri-ciri tumbuhan
3. Menjelaskan dengan **cermat** dan **teliti** tentang ciri-ciri hewan

Topik Pembelajaran :

- A. Ciri Umum Makhluk Hidup
- B. Ciri Umum Plantae
- C. Ciri Umum Animalia

Setelah mempelajari bab ini saudara diharapkan dapat melaksanakan pengamatan atau percobaan dengan perencanaan secara cermat tentang ciri-ciri dari suatu organisme dengan mengintegrasikan dari berbagai opini dan fakta dari hasil pengamatannya.

A. CIRI UMUM MAKHLUK HIDUP

Manusia, hewan, dan tumbuhan merupakan golongan yang termasuk makhluk hidup. Namun, ada benda yang sulit untuk disebut makhluk hidup atau bukan, misalnya lumut kerak yang terdapat pada kulit kayu atau air jernih yang mengandung mikroorganisme.

Untuk memahami makhluk hidup dan makhluk tak hidup dapat diketahui dari ciri-ciri tertentu. Para ahli biologi telah melakukan pengamatan terhadap ciri-ciri umum yang digunakan untuk mengidentifikasi sesuatu yang termasuk makhluk hidup atau bukan makhluk hidup.

Ciri-ciri umum yang dimiliki oleh makhluk hidup disebut ciri-ciri kehidupan atau gejala hidup. Ciri-ciri makhluk hidup antara lain :

1. Bernapas

Setiap makhluk hidup pasti bernapas, walaupun cara dan alatnya berbeda-beda. Manusia, gajah, harimau, kerbau, dan sapi bernapas dengan paru-paru. Ikan bernapas dengan insang. Bernapas berarti mengambil atau menghirup oksigen dari udara. Oksigen digunakan oleh tubuh untuk membakar zat makanan sehingga menghasilkan energi. Penggunaan oksigen di dalam tubuh disebut oksidasi biologis.

Energi yang dihasilkan digunakan untuk melakukan berbagai kegiatan hidup. Ketika bernapas, makhluk hidup mengeluarkan zat sisa, yaitu zat yang tidak dibutuhkan oleh tubuh, seperti uap air dan karbon dioksida. Dengan demikian sehingga di dalam tubuh terjadi proses pemecahan makanan dan pelepasan energi yang disebut respirasi.

2. Bergerak

Bergerak artinya berpindah tempat. Semua makhluk hidup dapat bergerak dengan cara lain berbeda-beda. Manusia, gajah, sapi, harimau, kambing, ayam, dan kerbau bergerak dengan

menggunakan kaki di atas tanah. Burung terbang menggunakan sayapnya di udara, seperti elang, merpati, dan walet. Ikan yang hidup di air bergerak dengan menggunakan sirip dan ekor. Ular merayap di tanah.

Bagaimana dengan tumbuhan?

Apakah tumbuhan bergerak dan berpindah tempat? Gerak pada tumbuhan tidak berpindah tempat, tetapi adanya peristiwa tumbuh. Contohnya gerak menutup dan membukanya daun putri malu, gerak tunas ke arah datangnya sinar matahari, dan gerakan akar menembus tanah. Coba kamu diskusikan cara bergerak pada organisme lain!

3. Menerima dan Menanggapi Rangsang

Tumbuhan putri malu dapat menutup dan membuka kembali apabila daunnya disentuh. Gerakan daun putri malu itu akan terjadi apabila ada sentuhan dari luar tubuh tumbuhan itu. Sentuhan merupakan salah satu rangsang yang diterima tumbuhan, sedangkan gerak menutup dan membuka kembali merupakan tanggapan dari tumbuhan. Oleh karena itu, tumbuhan dapat menerima dan menanggapi rangsang.

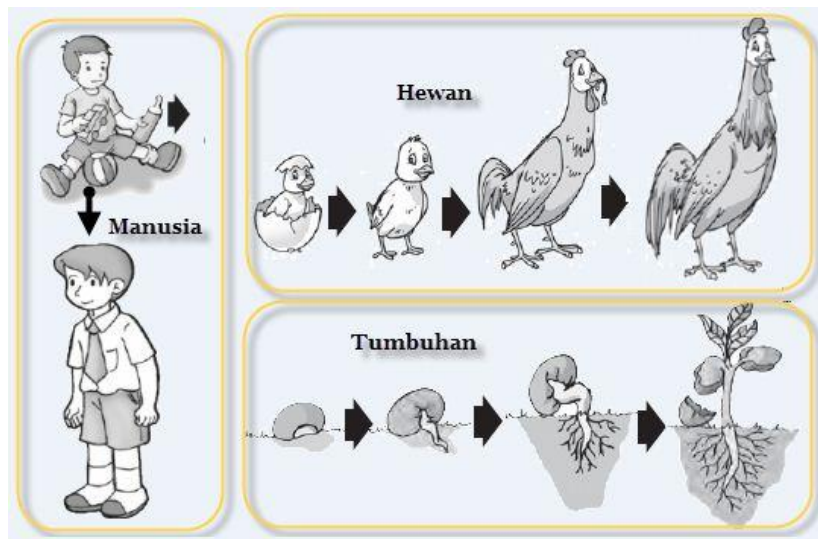
Rangsang tersebut berasal dari luar tubuh, seperti sentuhan, air, cuaca, sinar matahari, suhu, tanah, dan zat kimia. Selain rangsang dari luar, organisme juga dapat menerima dan menanggapi perubahan yang datang dari dalam tubuhnya sendiri. Selain itu, apakah kamu pernah berpikir saat kamu tertusuk duri atau terkena percikan air panas, secara spontan kamu akan menjerit. Tubuhmu merespon rangsangan dengan timbulnya rasa sakit, sehingga kamu menjerit.

4. Tumbuh dan Berkembang

Pertumbuhan adalah proses perubahan ukuran dan jumlah sel pada organisme. Berkembang adalah munculnya fungsi-fungsi organ

dalam tubuh selama kehidupan organisme. Apabila kamu menyadari asal mula dirimu, kamu akan memahami tumbuh dan berkembangnya organisme. Tubuhmu berasal dari sel telur dan sel sperma yang membentuk janin yang dikandung oleh ibumu selama lebih kurang 9 bulan di dalam rahim.

Janin itu kemudian lahir menjadi bayi, bayi tumbuh dan berkembang menjadi anak-anak sehingga tumbuh menjadi seorang remaja. Hewan pun mengalami pertumbuhan dan perkembangan, misalnya pada katak. Katak berasal dari telur, tumbuh dan berkembang menjadi kecebong atau berudu yang berinsang luar. Kemudian kecebong tumbuh menjadi kecebong kemudian berkembang lagi menjadi kecebong berkaki belakang, dan berkaki depan serta memiliki paru-paru. Selanjutnya, tumbuh dan berkembang menjadi katak muda dengan ekor yang memendek sampai akhirnya menjadi katak dewasa.



Gambar 2.1 Tumbuh dan Berkembangnya Makhluk Hidup

Bagaimana dengan tumbuhan? Tumbuh dan berkembangnya tumbuhan dapat kamu amati pada proses perubahan dari biji menjadi kecambah, tumbuh tunas muda, kemudian batang kecil, dan akhirnya menjadi tumbuhan besar.

5. Berkembang Biak

Berkembang biak adalah proses menghasilkan keturunan. Tanpa berkembang biak, organisme akan punah. Dengan demikian tujuan utama makhluk hidup berkembang biak adalah untuk menjaga kelangsungan hidupnya dan menjaga kelestarian organisme sehingga tidak langka dan punah. Semua makhluk hidup, baik organisme yang bersel banyak maupun yang bersel tunggal, akan berkembang biak, dengan cara yang berbeda-beda.

Manusia, sapi, rusa, anjing, gajah, dan kuda berkembang biak dengan cara melahirkan. Burung, ayam, ikan, dan katak dengan cara bertelur. Beranak atau melahirkan dan bertelur termasuk cara perkembangbiakan kawin atau generatif. Selain dengan generatif, ada makhluk hidup yang berkembang biak secara tak kawin atau vegetatif. Contoh organisme yang berkembang biak dengan cara vegetatif adalah amoeba yang termasuk hewan bersel tunggal.

Bagaimana dengan tumbuhan? Tumbuh dan berkembangnya tumbuhan dapat kamu amati pada proses perubahan dari biji menjadi kecambah, tumbuh tunas muda, kemudian batang kecil, dan akhirnya menjadi tumbuhan besar. Tumbuhan dapat berkembang biak dengan cara generatif dan vegetatif. Perkembangbiakan secara generatif melalui biji dari buah tumbuhan, sedangkan vegetatif bukan dari biji.

6. Memerlukan Kebutuhan Hidup

Ketika akan mempraktikkan lari jarak menengah, kamu sudah mempersiapkan tenaga yang cukup banyak. Tenaga yang kamu siapkan berasal dari makanan. Di antara teman-temanmu ada juga yang menyiapkan air agar badannya kembali segar setelah berolahraga. Mengapa ketika berenang kamu tidak mampu menyelam dalam waktu lama? Ketika lama di dalam air, kamu akan merasakan sesak napas. Hal itu karena kamu kekurangan oksigen.

Pada kesempatan ini kamu akan mempelajari beberapa kebutuhan pokok makhluk hidup untuk mempertahankan kehidupannya.

7. Memerlukan oksigen

Masih ingatkah kamu, apa itu respirasi? Apa yang dibutuhkan untuk respirasi? Respirasi sama dengan pernapasan. Pernapasan berarti menghirup udara, yaitu *oksigen*. Oksigen dibutuhkan untuk keperluan tubuh organisme. Tanpa oksigen, semua organisme akan mati karena semua proses dalam tubuh tidak akan berfungsi tanpa ada oksigen.

Oksigen terdapat di udara dan di air. Organisme yang hidup di darat memperoleh oksigen dari udara. Manusia, cacing, dan ikan paus mendapat oksigen dari udara, sedangkan organisme yang hidup di air memperoleh oksigen dari air melalui insangnya. Tumbuhan hijau memerlukan oksigen hanya dalam jumlah sedikit. Dari proses pembuatan makanan tumbuhan atau disebut fotosintesis, dihasilkan oksigen

8. Memerlukan air

Semua makhluk hidup memerlukan air. Manusia, hewan, dan tumbuhan memerlukan air untuk kelangsungan hidupnya. Tahukah kamu bahwa sebagian besar tubuh kita terdiri dari air. Air yang bercampur dengan zat-zat kimia di dalam tubuh bekerja untuk kelangsungan hidup kita. Darah misalnya, merupakan cairan yang mengalirkan zat-zat kimia ke seluruh tubuh kita. Pada waktu-waktu tertentu, tubuh kita kehilangan air, misalnya pada saat bernapas, berkeringat, dan buang air. Oleh karena itu, air ini harus digantikan. Kita tidak bisa hidup lama tanpa air. Minimal 2 liter air harus masuk ke dalam tubuh kita setiap hari.

Untuk mempertahankan hidupnya ayam selalu minum. Hewan lain pun minum untuk mempertahankan hidupnya. Unta yang hidup di padang pasir atau gurun, banyak minum sehingga dapat berjalan

jauh dalam waktu yang lama. Petani menyiramkan air pada tanaman karena tanaman memerlukan air. Tanpa air, tanaman akan mati. Dengan demikian, manusia, hewan, dan tumbuhan memerlukan air untuk mempertahankan hidupnya.

9. Memerlukan makanan

Manusia, hewan, dan tumbuhan memerlukan makanan. Makanan diperlukan antara lain untuk menghasilkan tenaga dan energi, untuk pertumbuhan; untuk berkembang biak; dan untuk mengganti sel-sel tubuh yang rusak. Tubuhmu membutuhkan zat-zat atau nutrisi yang terdapat pada bahan makanan. Makanan tersebut tentunya harus bergizi dan tidak mengandung bibit penyakit, bukan? Manusia dan hewan tidak dapat menghasilkan makanan sendiri.

Dengan demikian, dari manakah kita mendapatkan makanan? Alam sekeliling kita menyediakan berlimpah jenis makanan dan minuman. Mulai dari protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral. Protein berguna untuk pertumbuhan dan perbaikan tubuh. Karbohidrat berguna untuk memberi tenaga. Lemak berguna untuk memberi tenaga dan menjaga sel-sel darah merah tetap sehat. Vitamin dan mineral menjaga tubuh tetap sehat dan mencegah penyakit. **Lalu, bagaimana dengan tumbuhan?**

B. CIRI UMUM PLANTAE (TUMBUHAN)

Dunia tumbuhan (Plantae) mencakup semua organisme multiseluler, autotrop, fotosintetik. Dinding sel tumbuhan disusun atas senyawa selulosa, dan menyimpan kelebihan karbohidratnya dalam bentuk amilum. Akan tetapi, ternyata tidak semua organisme dengan ciri seperti itu dapat digolongkan sebagai tumbuhan. Bagaimana dengan ganggang hijau? Kamu tahu ganggang ini bersifat fotosintetik! Jika demikian, bagaimanakah membedakan ganggang multiseluler dengan tumbuhan?

Tumbuhan merupakan organisme yang sepenuhnya menyesuaikan diri dengan kehidupan di darat, meskipun beberapa di antaranya hidup di air seperti teratai. Oleh karena itu, tumbuhan (Plantae) berupa kormus (memiliki akar, batang dan daun sejati), bahan-bahan yang diperlukan tumbuhan, seperti cahaya, CO₂, air, dan mineral diperoleh melalui berbagai proses yang terjadi pada ketiga organ tersebut. Selain itu, semua tumbuhan memiliki kloroplas dengan klorofil a dan klorofil b. Ganggang hijau diketahui hanya memiliki klorofil b.

1. Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta)

Tumbuhan berbiji meliputi semua tumbuhan yang menghasilkan biji. Tumbuhan ini memiliki arti penting bagi organisme lain di bumi. Bahan makanan manusia dan hewan banyak yang berasal dari tumbuhan berbiji. Dapatkah kamu menyebutkan biji-bijian yang menjadi makanan hewan dan manusia? Untuk dapat mengenali keanekaragamannya kita harus mempelajari berbagai ciri, daur hidup dan habitatnya.

Semua tumbuhan berbiji adalah heterospora, yang berarti memiliki dua jenis sporangia berbeda. Megasporangia menghasilkan megaspora yang akan menjadi gametofit betina, dan mikrosporangia menghasilkan mikrospora yang akan menjadi gametofit jantan. Megaspora terbentuk dalam megasporangium yang dilindungi oleh integumen, yang secara keseluruhan struktur tersebut disebut ovulum atau bakal biji. Perkembangan megaspora inilah yang akan membentuk sel telur (ovum), jika ovum dibuahi oleh sel sperma maka akan tumbuh menjadi zigot. Zigot berkembang menjadi embrio sporofit. Keseluruhan bakal biji akhirnya berkembang membentuk biji.

Dalam sistem klasifikasi 5 kingdom, tumbuhan berbiji digolongkan menjadi dua golongan, yaitu tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) dan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae). Dalam buku ini, pembahasan tumbuhan berbiji dimaksudkan untuk

mengenalkan keanekaragamannya. Dengan demikian, tidak membahas ciri morfologis dan fungsi fisiologisnya secara mendalam.

a) Tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae)

Tumbuhan berbiji terbuka dapat berupa perdu atau pohon. Semua tumbuhan berbiji terbuka memiliki jaringan pembuluh xilem dan floem. Tumbuhan berbiji terbuka, tumbuhan paku dan tumbuhan berbiji tertutup merupakan kelompok tumbuhan Tracheophyta, yaitu kelompok tumbuhan yang memiliki jaringan pembuluh xilem dan floem. Yang membedakan tumbuhan ini dengan tumbuhan berbiji terbuka adalah bakal bijinya terdapat di luar permukaan megasporofilnya atau analoginya disebut sisik pendukung bakal biji, yang berkelompok menjadi strobilus berkayu dan disebut runjung, kecuali pada tanaman pakis haji (*Cycas rumphii*). Tumbuhan berbiji terbuka yang hingga kini masih dapat ditemukan adalah divisi Coniferophyta (konifer), Cycadophyta (Sikas), Ginkgophyta (ginkgo), Gnetophyta (melinjo).

✓ **Coniferophyta (konifer)**

Divisio ini banyak anggotanya yang masih dapat dijumpai hingga sekarang. Ingatkah kamu tumbuhan apakah yang terdapat pada hutan di daerah beriklim dingin di kutub utara? Atau hutan pada pegunungan di daerah tropis? Pada umumnya konifer tidak mengalami gugur daun, daunnya berbentuk jarum, hidup sebagai perdu atau pohon, memiliki strobilus berbentuk kerucut. Ada dua macam strobilus, strobilus biji atau strobilus betina dan strobilus serbuk sari atau strobilus jantan. Contoh: Pinus, Cupressus, Araucaria, Agathis, Sequoia, Juniperus, Taxus.

✓ **Cycadophyta (Cycas)**

Golongan cycas ditemukan di daerah tropis hingga sub-tropis. Ciri yang khas untuk tumbuhan ini adalah batang yang tidak bercabang, daun majemuk, seperti kulit, tersusun sebagai tajuk di puncak batang

yang memanjang. Seluruh anggotanya berumah dua. Contoh: *Cycas rumphii* (pakis haji), ditanam sebagai tanaman hias.

✓ **Ginkgophyta (Ginkgo)**

Anggota divisio ini yang masih ada adalah *Ginkgo biloba* (Ginkgo). Ginkgo merupakan pohon besar, dapat mencapai ketinggian lebih dari 30 meter. Daun lebar berbentuk seperti kipas, dengan belahan yang berlekuk dalam. Tulang daun berbentuk menggarpu. Ginkgo merupakan tumbuhan Gymnospermae yang meranggas, berumah dua, biji keras berwarna kekuningan, berukuran sebesar kelereng, berbau tidak enak. Ginkgo digunakan sebagai bahan obat-obatan dan kosmetik.

✓ **Gnetophyta**

Divisio ini memiliki strobilus jantan yang tersusun majemuk, daun berhadapan atau melingkar, seluruh pembuluh terdapat pada kayu sekunder dan tidak terdapat saluran resin. Contoh: *Gnetum gnemon* (melinjo), daun muda, biji dan bunganya dapat disayur. Bijinya dibuat menjadi emping, kulit kayunya digunakan sebagai bahan pembuatan benang atau kertas.

b) Tumbuhan berbiji tertutup (angiospermae)

Sekarang ini Angiospermae merupakan tumbuhan yang dominan, beraneka ragam, dan menempati daerah persebaran yang paling luas di permukaan bumi. Diperkirakan hingga sekarang terdapat sekitar 250.000 spesies Angiospermae.

Ciri Angiospermae :

Angiospermae memiliki bakal biji atau biji berada di dalam struktur yang tertutup yang disebut daun buah (carpels). Daun buah dikelilingi oleh alat khusus yang membentuk struktur pembiakan majemuk yang disebut bunga. Pada umumnya tumbuhan berupa pohon, perdu, semak, liana, atau herba. Di antara Angiospermae ada yang hidup tahunan ada yang semusim, berumah satu atau berumah dua. Angiospermae

dibedakan menjadi kelas Dikotil dan Monokotil. Berikut ini perbedaan Dikotil dan Monokotil :

Tabel 2.1 Perbedaan Dikotil dan Monokotil

Faktor Pembeda	Dikotil	Monokotil
Akar	Sistem akar tunggang	Sistem akar serabut
Batang dan akar	Memiliki kambium sehingga dapat membesar	Tidak berkambium sehingga tidak dapat membesar
Daun	Susunan tulang daun menyirip atau menjari	Susunan tulang daun sejajar atau melengkung
Bunga	Jumlah bagian bunga 4, 5, atau kelipatannya	Jumlah bagian bunga 3 atau kelipatannya
Biji	Saat berkecambah membelah dua menjadi 2 daun lembaga	Saat berkecambah tetap utuh tidak membelah
Ujung akar lembaga	Tidak mempunyai sarung pelindung	Mempunyai sarung pelindung, yaitu <i>koleoriza</i>
Ujung pucuk	Tidak mempunyai sarung pelindung	Mempunyai sarung pelindung, yaitu <i>koleoptil</i>

C. CIRI UMUM ANIMALIA (HEWAN)

Bila kita identifikasi, umumnya hewan memiliki karakter atau menunjukkan ciri sebagai berikut. Hewan merupakan organisme eukariota, multiseluler, heterotrofik. Berbeda dengan nutrisi autotrofik pada tumbuhan, hewan memasukkan bahan organik yang sudah jadi, ke dalam tubuhnya dengan cara menelan (*ingestion*) atau memakan organisme lain, atau memakan bahan organik yang terurai. Sel-sel hewan tidak memiliki dinding sel yang menyokong tubuh dengan kuat, seperti pada tumbuhan atau jamur.

Komponen terbesar sel-sel hewan terdiri atas protein struktural kolagen. Keunikan hewan yang lain adalah adanya dua jaringan yang bertanggung jawab atas penghantaran impuls dan pergerakan, yaitu jaringan saraf dan jaringan otot sehingga dapat bergerak secara aktif. Sebagian besar hewan bereproduksi secara seksual, dengan tahapan

diploid yang mendominasi siklus hidupnya. Memang tidak mudah membuat definisi yang tepat untuk hewan. Hal ini disebabkan karena adanya banyak variasi sifat-sifat dunia hewan, selalu ada saja pengecualian dari sifat-sifat umum pada suatu kelompok hewan tertentu.

RANGKUMAN

Ciri-ciri umum pada makhluk hidup antara lain : bernapas; bergerak; menerima dan menanggapi rangsang; tumbuh dan berkembang; berkembang biak; memerlukan O_2 , air dan makanan. Tumbuhan merupakan organisme yang sepenuhnya menyesuaikan diri dengan kehidupan di darat, meskipun beberapa di antaranya hidup di air seperti teratai.

Ciri dari tumbuhan (Plantae) antara lain berkormus (memiliki akar, batang dan daun sejati), bahan-bahan yang diperlukan tumbuhan, seperti cahaya, CO_2 , air, dan mineral diperoleh melalui berbagai proses yang terjadi pada ketiga organ tersebut. Selain itu, semua tumbuhan memiliki kloroplas dengan klorofil a dan klorofil b. Ganggang hijau diketahui hanya memiliki klorofil b. Sedangkan ciri hewan yakni organisme eukariota, multiseluler, heterotrofik. Berbeda dengan nutrisi autotrofik pada tumbuhan, hewan memasukkan bahan organik yang sudah jadi, ke dalam tubuhnya dengan cara menelan (*ingestion*) atau memakan organisme lain, atau memakan bahan organik yang terurai. Sel-sel hewan tidak memiliki dinding sel yang menyokong tubuh dengan kuat, seperti pada tumbuhan atau jamur.

PERTANYAAN

1. Jelaskan ciri-ciri makhluk hidup secara umum !
2. Jelaskan perbedaan tumbuhan berbiji terbuka dan tumbuhan berbiji tertutup !
3. Jelaskan ciri-ciri angiospermae dan gymnospermae !
4. Jelaskan ciri-ciri hewan sebagai salah satu makhluk hidup di muka bumi ini !

SOAL "HOTS"

Diskusikanlah dengan kelompokmu, dengan mengobservasi ciri-ciri pada tumbuhan dan hewan !

BAB 3

SEJARAH DAN TEORI SEL

Apakah yang ada di benak Saudara ketika mendengar kata sel? Kata sel sering kita dengar dalam kehidupan sehari-hari. Sel dikaitkan dengan kata ruang yang berarti bahwa pada saat membahas tentang sel, kita juga akan membahas segala sesuatu yang berada di dalam “ruang” tersebut. Dalam pokok bahasan ini Saudara akan diajak untuk membahas mengenai sejarah dan teori sel termasuk dengan segala sesuatu yang berkaitan dengan aktivitas sel.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah :

1. **Mendeskripsikan dan menganalisis** konsep sejarah dan teori sel
2. **Terampil** membedakan dan melakukan praktik terkait dengan konsep jenis dan bagian sel serta
3. **Menghargai pendapat** teman dalam diskusi dan pada saat presentasi hasil pengamatan maupun analisis data tentang konsep sel.
4. **Bertanggungjawab** dalam mengkomunikasikan hasil pengamatan dan analisis kajian jenis dan bagian sel

Topik Pembelajaran :

- A. Sejarah Penemuan Sel
- B. Teori Sel
- C. Jenis Sel
- D. Bagian Sel

Sejarah sel akan membahas awal mula ditemukannya sel sampai dengan tokoh-tokoh yang berjasa dalam penemuan sel. Pada pokok bahasan teori sel akan dibahas mengenai teori perkembangan sel sampai dengan organel-organel yang terdapat di dalam sel termasuk dengan

fungsi organel tersebut. Setelah mempelajari bab ini Saudara diharapkan dapat memahami dan menjelaskan tentang sejarah perkembangan sel, tokoh teori sel dan fungsi serta peran organel sel.

A. SEJARAH PENEMUAN SEL

- **Galileo Galilei (Awal abad 17)**

Galileo Galilei dengan alat dua lensa menggambarkan struktur tipis dari mata serangga. Galilei merupakan orang pertama yang mencatat hasil pengamatan biologi melalui mikroskop.

- **Robert Hook (1635-1703)**

Orang yang pertama kali melihat gambaran suatu sayatan tipis gabus suatu kompartemen atau ruang-ruang dan menyebutnya dengan nama Latin *cellulae* (ruangan kecil). Hal ini merupakan asal mula istilah sel.

- **Anthony van Leeuwenhoek (October 24, 1632 - August 26, 1723)**

Orang tersebut menggunakan lensa-lensa untuk melihat beragam protista, spermatozoa, dan bakteri .

- **Robert Brown (1773-1858)**

Pada tahun 1820 merancang lensa yang dapat lebih fokus untuk mengamati sel . Robert Brown mengamati adanya titik buram yang selalu ada pada sel telur, sel polen, sel dari jaringan anggrek yang sedang tumbuh. Titik buram disebut sebagai *nukleus*

- **Matthias Jakob Schleiden (1838)**

Pada tahun 1838 berpendapat bahwa ada hubungan yang erat antara nukleus dan perkembangan sel .

- **Theodor Schwann (1810-1883)**

Theodor Schwann menyatakan bahwa sel adalah bagian dari organisme. Teori sel berkembang lebih jauh dengan menyatakan bahwa sel merupakan unit struktural dari kehidupan dan merupakan unit fungsional bagi kehidupan.

- **Rudolf Virchow (1858)**

Rudolf Virchow menyatakan lebih lanjut bahwa, semua sel berasal dari sel (*omnis cellula-cellula*). Ini berarti bahwa sel merupakan unit pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup.

- **Max Schultze (1861)**

Max Schultze menyatakan hasil penelitiannya untuk meyakinkan kebenaran teori-teori tentang sel. Ia memberikan batasan tentang sel sebagai berikut: "sel adalah protoplasma beserta nukleus, dan protoplasma itu merupakan dasar fisik dari kehidupan". Pernyataan yang dikemukakan oleh Max Schultz ini tidak hanya batasan tentang sel, tetapi juga dikenal sebagai *Teori Protoplasma*.

B. TEORI SEL

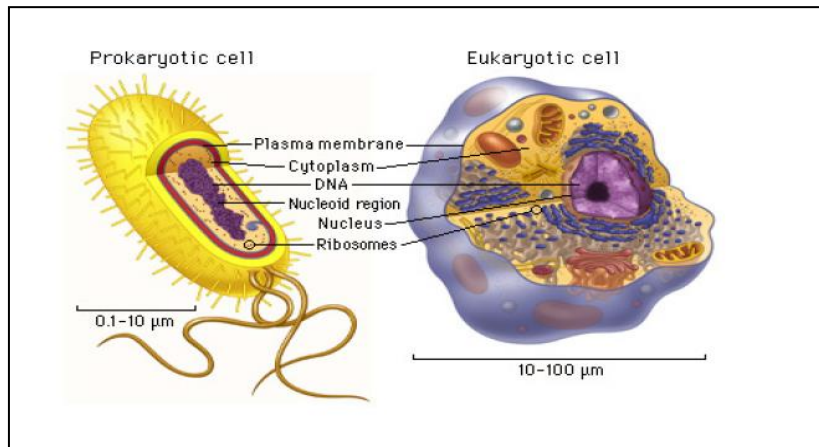
- **Tiga konsep mengenai sel:**

1. Semua organisme tersusun atas satu atau lebih sel
2. Sel adalah unit terkecil yang memiliki semua persyaratan hidup
3. Keberlangsungan kehidupan secara langsung berasal dari pertumbuhan dan pembelahan sel

C. JENIS SEL

Berdasarkan keadaan inti, sel dibagi menjadi 2 jenis yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel prokariotik merupakan sel yang tidak memiliki membran inti, sedangkan sel eukariotik merupakan sel yang memiliki membran inti. Selain itu, terdapat perbedaan diantara kedua

jenis sel tersebut. Berikut ini merupakan perbandingan sel prokariotik dan eukariotik :



Gambar 3.1. Perbandingan Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik

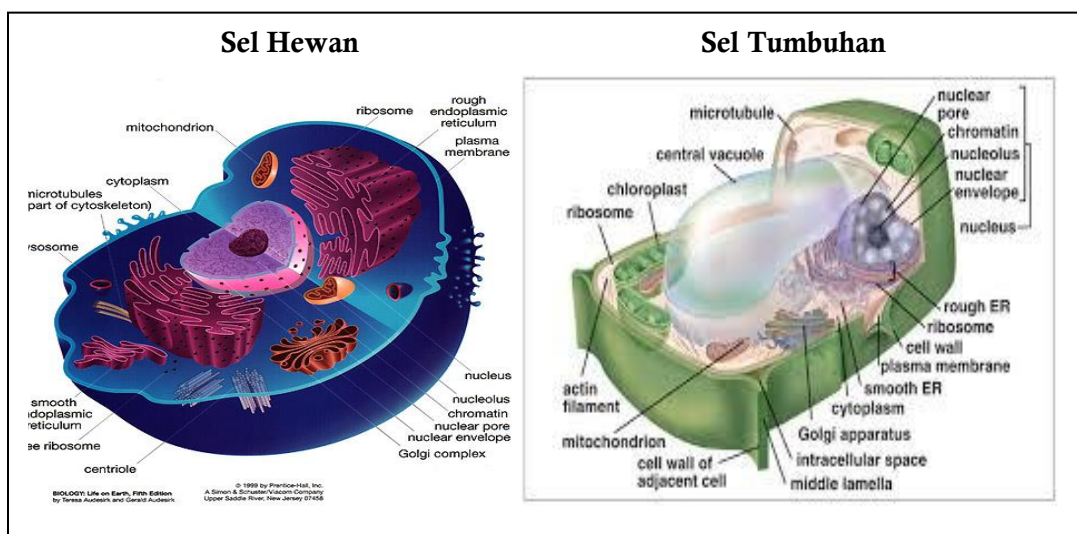
Terdapat beberapa perbedaan sel prokariot dan eukariot. Perbedaan tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 3.1. Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik

Pembeda	Prokariot	Eukariot
Contoh organisme	Bakteri dan ganggang hijau-biru	Protista, fungi, tumbuhan dan hewan
Pembelahan sel	Kromosom memisahkan oleh adanya pemisahan membran plasma	Kromosom memisah melalui gelendong pembelahan
Organisasi seluler	Umumnya uniseluler	Umumnya multiseluler
Ukuran sel	Umumnya 0,1-10 µm	Umumnya 10-100 µm
Metabolisme	Anaerobik dan aerobik	aerobik
Organela	Sedikit atau tidak ada	Nukleus, mitokondria, kloroplas, RE dll.

DNA	Sirkular, dalam sitoplasma	Sangat panjang terdapat dalam inti sel
RNA dan protein	Disintesis pada beberapa kompartemen	Sintesis RNA terjadi dlm nukleus, protein disintesis dlm sitoplasma
sitoplasma	Tidak ada sitoskeleton	Ada sitoskeleton

Sel prokariotik terdapat pada anggota Kingdom Monera, sedangkan anggota kingdom yang lain merupakan sel eukariotik. Sel eukariotik mencakup sel hewan dan sel tumbuhan. Perbedaan antara sel hewan dan sel tumbuhan dapat dilihat dalam gambar berikut :

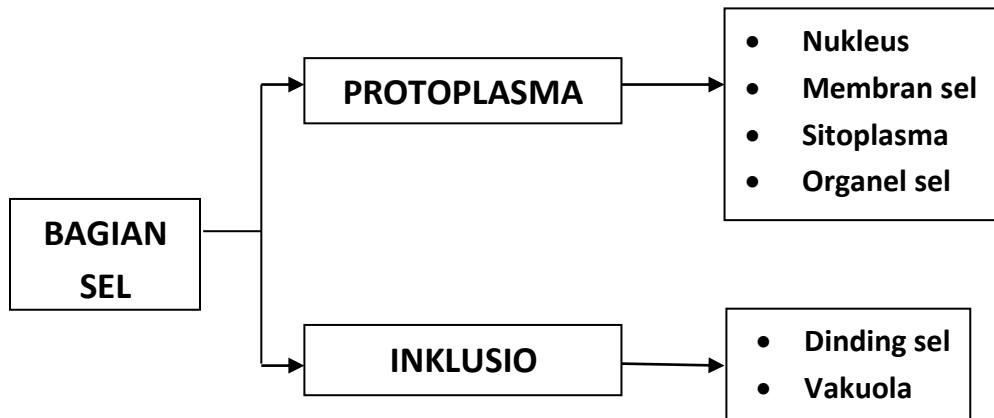


Gambar 3.2. Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

D. BAGIAN SEL

Sel merupakan unit terkecil penyusun organisme. Organisme yang beraneka ragam pada dasarnya memiliki struktur sel yang hampir sama. Secara umum, sel tersusun atas protoplasma dan inklusio. Protoplasma terdiri atas cairan sel (sitoplasma), inti sel, membran sel dan

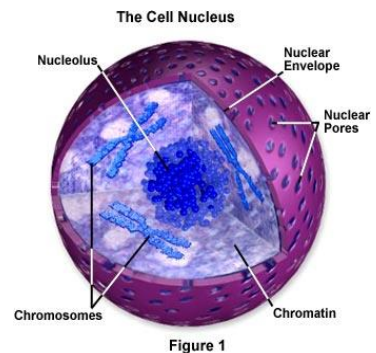
organel-organel sel. Organel sel merupakan bagian sel yang mempunyai fungsi khusus.



PROTOPLASMA

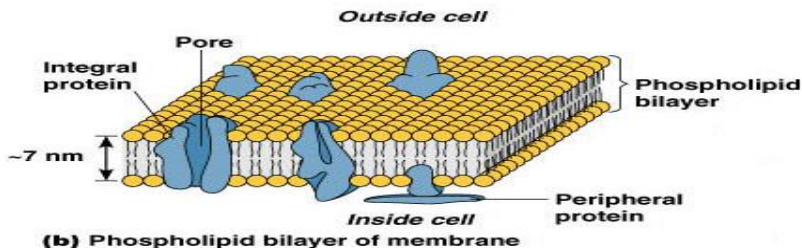
1. Nukleus (Inti Sel)

- Pusat kontrol sel
- Mengandung DNA
- Dikelilingi oleh membran/selubung nukleus
- Merupakan organel yang paling mudah terlihat dibawah mikroskop
- Biasanya 1 per sel (kecuali sel otot)
- Nukleolus: spot gelap di tengah-tengah nukleus yang membantu membuat ribosom



2. Membran Sel

- Mengontrol apapun yang memasuki dan meninggalkan sel.
- Tanaman, algae dan bakteri memiliki struktur luar yang lebih kuat disebut dinding sel.



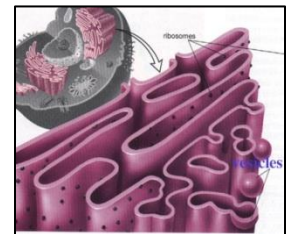
3. Sitoplasma

Sitoplasma adalah zat setengah cair dari sel yang berada di luar membran inti dan bagian internal dari membran sel, kadang-kadang digambarkan sebagai isi non-inti protoplasma. Pada eukariota, sitoplasma berisi organel sel. Organel sel tersebut diantaranya mitokondria, retikulum endoplasma, aparatus Golgi, lisosom dan peroksisom, sitoskeleton, sitosol (massa fluida yang mengelilingi berbagai organel) dan sebagainya. Sitoplasma mengandung molekul seperti enzim yang bertanggung jawab untuk memecah limbah dan juga membantu dalam aktivitas metabolik.

4. Organel Sel

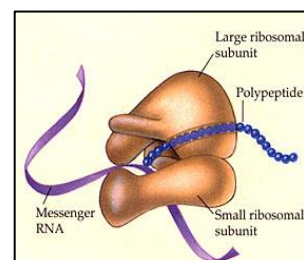
Endoplasmic Reticulum (Retikulum Endoplasma)

- Sering disingkat “ER”
- Berhubungan dengan membran nukleus
- Berfungsi sebagai sistem delivery internal sel
- Dua tipe yaitu:
 - ER kasar: ditempeli oleh ribosom tempat sintesis protein
 - ER halus: tidak ada ribosom, berfungsi membuat lipid



Ribosome

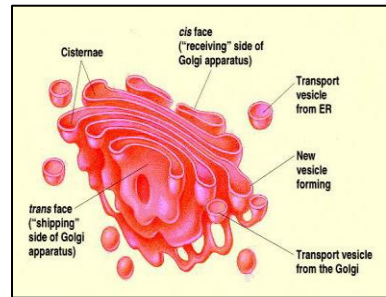
- Terdapat pada semua sel, baik prokariot maupun eukariot
- Tempat sintesis protein



- Ditemukan berikatan dengan ER kasar atau berada bebas di sitosol.
- Diproduksi di bagian nukelus yaitu nukleolus

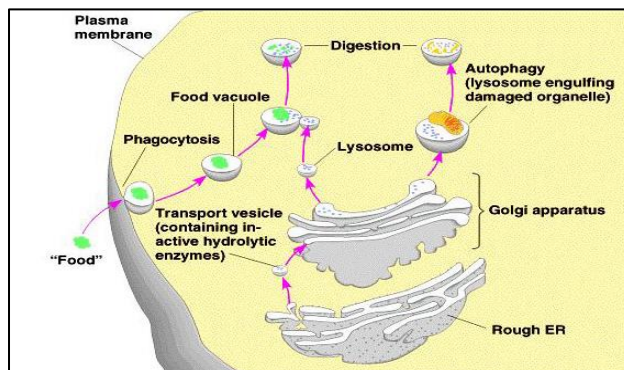
Golgi Apparatus

- Berfungsi menyimpan dan memodifikasi serta mengepak protein
- Molekul ditransportasikan dari golgi melalui pembentukan vesikula



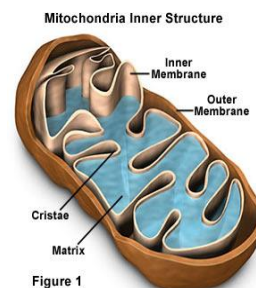
Lisosom

- Mengandung enzim digestif yang memecah limbah sel



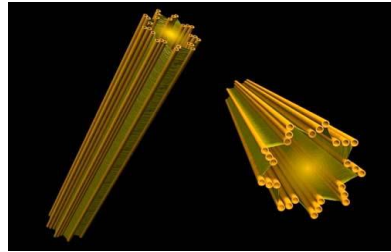
Mitokondria

- Tempat produksi energi
- Respirasi seluler terjadi di mitokondria untuk menghasilkan energi yang digunakan sel
- Memiliki membran ganda
- Memiliki DNA sendiri



Sentriole

- Membantu pembelahan sel
- Biasanya ditemukan hanya pada sel hewan
- Terbuat dari mikrotubul



INKLUSIO

Dinding Sel

Dinding sel tumbuhan adalah matriks ekstraseluler yang memiliki susunan kompleks yang membungkus setiap sel tumbuhan. Dinding sel pada sel tumbuhan yang masih muda khususnya meristem memiliki dinding sel yang tipis atau sering disebut dinding sel primer. Tingkat ketebalan dan komposisi unsur dalam dinding sel tumbuhan juga tergantung pada jenis sel yang dilindunginya. Dinding sel primer pada tumbuhan muda masih tipis dan belum terlalu kaku. Selama pertumbuhan sel, dinding sel akan terus menebal membentuk dinding sel sekunder yang lebih kaku.

Pembentukan dinding sel sekunder dapat terjadi melalui dua cara yaitu:

1. Penebalan dinding primer sel tumbuhan
2. Terjadi penambahan pada lapisan dibawah dinding primer yang komposisi unturnya berbeda dengan dinding primer.

Dinding sel tumbuhan merupakan bagian paling luar dari sel tumbuhan dan salah satu pembeda antara sel tumbuhan dan sel hewan. Dinding sel tumbuhan setelah mengalami pertumbuhan sekunder akan membentuk tiga lapisan yaitu lamela tengah, dinding primer dan dinding sekunder. **Fungsi utama dari dinding sel tumbuhan** adalah menyediakan perlindungan bagi sel di dalamnya. Dinding sel juga berfungsi dalam mengikat serta menghubungkan antara tiap sel

sehingga membentuk jaringan dan tumbuhan yang utuh. Sekilas, dinding sel tumbuhan merupakan ruang tertutup rapat atau penjara bagi sel tumbuhan di dalamnya, akan tetapi, dinding sel menyediakan plasmodesmata. Fungsi dari plasmodesmata pada dinding sel tumbuhan adalah sebagai penyedia jalur komunikasi antara sel-sel tumbuhan yang bersangkutan. Fungsi dinding sel tumbuhan akan mengalami perubahan sesuai dengan pengkhususan atau spesialisasi (diferensiasi) sel tumbuhan tersebut sehingga fungsi utama dinding sel yaitu sebagai perlindungan dan kemudahan komunikasi antar sel tetap dapat disesuaikan.

Bagian dinding sel :

Pada dasarnya dinding sel tumbuhan tersusun atas serabut serabut panjang dan keras yang masing masing terbenam dalam matriks protein dan polisakarida. Serabut serabut ini umumnya tersusun atas selulose (selulosa), dan matriksnya sebagian besar tersusun atas hemiselulose (hemiselulosa) dan pektin. Molekul selulosa tersusun atas rangkaian linear ribuan unit glukosa. Setiap rangkain linear yang berbentuk sebagai pita ini masing masing dihubungkan oleh ikatan hidrogen sehingga terbentuk agregat panjang yang tersusun dari 60-70 molekul selulose membentuk mikrofibril. Mikrofibril ini dikelilingi oleh rantai selulose yang padat tetapi memiliki jumlah lebih banyak. Berikut ini merupakan bagian dari dinding sel tumbuhan :

Tabel 3.2. Penyusun Dinding Sel pada Tumbuhan

Bagian	Fungsi
Hemiselulosa	kumpulan molekul yang terdiri atas campuran polisakarida yang heterogen.
Pektin	salah satu dari polisakarida pada matriks dinding sel tumbuhan. Molekul glikoprotein dinding sel akan beranyaman dengan molekul-molekul pektin.

Lamela tengah	Lapisan dinding sel yang memiliki fungsi sebagai “lem” atau perekat untuk membentuk jaringan tumbuhan. Lamela tengah tersusun dari zat kitin. Terjadi lignifikasi pada lamela tengah tumbuhan berkayu atau penambahan zat lignin yang akan menguatkan atau membuat tumbuhan lebih kaku dan kokoh.
Dinding primer	Bagian dinding sel yang dibentuk paling awal dan selama sel tumbuhan dalam fase perkembangan. Lapisan dinding sel ini disusun oleh selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Pada dinding primer ini terkadang ditemukan lignin.
Dinding sekunder	lapisan yang terletak dibagian dalam dari dinding sel primer tumbuhan. Lapisan yang terbentuk setelah terjadi pertumbuhan ini mengandung zat selulosa, lignin dan hemiselulosa dan tidak mengandung lignin.

Vakuola

Vakuola merupakan salah satu bagian organel yang terdapat dalam sel tumbuhan dan juga sel hewan. Vakuola selalu ada pada tumbuhan namun tidak semua hewan memiliki vakuola. Vakuola hanya terdapat pada hewan uniseluler tingkat rendah, salah satu hewan yang memiliki vakuola di dalam selnya yaitu protozoa. Vakuola merupakan suatu organel sitoplasmik yang berisi cairan. Organel yang satu ini dibatasi dengan selaput tipis yang disebut dengan tonoplas. Cairan yang membentuk vakuola mengandung berbagai macam zat terlarut yang sangat bermanfaat. Zat-zat terlarut yang membentuk vakuola diantaranya yaitu alkaloid, garam mineral, enzim, asam, basa dan lainnya. Masing-masing mempunyai fungsi dalam pembentukan sel makhluk hidup, baik tumbuhan ataupun hewan dan berkaitan satu sama lain untuk membentuk kesatuan sel yang sempurna.

Fungsi vakuola tergantung pada jenis sel yang ditemukan. Salah satu fungsi utama dari vakuola adalah untuk mengisolasi bahan-bahan

yang mungkin berbahaya bagi sel. Vakuola dapat didefinisikan sebagai reservoir non hidup, yang dibatasi oleh membran berbeda atau secara selektif permeabel, tonoplast. Berdasarkan konten dan fungsi, vakuola adalah terdapat empat jenis vakuola yaitu: vakuola getah, vakuola kontraktil, vakuola makanan dan vakuola gas (udara). *Vakuola* merupakan organel sel berupa kantong-kantong bermembran besar. Vakuola yang berukuran kecil sering di sebut *vesikel*. Vakuola memiliki struktur dan fungsi yang bervariasi vakuola dapat ditemukan pada sel tumbuhan dan hewan. Pada sel tumbuhan, vakuola umumnya dapat mengisi hingga 90% volume sel. Vakuola dibungkus oleh *tonoplas*, suatu membran tunggal yang mengatur pertukaran material antara sitoplasma dan cairan di dalam vakuola. Cairan vakuola umumnya mengandung air, terkadang gas (seperti oksigen, nitrogen, dan karbondioksida), asam, garam, kristal, dan pigmen. Vakuola pada tumbuhan berfungsi untuk menyimpan materi dan menjaga tekanan internal air (tekanan turgor).

Vakuola adalah organel terikat membran yang ditemukan dalam sel-sel tumbuhan, hewan dan jamur. Sel tumbuhan cenderung memiliki vakuola sentral yang besar, sedangkan vakuola pada sel hewan cenderung lebih kecil. Fungsi utama dari vakuola adalah mengandung produk limbah dari sel dan mengisolasi mereka dari sisa organel dan sitoplasma. Vakuola mempertahankan pH asam internal. Hal ini memungkinkan mereka untuk mendenaturasi protein yang gagal dilipat ditransfer ke vakuola dari sitoplasma. Vakuola juga dapat membantu menghilangkan bahan yang tidak diinginkan atau beracun dari sel-sel dengan mengekspor mereka ke membran sel, di mana mereka dilepaskan ke lingkungan luar sel. Proses ini dikenal sebagai eksositosis. Vakuola merupakan komponen penting dari sel tumbuhan, jamur, dan hewan. Tanggung jawab utama dari vakuola adalah untuk menjaga tekanan turgor dalam sel. Fungsi vakuola berbeda tercantum di bawah ini.

Vakuola memainkan peran penting dalam kelancaran fungsi berbagai proses sel tumbuhan dan protista. Peran yang dimainkan oleh vakuola pada hewan dan sel bakteri tidak signifikan seperti itu dalam sel tanaman dan protista.

RANGKUMAN

- **Tiga konsep mengenai sel:** semua organisme tersusun atas satu atau lebih sel, sel sebagai unit terkecil yang memiliki semua persyaratan hidup, keberlangsungan kehidupan secara langsung berasal dari pertumbuhan dan pembelahan sel
- **Ada 2 jenis sel :** sel prokariot dan eukariot
- Sel prokariotik merupakan sel yang tidak memiliki membran inti, sedangkan sel eukariotik merupakan sel yang memiliki membran inti.
- Bagian sel ada 2 yaitu protoplasma yang mencakup membran sel, inti sel dan organel sel serta inklusio yang mencakup dinding sel dan vakuola

PERTANYAAN

1. Jelaskan perbedaan antara sel prokariot dan sel eukariot !
2. Apa saja komponen dan organel yang terdapat di dalam sel eukariot!
3. Jelaskan perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan!
4. Jelaskan fungsi dari retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus!
5. Jelaskan 2 cara terjadinya pembentukan dinding sel sekunder !

SOAL “HOTS”

Lakukanlah pengamatan sel stomata pada daun, dan diskusikan dengan kelompok mengenai hasil pengamatan tersebut!

BAB 4

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN HEWAN

Apakah yang ada di benak Saudara ketika mendengar kata jaringan? Kata jaringan sering kita dengar dalam kehidupan sehari-hari. Biasanya banyak orang menggunakan istilah jaringan dikaitkan dengan istilah komputer maupun perangkat teknologi yang lain. Padahal, istilah tersebut juga dekat dengan tubuh kita. Tahukah Saudara, bahwa berbagai macam organ yang terdapat pada tubuh kita merupakan kumpulan dari jaringan dengan struktur dasar dan fungsi yang sama?

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah :

1. **Mendeskripsikan dan menganalisis** konsep struktur dan fungsi jaringan hewan
2. **Terampil** melakukan praktik terkait dengan konsep jaringan hewan
3. **Menghargai pendapat** teman dalam diskusi dan pada saat presentasi hasil pengamatan maupun analisis data pengamatan jaringan hewan
4. **Bertanggungjawab** dalam mengkomunikasikan hasil pengamatan dan analisis kajian jaringan hewan
5. Menunjukkan sikap **peduli lingkungan** pada saat melakukan pengamatan atau observasi di lapangan.

Topik Pembelajaran :

- A. Struktur Dan Jaringan Hewan
- B. Jaringan Epitel
- C. Jaringan Penyokong
- D. Jaringan Otot
- E. Jaringan Saraf
- F. Organ Hewan
- G. Sistem Organ Hewan

Dalam pokok bahasan ini Saudara akan diajak untuk membahas mengenai pengertian jaringan, jenis jaringan, dan fungsi jaringan di dalam tubuh terkait dengan aktivitas suatu organ. Setelah mempelajari bab ini Saudara diharapkan dapat memahami dan menjelaskan tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan jaringan hewan termasuk di dalamnya jenis dan fungsi jaringan hewan.

A. STRUKTUR DAN JARINGAN HEWAN

Jaringan adalah kumpulan sel sejenis yang memiliki struktur dan fungsi yang sama untuk membentuk suatu organ. Jenis jaringan yang umumnya dimiliki oleh hewan ada empat macam, yaitu jaringan epitel, jaringan penyokong, dan jaringan otot dan jaringan saraf. Jaringan dasar hewan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Jenis Jaringan Hewan

Jaringan	Sel	Matriks Ekstraselular	Fungsi Utama
Epitel	Kumpulan sel bersegi banyak	Sedikit	Melapisi permukaan atau rongga tubuh, sekresi bahan-bahan kelenjar
Penyokong	Beberapa tipe sel yang menetap atau berpindah-pindah	Banyak sekali	Sebagai penyokong dan pelindung Macam: Adiposa, Jaringan Ikat, Tulang, Darah
Otot	Sel kontraktile yang memanjang	Cukup banyak	Sebagai alat gerak aktif
Saraf	Rangkaian tonjolan sel yang memanjang	Tidak ada	Menyampaikan impuls/rangsang saraf

B. JARINGAN EPITEL

Jaringan epitel merupakan jaringan penutup permukaan tubuh, baik permukaan tubuh sebelah luar maupun sebelah dalam. Jaringan epitel juga merupakan jaringan yang melapisi permukaan tubuh dan membatasi rongga tubuh. Contoh permukaan sebelah luar yang memiliki jaringan epitelium adalah kulit, sedangkan permukaan sebelah dalam tubuh yang mengandung epithelium adalah permukaan dalam usus, paru-paru, pembuluh darah, dan rongga tubuh. Jaringan epitel dapat berasal dari perkembangan lapisan ektoderma, mesoderma, endoderma.

- **Ciri dan Sifat Epitel**

- a) Disusun oleh sel-sel dan molekul ekstraseluler
- b) Bentuk bervariasi bergantung pada fungsi dan letak
- c) Tidak terdapat material di antara sel-sel penyusunnya
- d) Berfungsi sebagai penutup dan kelenjar

- **Tipe Epitel**

Berdasarkan struktur dan fungsinya, epitel terbagi menjadi dua kelompok, yaitu epitel penutup dan epitel kelenjar.

(1) Epitel Penutup

Epitel penutup adalah jaringan yang tersusun dalam bentuk lembaran yang menutup permukaan luar tubuh, rongga tubuh, atau saluran yang berhubungan dengan permukaan tubuh. Selain sebagai penutup, epitel tersebut juga berfungsi untuk proteksi dan absorpsi zat. Epitel penutup dapat terbagi lagi menjadi beberapa jenis.


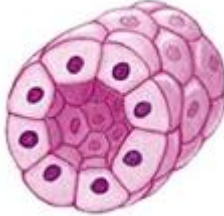
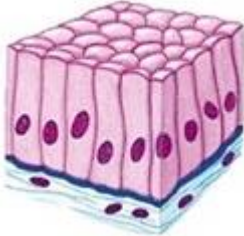
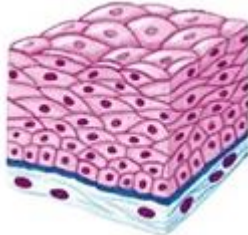
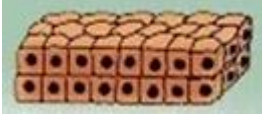
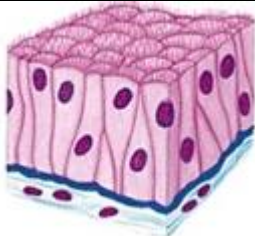
a) Berdasarkan letak

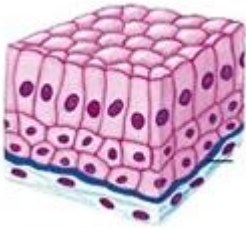
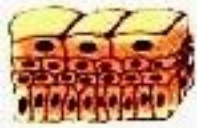
Ada empat jenis epitel, jaringan epitel yang melapisi lapisan luar tubuh disebut epitelium; jaringan epitel yang membatasi rongga tubuh disebut mesotelium; dan jaringan epitel yang membatasi organ disebut endotelium.

b) Berdasarkan jumlah lapisan jaringan penyusun

Berdasarkan bentuk dan jumlah lapisan jaringan dasar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2. Bentuk dan Jumlah Lapisan Jaringan Dasar

Jenis Epitel	Gambar	Fungsi	Terdapat Pada
Pipih selapis		Pertukaran zat melalui difusi	Pembuluh darah Alveoli paru-paru
Kubus selapis		Sekresi	Tubula ginjal Kelenjar ludah (lapisan dalam) Kelenjar tiroid
Silindris selapis		Sekresi/penyerapan aktif zat	Usus halus
Pipih berlapis		Proteksi pada permukaan yang mudah terkikis	Kulit luar Dinding esophagus, anus dan vagina
Kubus berlapis		Proteksi pada permukaan yang mudah terkikis	Bagian dalam mulut Kelenjar keringat
Silindris bersilia berlapis semu		Silia untuk menggerakkan partikel yang ada di atasnya	Saluran nasal Saluran telur

Silindris berlapis		Sekresi/ ekskresi	Lapisan luar kelenjar ludah, kelenjar susu, uretra.
Transisional		Proteksi pada bagian yang mudah berubah volumenya	Kantung kemih Ginjal Saluran ureter



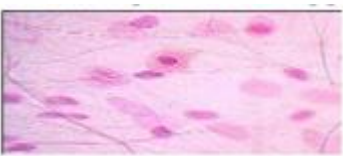

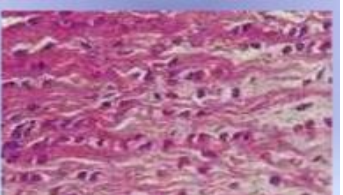
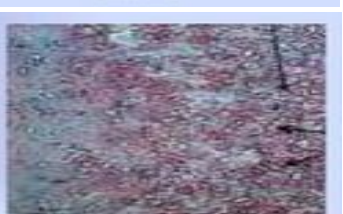
(2) Epitel kelenjar

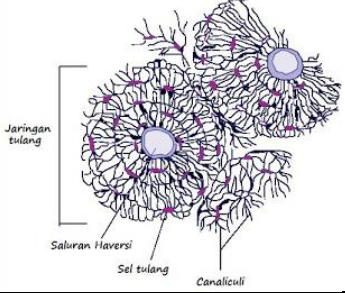
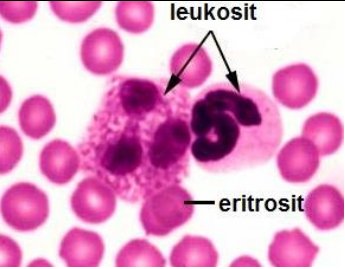
Epitel kelenjar adalah jaringan yang terbentuk dari sel-sel yang terspesialisasi untuk memproduksi sekret (getah cair). Molekul yang disekresikan biasanya disimpan di dalam sel, tepatnya di dalam vakuola sekresi. Sel-sel epitel kelenjar dapat mensekresikan protein (pankreas), lemak (anak ginjal dan kelenjar minyak rambut), atau kompleks karbohidrat dan protein (kelenjar air liur).

C. JARINGAN PENYOKONG

Jaringan penyokong berfungsi untuk mengikat dan menyokong jaringan lain. Berlawanan dengan jaringan epitel, sel jaringan penyokong terkemas rapat. Jaringan penyokong memiliki kumpulan sel-sel yang jarang, yang tersebar dalam suatu matriks ekstraseluler. Matriks tersebut umumnya terdiri atas suatu anyaman serat yang tertanam dalam suatu dasar (fondasi) yang seragam yang dapat berupa cairan, seperti agar, atau padatan. Macam jaringan penyokong dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.3. Macam Jaringan Penyokong

Nama Jaringan	Nama Sel	Matrik	Gambar
Adiposa	Adiposit	Lemak	
Ikat padat (ligamen dan tendon)	Fibrosit	Serat kolagen	
Ikat longgar (fascia)	Fibrosit	Serat kolagen Serat elastis Serat retikuler	
Tulang rawan Hialin Fibrosa Elastis	Kondrosit	Kondrin	 <p style="text-align: center;">Hialin</p>  <p style="text-align: center;">Fibrosa</p>  <p style="text-align: center;">Elastis</p>

Tulang keras	Osteosit	<ul style="list-style-type: none"> • Kolagen • Kalsium karbonat • Kalsium phosphat 	
Darah	Eritrosit Leukosit Trombosit	Plasma	

(1) Jaringan Lemak (Adiposa)

Jaringan lemak tersusun atas sel-sel lemak yang tidak membentuk serat-serat intraseluler atau matriks, tetapi terspesialisasi untuk menimbun lemak. Jaringan lemak berasal dari sel-sel mesenkim. Jaringan ini berfungsi sebagai bantalan untuk melindungi organ-organ secara mekanis dari benturan, sebagai persediaan cadangan makanan, dan sebagai alat untuk mengatur panas dengan cara membantu menjaga suhu badan terutama pada bayi yang baru saja dilahirkan. Jaringan lemak terdapat pada seluruh bagian tubuh, yaitu di bawah kulit di sekitar persendian, serta di organ bagian dalam seperti ginjal dan jantung.

(2) Jaringan ikat padat

Jaringan ikat padat memiliki ciri susunan serat yang padat dan jumlah selnya berkurang. Jaringan ini didominasi oleh serat kolagen tersebut terdapat sel fibroblast. Sifat jaringan ikat padat adalah tidak elastis. Jaringan ikat padat berfungsi sebagai menghubungkan antara organ tubuh yang satu dengan tubuh yang lainnya.

(3) Jaringan Tulang Rawan

Bahan jaringan tulang rawan mengandung suatu kompleks protein dan karbohidrat yang dikenal sebagai *kondromukoid*. Sel tulang rawan disebut *kondrosit* berfungsi untuk mensintesis matriks. Berdasarkan kandungan senyawa matriksnya, jaringan tulang rawan dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut :

- a) Tulang rawan Hialin
- b) Tulang rawan Elastis
- c) Tulang rawan Fibrosa

Tabel 4.4. Perbedaan Tulang Rawan Hialin, Elastin dan Fibrosa

PERBEDAAN	HIALIN	ELASTIN	FIBROSA
Warna	putih-biru (transparan)	kuning	gelap keruh
Serat Dominan	elastik	elastik	kolagen
Elastisitas	tinggi	tinggi	rendah
Letak	sendi, saluran pernafasan, ujung tulang rusuk	telinga, laring, epiglottis	antar ruas tulang belakang

(4) Jaringan Darah

Jaringan darah dapat disebut sebagai jaringan ikat yang terspesialisasi yang dibentuk dari sel-sel bebas dan suatu matrik plasma. Sel-sel darah berkembang lalu masuk ke dalam aliran darah sebagai sel-sel yang sepenuhnya telah terbentuk. Jaringan darah berfungsi sebagai membawa sari-sari makanan, hormon, oksigen, dan sisa-sisa hasil metabolisme, serta mencegah infeksi. Jaringan darah terdiri dari eritrosit, leukosit, trombosit, dan plasma.

a) Eritrosit (sel darah merah)

Eritrosit berbentuk seperti lempengan bikonkaf (cekung ganda) dengan diameter kurang lebih 8 μm . Eritrosit tidak memiliki inti sel (nucleus). Sitoplasma eritrosit mengandung protein yang disebut hemoglobin. Hemoglobin berikatan dengan oksigen akan membentuk oksihemoglobin. Apabila kandungan oksigen suatu jaringan tubuh lebih rendah dari pada kandungan oksigen dalam paru- paru, oksihemoglobin akan pecah sehingga oksigen dibebaskan untuk digunakan dalam proses metabolisme sel. Hemoglobin juga berperan penting untuk mengangkut karbon dioksida dari jaringan ke paru - paru.

b) Leukosit (sel darah putih)

Leukosit memiliki sebuah nucleus dan tidak mengandung hemoglobin. Gerakan yang dilakukan leukosit adalah gerakan amuboid. Berdasarkan granula (butiran- butiran) dalam sitoplasmanya, leukosit terbagi menjadi dua jenis yaitu :

- Granulosit merupakan leukosit yang memiliki protein granula di dalam sitoplasmanya. Granulosit menyusun 60 – 70 % dari keseluruhan leukosit. Granula terdiri dari neutrofil, eosinofil, basofil.
- Agranulosit merupakan leukosit yang tidak memiliki granula di dalam sitoplasmanya. Agranulosit terdiri dari limfosit dan monosit.

c) Trombosit (keping darah)

Trombosit berbentuk lempengan dengan diameter 2-4 μm . Di dalam trombosit banyak terdapat granula, namun tidak terdapat nucleus. Trombosit membantu penghentian keluarnya darah akibat kerusakan pada pembuluh darah.

d) Plasma

Bagian darah yang cair serta mengandung larutan elektrolit dan protein disebut plasma. Protein plasma terdiri dari albumin, globulin dan fibrinogen. Selain itu, plasma juga mengandung sejumlah bahan terlarut, seperti zat makanan, hormone, dan faktor-faktor pembeku darah.

D. JARINGAN OTOT

Jaringan otot tersusun dari sel-sel yang dapat berkontraksi sehingga mampu melakukan pergerakan pada berbagai bagian tubuh. sel otot dapat berkontraksi karena mengandung protein kontraktif yang disebut *miofibril*. Miofibril tersusun dari *aktin* dan *miosin*. Sel tersebut dikelilingi suatu lapisan yang disebut *sarkolema*. Jaringan otot dibagi menjadi tiga macam, yaitu otot polos, otot rangka (lurik), dan otot jantung.

Tabel 4.5. Jenis Jaringan Otot

Jenis Jaringan	Ciri-ciri	Fungsi	Letak
Otot polos	<ul style="list-style-type: none">• bentuk sel memanjang dengan ujung meruncing.• Berinti satu di tengah.• Miofibril tidak berwarna (polos)• Merupakan otot tak sadar (otot involunter)• Reaksi terhadap rangsang lambat.	<ul style="list-style-type: none">• Melangsungkan gerakan di luar kehendak; contohnya gerak zat/makanan pada saluran pencernaan.• Mengontrol diameter pembuluh darah dan biji mata.	<ul style="list-style-type: none">• Saluran pencernaan, saluran pernapasan.• Pembuluh darah, dan pembuluh limfe.

Otot Lurik	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk sel silindris relatif panjang • Berinti banyak terletak di inti. • Berabut myofibril berwarna gelap dan terang. • Bekerja di bawah kehendak (otot volunter) • Reaksi terhadap rangsang cepat. • Mudah lelah. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagai alat gerak aktif. • Berkonsentrasi secara cepat dan kuat untuk menggerakkan tulang dan tubuh. 	Melekat pada rangka (tendon)
Otot Jantung	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk silindris, relatif panjang • Susunan seperti otot lurik. • Berinti satu atau dua di tengah. • Bekerja tidak di bawah kehendak (otot tidak sadar) dipengaruhi saraf otonom. • Kontraksi secara otomatis. • Reaksi terhadap rangsang lambat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menyebabkan jantung menguncup dan mengembang sehingga darah terpompa. 	Dinding jantung

E. JARINGAN SARAF

Jaringan saraf merupakan jaringan yang berperan mengirimkan sinyal-sinyal ke seluruh tubuh. jaringan tersebut disusun oleh sel-sel saraf atau neuron yang dapat kita temukan di otak, urat saraf, dan tulang belakang. Neuron memiliki beberapa bagian,yaitu dendrit, badan sel, dan akson. Dendrit yaitu penjurulan ke arah luar badan sel yang berperan sebagai penerima sinyal untuk di antarkan inti sel ke badan sel. Badan sel yaitu bagian utama neuron yang memiliki inti sel. Akson (neurit), merupakan penjurulan badan sel yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal-sinyal dari badan sel ke akson pada badan sel neuron yang lainnya.

Berdasarkan fungsinya, neuron dibedakan menjadi dua macam,yaitu neuron sensorik dan neuron motorik. Neuron sensorik berfungsi untuk menerima sinyal dari lingkungan dan mengirim ke saraf pusat (otak atau sumsum tulang belakang). Neuron motorik berfungsi untuk mengirim sinyal dari saraf pusat menuju organ lainnya di dalam tubuh.

Ciri-ciri jaringan saraf

- Jaringan ini tersusun oleh sel-sel saraf (neuron)
- Sel saraf terdiri dari bagian-bagian yang disebut: dendrite,neurit,dan badan sel
- Berfungsi sebagai koordinasi aktivitas tubuh

F. ORGAN HEWAN

Organ hewan merupakan kumpulan bermacam-macam jaringan untuk melakukan fungsi tertentu di dalam tubuh. misalnya, organ kulit yang terdiri atas jaringan ikat, epitel, otot, pembuluh darah, dan saraf. Berdasarkan letaknya organ hewan dapat dibedakan menjadi dua

macam, yaitu organ dalam dan organ luar. Contoh organ dalam adalah paru-paru, jantung, lambung, limpa, hati, pankreas, dan usus, sedangkan organ luar adalah kulit, telinga, mata dan hidung.

G. SISTEM ORGAN HEWAN

Sistem organ adalah gabungan dari berbagai organ yang melakukan fungsi tertentu di dalam tubuh. setiap organ memegang peranan yang sama penting dalam menjalankan fungsinya. Sistem organ dalam tubuh manusia adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6. Sistem Organ pada Manusia

Sistem organ	Komponen utama	Fungsi utama
Pencernaan	Mulut, faring, esofagus, lambung, usus halus, hati, pankreas, anus	Pengolahan makanan (oelanan. Pencernaan, penyerapan, pembuangan)
Sirkulasi	Jantung, pembuluh darah, darah	Distribusi internal bahan-bahan
Respirasi	Paru-paru, trakea, pipa pernapasan lain	Pertukaran gas (pengambilan oksigen; pembuangan karbon dioksida)
Kekebalan dan limfatik	Sumsum tulang, nodus limfa, timus, limfa, pembuluh limfa, sel darah putih	Pertahanan tubuh (perlawanan terhadap infeksi dan kanker)
Ekskresi	Ginjal, ureter, kandung kemih, uretra	Pembuangan sisa metabolisme; pengaturan keseimbangan osmotik darah
Endokrin	Pituitari(hipofisis), tiroid pankreas, kelenjar penghasil hormon lain	Koordinasi aktivitas tubuh (misalnya pencernaan, metabolisme)
Reproduksi	Ovarium, testis, dan organ-organ terkait	Reproduksi
Saraf	Otak, sumsum tulang belakang, saraf dan organ sensoris	Koordinasi aktivitas tubuh; deteksi stimulus dan formulasi atau penentuan respons terhadap stimulus
Integumen	Kulit dan aksesorisnya (misalnya rambut, kuku, dan	Perlindungan terhadap cederamekanis, infeksi,

	kelenjar kulit)	pengeringan)
Kerangka	Kerangka (tulang sejati, tendon, ligamen, tulang rawan)	Memberi bentuk tubuh, melindungi organ-organ yang lunak dalam tubuh, tempat menyimpan cadangan mineral, tempat pembentukan sel-sel darah, dan sebagai alat gerak pasif
Otot	Otot rangka	Membantu pergerakan tubuh (alat gerak aktif), menentukan postur tubuh, dan tempat menyimpan senyawa cadangan berupa glikogen.

RANGKUMAN

Jaringan adalah kumpulan sel sejenis yang memiliki struktur dan fungsi yang sama untuk membentuk suatu organ. Jenis jaringan yang umumnya dimiliki oleh hewan kecuali hewan yang paling sederhana ada empat macam, yaitu jaringan saraf, jaringan epitel, jaringan otot, dan jaringan ikat.

Jaringan epitel berfungsi untuk melapisi permukaan jaringan atau rongga tubuh dan sekresi bahan-bahan kelenjar. Jaringan penyokong berfungsi sebagai penyokong dan pelindung organ. Macam dari jaringan penyokong adalah adiposa, jaringan ikat, tulang, darah. Jaringan otot berfungsi sebagai alat gerak aktif. Jaringan saraf berfungsi untuk menyampaikan impuls/rangsang.

PERTANYAAN

1. Jelaskan jenis jaringan epitel berdasarkan bentuk dan lapisannya!
2. Jelaskan macam dan fungsi jaringan penyokong!
3. Jelaskan jenis sel darah dan fungsinya!

4. Analisislah perbedaan sel otot lurik, otot jantung dan otot polos !
5. Jelaskan ciri-ciri jaringan saraf!

SOAL “HOTS”

Diskusikanlah dengan kelompokmu, dengan mengobservasi macam-macam jaringan pada tikus dan ikan!

BAB 5

STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN TUMBUHAN

Pengetahuan tentang tumbuhan setidaknya pernah anda pelajari sewaktu anda belajar dibangku sekolah sebelumnya. Struktur organisasi adalah bagian pembentuk susunan dibawahnya yang membangun suatu organisasi. Pernahkah saudara mendengar organisasi? Tentunya Anda pernah mendengarnya bukan? Ya, benar.. organisasi merupakan suatu kelompok yang tergabung dalam suatu wadah untuk tujuan yang sama. Sehingga struktur organisasi tubuh tumbuhan ini mempelajari hal-hal unik di dalam suatu tumbuhan.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah :

1. Mendeskripsikan dengan **teliti** konsep struktur dan fungsi jaringan tumbuhan
2. Mendeskripsikan dengan **teliti** organ dan sistem organ pada tumbuhan
3. Menganalisis keterkaitan hubungan antara konsep struktur dan fungsi jaringan tumbuhan dengan **cermat** dan **teliti**
4. Mendeskripsikan penyakit pada tumbuhan dengan **cerdas**

Topik Pembelajaran :

- A. Struktur dan Fungsi Jaringan Tumbuhan
- B. Jaringan Meristem (Jaringan Embrional)
- C. Jaringan Permanen (Jaringan Dewasa)
- D. Organ dan Sistem Organ pada Tumbuhan
- E. Penyakit pada Tumbuhan

Pembelajaran pada materi ini sangat menarik untuk ditelaah. Sasaran dan target setelah mempelajari bab ini adalah saudara diharapkan mampu memahami dan menganalisis gejala-gejala hidup pada suatu tanaman dengan indikator yang tepat dan sesuai peruntukannya.

A. STRUKTUR DAN FUNGSI JARINGAN TUMBUHAN

Tubuh tumbuhan dan hewan terdiri dari ratusan sampai ratusan triliunan sel, kecuali tubuh paling sederhana, sel terorganisasi menjadi jaringan, organ, dan system organ yang setiapnya dapat melakukan fungsi tertentu. Suatu jaringan terdiri dari satu atau lebih jenis sel dan sering kali suatu matriks ekstraseluler secara kolektif menjalankan fungsi tertentu. Contohnya, jaringan saraf. Jaringan tumbuhan berdasarkan sifatnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu jaringan meristem dan jaringan permanen.

B. JARINGAN MERISTEM (JARINGAN EMBRIONAL)

Jaringan Meristem terdiri atas kumpulan sel muda yang terus membelah menghasilkan jaringan yang lain. Jaringan meristem memiliki fungsi sebagai jaringan embrionik, yang membentuk sel-sel baru yang akan berdiferensiasi menjadi jaringan lain. Ciri-ciri sel penyusun jaringan meristem sebagai berikut :

- ✓ Aktif membelah dan belum mengalami diferensiasi.
- ✓ Berukuran kecil dan berdinding tipis.
- ✓ Memiliki nucleus relative kecil, bervakuola kecil, dan mengandung banyak sitoplasma.
- ✓ Berbentuk kuboid atau prismatic.

Berdasarkan **letaknya**, meristem dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

(1) Meristem apikal

Merupakan meristem yang terletak diujung batang dan diujung akar. Pertumbuhan meristem apical menyebabkan penambahan panjang

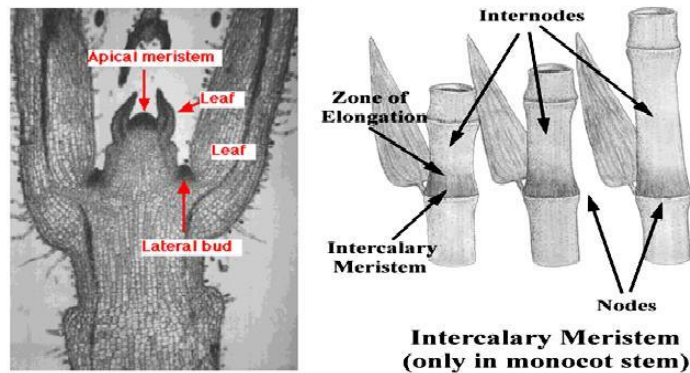
tumbuhan, baik ke arah atas pada apical batang ataupun ke arah bawah pada apical akar.

(2) Meristem interkalar

Meristem ini terletak di antara jaringan dewasa, yakni pada ruas batang. Meristem ini berfungsi untuk pemanjangan ruas batang.

(3) Meristem lateral

Disebut pula dengan meristem samping. Yang termasuk dalam meristem lateral adalah cambium pembuluh dan cambium gabus. Meristem lateral memiliki fungsi dalam pembesaran pada bagian batang dan akar.



Gambar 5.1. Meristem Apikal dan Meristem Interkalar

Berdasarkan asal pembentukannya, meristem dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

(1) Meristem primer

Jaringan meristem yang pertama kali dibentuk langsung oleh sel-sel embrionik pada saat proses perkecambahan. Meristem ini berfungsi sebagai titik pertumbuhan primer, yaitu pertumbuhan ukuran tumbuhan.

(2) Meristem sekunder

Jaringan meristem yang berkembang dari jaringan meristem primer yang telah mengalami diferensiasi. Meristem ini berperan dalam pertumbuhan sekunder tumbuhan, yaitu penambahan diameter batang dan akar.

C. JARINGAN PERMANEN (JARINGAN DEWASA)

Terdiri atas sel-sel yang sudah tidak membelah dan telah mengalami diferensiasi. Jaringan dewasa meliputi jaringan pelindung, jaringan dasar, jaringan penguat, dan jaringan pengangkut.

(1) Jaringan Epidermis (Pelindung)

Jaringan pelindung berfungsi melindungi tumbuhan dari pengaruh luar yang merugikan. Jaringan pelindung pada tumbuhan berupa jaringan epidermis. Beberapa ciri jaringan epidermis tumbuhan sebagai berikut :

- ✓ Terdiri atas satu lapis sel.
- ✓ Tersusun atas sel-sel hidup.
- ✓ Memiliki beragam bentuk.
- ✓ Tidak memiliki klorofil.

Mengalami modifikasi membentuk derivat jaringan epidermis, misalnya stomata, spina (duri), filamen, sel kipas, sel kersik (sel silika), dan trikomata (rambut-rambut). Dinding sel jaringan epidermis bagian luar yang berbatasan dengan udara mengalami penebalan, sedangkan dinding sel jaringan epidermis bagian dalam yang berbatasan dengan jaringan lain tetap tipis. Apabila jaringan epidermis rusak, fungsinya digantikan oleh jaringan gabus. Jaringan gabus dibedakan menjadi tiga macam, yaitu eksodermis, endodermis, dan peridermis.

(2) Jaringan Dasar (Parenkim)

Parenkim disebut jaringan dasar karena terletak hampir disemua bagian tubuh tumbuhan. Ciri-ciri sel penyusun jaringan parenkim sebagai berikut:

- ✓ Selnya bersegi banyak.
- ✓ Dinding sel tipis dan mempunyai vakuola yang besar untuk menyimpan makanan cadangan.
- ✓ Terdiri dari sel-sel hidup.
- ✓ Mempunyai banyak ruang antar sel (untuk pertukaran gas) .
- ✓ Dapat bersifat meristematis karena dapat membelah diri untuk memperbaiki jaringan yang rusak.

Berdasarkan **fungsinya**, jaringan parenkim dibedakan menjadi 5 macam sebagai berikut:

- a) ***Parenkim asimilasi (klorenkim)***, jaringan parenkim yang mengandung klorofil (untuk fotosintesis). Contoh parenkim palisade dan parenkim spons pada daun.
- b) ***Parenkim penimbun***, jaringan parenkim ini dapat menyimpan makanan cadangan dalam bentuk yang berbeda-beda, misalnya sebagai larutan didalam vakuola dan dalam bentuk partikel padat atau cairan di sitoplasma.
- c) ***Parenkim air***, jaringan parenkim yang mampu menyimpan air.
- d) ***Parenkim udara (aerenkim)***, jaringan parenkim yang mampu menyimpan udara. Contoh parenkim pada batang teratai (untuk mengapung).
- e) ***Parenkim pengangkut***, jaringan parenkim ini terdapat disekitar jaringan pengangkut (floem dan xilem). Sel-selnya berbentuk memanjang sesuai arah pengangkutnya.

Berdasar **bentuknya**, jaringan parenkim dibedakan menjadi 4 macam seperti berikut:

- a) *Parenkim palisade*, jaringan parenkim ini menyusun mesofil daun yang sel-sel penyusunnya berbentuk silindris atau memanjang, tegak, dan mengandung kloroplas.
- b) *Parenkim bunga karang*, jaringan parenkim ini menyusun mesofil daun yang sel-sel penyusunnya memiliki bentuk dan ukuran yang tidak teratur dengan ruang antarsel relatif lebih besar.
- c) *Parenkim lipatan*, jaringan parenkim ini memiliki dinding sel yang mengalami lipatan kearah dalam serta mengandung banyak kloroplas.
- d) *Parenkim bintang*, jaringan parenkim ini berbentuk seperti bintang dan bersambungan pada ujung-ujungnya.

(3) Jaringan Penguat

Jaringan penguat dalam tumbuhan berfungsi untuk menyokong atau menguatkan bagian tubuh tumbuhan. Berdasarkan bentuk dan sifatnya, jaringan penguat dibedakan menjadi jaringan kolenkim dan sklerenkim.

a) Jaringan Kolenkim

Ciri-ciri jaringan kolenkim :

- ✓ Penguat utama organ-organ tumbuhan yang masih aktif mengadakan pertumbuhan dan perkembangan.
- ✓ Umumnya terletak di bawah epidermis batang, tangkai daun, tangkai bunga, ibu tulang daun.
- ✓ Dinding selnya tidak mengandung lignin tetapi mengandung selulosa, pectin dan hemiselulosa.
- ✓ Sel-sel kolenkim mengalami penebalan pada sudut dinding selnya.

b) Jaringan Sklerenkim

Ciri-ciri jaringan sklerenkim :

- ✓ Hanya terdapat pada jaringan tumbuhan yang tidak lagi mengadakan pertumbuhan dan perkembangan.
- ✓ Terdiri atas sel-sel mati.
- ✓ Dinding sel sangat tebal dan kuat karena mengandung lignin.
- ✓ Ada yang berbentuk benang panjang dan ada pula yang kecil tidak beraturan.

(4) Jaringan Pengangkut

Jaringan ini mempunyai peran untuk melaksanakan fungsi transpor atau pengangkutan zat. Berdasarkan bentuk dan sifatnya, jaringan pengangkut dibedakan menjadi jaringan floem dan xilem.

a) Pembuluh tapis (Floem)

Floem berfungsi mengangkut dan mengedarkan zat-zat makanan hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Floem terdiri atas unsur-unsur kibril (sel-sel tapis dan komponen buluh tapis).

b) Pembuluh kayu (Xilem)

Xilem berfungsi mengangkut air dan unsure hara dari akar ke daun. Xilem terdiri atas unsur trakeal (trakea dan trakeid), serabut xilem, serta parenkim xilem.

D. ORGAN DAN SISTEM ORGAN PADA TUMBUHAN

Organ adalah kumpulan beberapa macam jaringan yang bekerja sama untuk melakukan tugas tertentu. Organ tersusun atas jaringan-jaringan yang berbeda. Struktur organ pada organisme berbeda-beda. Semakin tinggi tingkat organisme, semakin sempurna dan kompleks organnya. Gabungan dari organ-organ ini selanjutnya bergabung menjadi satu membentuk sistem organ.

(1) Akar

Akar merupakan bagian tumbuhan berbiji yang berada di dalam tanah, berwarna putih dan bentuknya meruncing sehingga lebih mudah menembus tanah. Akar berasal dari akar lembaga (radix) yang terdapat di biji tumbuhan. Akar berkembang dari meristem apikal ujung akar yang dilindungi oleh tudung akar (kaliptra) yang berfungsi untuk melindungi ujung akar sewaktu menembus tanah.

Pada akar, pertumbuhan sekundernya sangat bervariasi. Kebanyakan akar tumbuhan monokotil serta tumbuhan dikotil yang berbentuk perdu atau cabang akar tumbuhan dikotil berbentuk pohon atau Gymnospermae tidak mengadakan pertumbuhan sekunder. Dengan demikian, korteks susunannya tetap, akar yang tua membentuk eksodermis sebagai penguat dan endodermis berada pada fase tertier. Tumbuhan yang akarnya mengalami pertumbuhan sekunder hanya terdapat pada akar tunggang tumbuhan dikotil, akibat aktivitas kambium vaskuler sehingga garis tengahnya membesar. Perkembangan kambium itu selanjutnya menghasilkan xilem sekunder dan floem sekunder. Setelah kambium mengadakan pertumbuhan sekunder, maka akan terbentuk kambium gabus pada korteks. Kambium gabus ini membentuk jaringan gabus ke arah luar yang makin lama semakin banyak lapisannya. Sehingga jaringan di luar lapisan gabus tersebut tidak lagi memperoleh sumber tenaga dan jaringan tersebut termasuk epidermis akar akan terkelupas.

a) Anatomi akar

Pada akar, struktur anatominya dapat dilihat dengan mikroskop setelah memotongnya secara melintang ataupun membujur.

Berikut bagian-bagian dari anatomi akar :

✓ **Epidermis**

Dalam struktur anatomi akar, epidermis merupakan bagian terluar yang asalnya dari protoderm. Sel epidermis akar memiliki dinding yang tipis, tersusun rapat dan tidak memiliki kutikula sehingga membuatnya mudah ditembus air. Pada bagian epidermis tumbuhlah rambut-rambut akar hasil darimodifikasi dari xilem yang mempunyai fungsi untuk pengambilan air dan garam mineral. Pertumbuhan rambut-rambut akar menyebabkan permukaan akar lebih luas sehingga proses penyerapan lebih efisien.

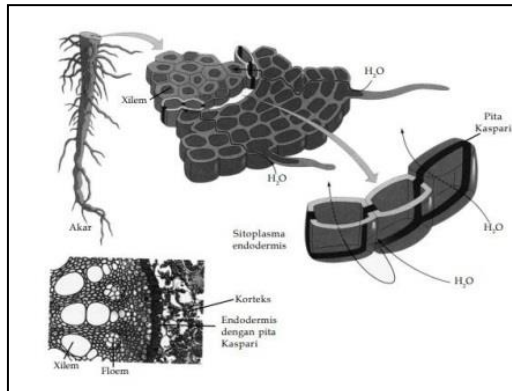
✓ **Korteks**

Korteks disusun oleh jaringan parenkim yang fungsinya sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Dalam sel-sel korteks terdapat cadangan makanan berupa amilum dan substansi lain. Korteks terdiri atas beberapa sel yang berdinding tipis dan tidak rapat, juga terdapat ruang antar sel untuk pertukaran gas. Sel-sel korteks berbentuk relatif bulat (isodiametris) dengan ruang interseluler yang jelas. Air dan garam-garam mineral yang masuk melalui bulu akar akan melewati sel-sel korteks melalui ruang-ruang interseluler yang disebut dengan peristiwa transportasi ekstraseluler secara apoplas.

✓ **Endodermis**

Endodermis merupakan selapis sel yang memisahkan korteks dan silinder pusat. Dinding sel endodermis mengalami penebalan lignin dan suberin di bagian dalam, sehingga tidak dapat ditembus air dan larutan hara, kecuali sel-sel tertentu yang disebut sel peresap. Dalam pengamatan potongan melintang satu sel endodermis dengan penebalan suberin tampak sesuatu seperti titik yang disebut titik Caspary (Kaspari). Deretan titik Caspary

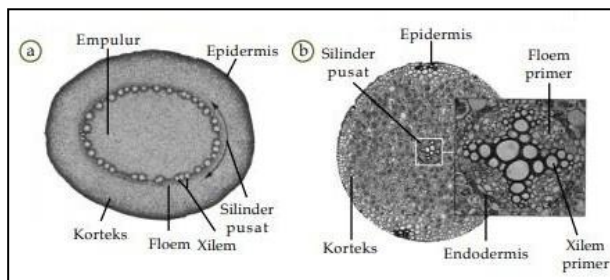
membentuk pita Caspary. Endodermis berfungsi mengatur lalu lintas zat ke dalam pembuluh akar.



Gambar 5.2. Pita Kaspari pada Lapisan Endodermis

✓ **Silinder Pusat**

Silinder pusat terletak di sebelah dalam endodermis. terdapat berkas pengangkut serta jaringan-jaringan lainnya pada silinder pusat yang terdiri dari xilem dan floem yang tersusun teratur membentuk jari-jari atau radial. Pada tumbuhan dikotil, antara xilem dan floem terdapat kambium. Aktivitas kambium ke arah luar membentuk unsur kulit, sedangkan ke arah dalam membentuk unsur kayu. Dilapisan terluar dari silinder pusat terdapat perisikel atau perikambium. Aktivitas perisikel membentuk cabang-cabang akar. Pada akar tumbuhan monokotil, letak xilem dan floem berselang-seling membentuk lingkaran. Pada akar dikotil, xilem berbentuk bintang dan berada di pusat akar, sedangkan floem mengelilingi xylem.



Gambar 5.3. Penampang Melintang Akar (a) Monokotil; (b) Dikotil

b) Fungsi Akar

Akar sejatinya memiliki fungsi :

- Mengokohkan tegaknya tumbuhan itu sendiri.
- Menyerap air dan garam mineral serta mengalirkannya ke batang dan daun.
- Menyimpan cadangan makanan.
- Alat reproduksi (beberapa tumbuhan tertentu)

Pada tumbuhan yang berimpang, seperti jahe, kunyit serta tanaman lain seperti sukun, bagian akar dapat tumbuh tunas yang dapat menjadi tumbuhan baru.

- Akar nafas (beberapa tumbuhan tertentu)

Tumbuhan tertentu lainnya juga menggunakan akar untuk bernafas, seperti pada tumbuhan bakau.

(2) Batang

Batang terdiri atas tiga sistem jaringan, yaitu dermal, fundamental dan vaskuler. Pada tumbuhan konifer (pinus dan sebangsanya) dan tumbuhan dikotil, sistem vaskuler pada ruas batang berupa silinder dan baik di sebelah luarnya maupun sebelah dalamnya terdapat jaringan dasar korteks dan empulur. Berkas-berkas pengangkut pada sistem vaskuler satu sama lain dipisahkan oleh parenkim interfasikuler, yang menghubungkan empulur dengan korteks. Jaringan dikatakan intterfasikuler karena terletak diantara berkas-berkas pengangkut. Jaringan ini juga disebut jari-jari empulur.

Pada batang paku-pakuan, beberapa tumbuhan dikotil berbentuk herba dan kebanyakan tumbuhan monokoyil memiliki susunan jaringan pengangkut yang kompleks. Jika dilihat penampang lintangnya, berkas pengangkutnya mungkin tersusun dalam beberapa lingkaran mungkin tersebar diseluruh penampang. jika berkas-berkas pengangkut tidak

tersusun dalam suatu lingkaran pada penampang lintang ruas batang, batas dan beda jaringan dasar pada korteks dan empulur tidak tegas atau tidak ada.

a) Anatomi batang

✓ **Epidermis**

Epidermis adalah jaringan yang hidup, sel-selnya memiliki daya untuk membelah-belah. Sifat ini penting karena epidermis harus mengimbangi bertambah besarnya batang karena adanya pertumbuhan menebal primer dan sekunder. Sel-sel epidermis mengimbangi pertumbuhan ini dengan pembesaran ke arah tangensial dan pembelahan radial. Tetap adanya aktivitas mitotik pada epidermis batang sangat menarik pada jenis-jenis tumbuhan dengan pembentukan periderm yang sangat terlambat.

✓ **Korteks**

Korteks batang disusun oleh parenkim yang mengandung kloroplas. Ruang antar sel sangat nyata namun kadang terbatas pada parenkim yang terletak di bagian tengah korteks. Pada kebanyakan tumbuhan Angiospermae yang akuatik korteks berkembang sebagai aerenkim dengan ruang-ruang antar sel yang lebar. Dalam berbagai tumbuhan, bagian luar batang tidak dikuatkan oleh kolenkim melainkan sklerenkim, terutama pada rumput-rumputan. Tumbuhan konifer umumnya juga tidak memiliki jaringan penguat pada korteksnya.

✓ **Stele**

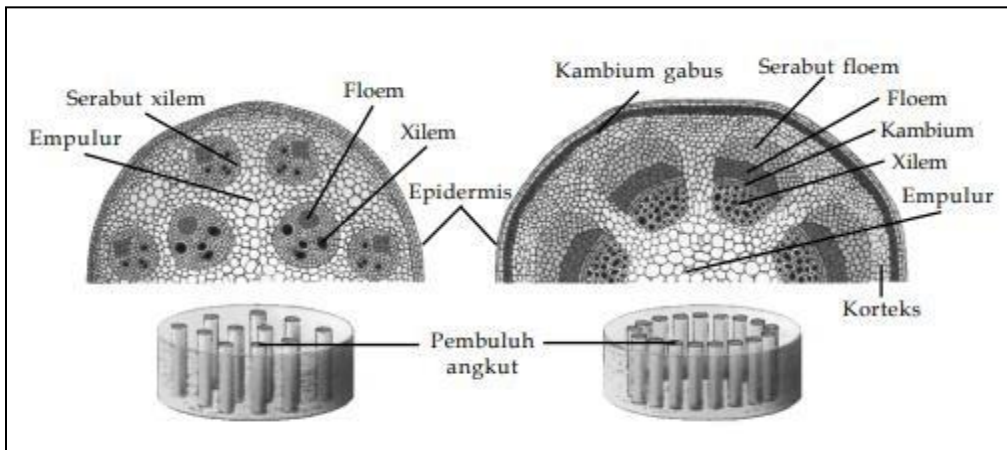
Stele terdiri atas jaringan pengangkut, empulur dan perikambium serta jari-jari kambium untuk golongan tumbuhan tertentu. Pada berkas-berkas pengangkut, letak floem terhadap xilem bervariasi. Jika xilem berdampingan dengan floem, xilem di sebelah dalam dan floem berada di luar maka disebut tipe kolateral. Floem dan xilem yang dipisahkan oleh kambium dinamakan tipe kolateral

terbuka, kambium diantara kedua pembuluh tersebut dinamakan kambium vasikuler (tumbuhan dikotil). Pada tanaman monokotil, bertipe kolateral tertutup, tidak ada kambium diantara xilem dan floem.

Empulur pada batang mengandung kristal, minyak, atau bahan lain dan juga sklereid. Jika batang mengandung saluran-saluran getah, saluran semacam itu juga mungkin terdapat di dalam empulur. Empulur memiliki ruang-ruang antar sel yang nyata. Bagian perifer empulur berbeda dengan bagian tengah, karena adanya sel-sel yang lebih kompak dan relatif kecil dan umumnya lebih lama. Daerah perifer empulur yang berbeda dengan bagian tengah disebut daerah perimeduler atau sarung medular karena empulur juga disebut medulla.

Perikambium atau perisikel pada batang merupakan jaringan yang disusun oleh beberapa lapisan sel untuk melindungi jaringan vaskuler. Perikambium dibatasi oleh floem primer di sebelah dalamnya dan endodermis di sebelah luarnya. Perikambium disusun oleh parenkim.

Jari-jari empulur pada stele adalah berupa pita radier yang terdiri atas sel-sel yang berderet-deret. Jaringan ini disebut jari-jari empulur karena posisi serta sifatnya yang parenkimatik menunjukkan seakan-akan bagian empulur yang meluas radial. Fungsinya untuk melangsungkan pengaliran makanan ke arah radial.



Gambar 5. 4. Penampang Melintang Batang Monokotil dan Dikotil

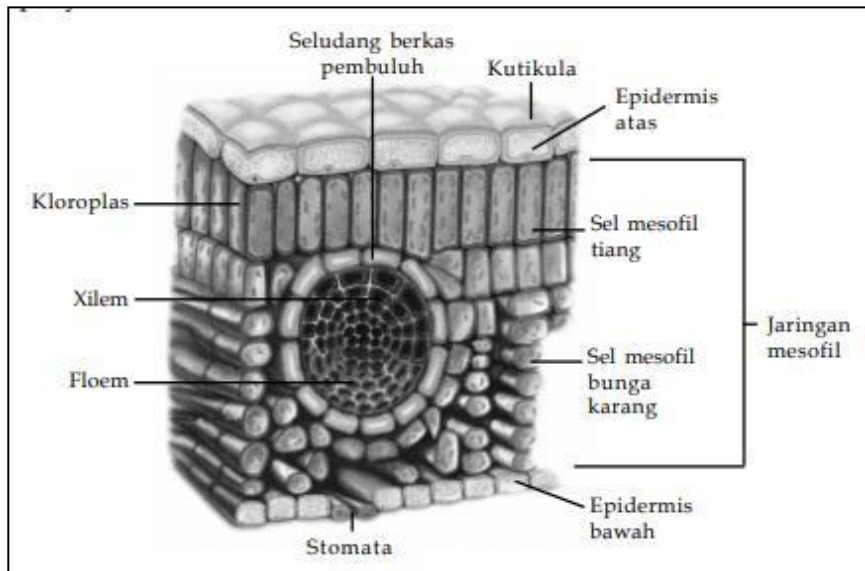
b) Fungsi Batang

Batang tumbuhan berfungsi :

- ✓ Menyalurkan air dan garam mineral dari akar ke daun dan zat makanan dari daun ke seluruh bagian tubuh.
- ✓ Mengarahkan tumbuhan agar mendapatkan cahaya matahari yang cukup, tempat penimbunan cadangan makanan juga tempat melekatnya daun, bunga, dan buah.
- ✓ Sebagai alat transportasi dan penyokong, mengandung klorofil untuk Fotosintesis dan jaringan pembuluh pengangkut pada batang merupakan lanjutan dari akar dan daun

(3) Daun

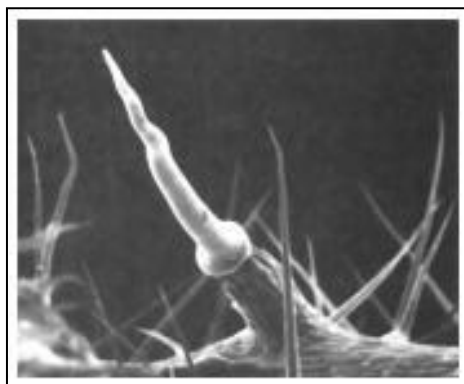
Daun adalah organ tumbuhan yang memiliki fungsi utama untuk membuat makanan melalui proses fotosintesis. Selain itu, daun juga berfungsi sebagai tempat pengeluaran air dengan cara penguapan dan respirasi. Secara morfologi, daun terdiri dari helaian daun (lamina), tangkai daun (petiolus), dan pelepah daun (folius).



Gambar 5.5. Penampang Melintang Daun

Struktur yang terdapat pada lapisan daun yaitu sebagai berikut:

- Epidermis atas, terkadang dilapisi oleh kutikula.
- Jaringan palisade parenkim, mengandung banyak klorofil.
- Berkas pembuluh, terdapat xilem dan floem.
- Jaringan spons parenkim, mengandung sedikit klorofil.
- Epidermis bawah, terdapat stomata.



Gambar 5.6. Epidermis Daun

(4) Bunga

Bunga adalah alat reproduksi yang terdapat pada tumbuhan. Bunga memiliki beberapa bagian, yaitu :

- Kelopak bunga, umumnya memiliki warna hijau. Fungsi kelopak bunga adalah untuk membungkus dan melindungi kuncup bunga sebelum mekar
- Mahkota bunga, memiliki warna yang cerah. Fungsi mahkota bunga yaitu untuk menarik serangga datang dan menyerbuki bunga
- Benang sari, merupakan alat kelamin jantan pada tumbuhan. Jika serbuk sari masuk ke putik, maka akan terjadi pembuahan.
- Putik, adalah alat kelamin betina pada tumbuhan.

(5) Buah

Buah memiliki aneka bentuk, warna, juga rasa. Buah dan biji merupakan hasil dari perubahan pada bunga. Perubahan tersebut terjadi dalam proses perkembangbiakan atau proses tumbuhan memperbanyak dirinya. Buah berfungsi untuk melindungi biji yang merupakan bakal tumbuhan baru.

Struktur pada buah yaitu:

- Tangkai, menghubungkan buah dengan batang.
- Kulit buah, merupakan lapisan paling luar dari buah.
- Daging buah, bagian buah yang biasanya dapat dikonsumsi.
- Biji, terdapat di tengah-tengah buah dan merupakan bakal tumbuhan baru.

E. PENYAKIT PADA TUMBUHAN

(1) Penyakit yang Disebabkan Jamur

a. Penyakit Akar Bengkak pada Brassicae (kubis-kubisan)

Penyakit akar bengkak atau gada (clubroot) yang disebabkan oleh jamur *Plasmodiophora brassicae*, merupakan penyakit yang menyerang tumbuhan *Brassicae* dengan berbagai jenis seperti broccoli, sprout, kobis, kobis bunga, turnip, rutabaga, dan radish. Patogen dapat juga menyerang biji kobis (family mustard) dan marga rerumputan. Penyakit akan mengkolonisasi dahulu pada akar tumbuhan sebelum menampakan gejala. Akar terinfeksi akan membesar dan membentuk bisul-bisul yang berbeda dari yang normal baik bentuk maupun ukurannya dan tergantung pada jenis inangnya. Akar terinfeksi tak mampu menyerap air dan nutrisi, sehingga tubuh bagian atas menjadi terhambat tumbuhnya, dan daun bagian bawah menjadi kuning dan mati.

b. Penyakit Kutil (Wart) pada Umbi Kentang

Penyakit ini disebabkan oleh *Synchytriumendobioticum* yang merupakan parasit obligat yang menyerang marga Solanaceae, khususnya tanaman kentang. Gejala yang khas adalah terjadinya pembengkakan permukaan umbi yang mirip kutil bergabus, berkelompok dan pada kondisi yang parah akan mematikan tunas-tunas yang akan tumbuh pada bibit umbi.

c. Penyakit Hawar Daun (*Late Blight*) pada Tanaman Kentang

Serangan jamur *Phytophthora infestans* terutama terjadi pada daun-daun yang tua terletak pada bagian bawah dan gejala tampak pada permukaan atas dan bawah daun. Gejala yang tampak diawali dengan terbentuknya bintik-bintik kedalam tak teratur dan berwarna hitam keabu-abuan. Pada tahap selanjutnya bintik-bintik ini akan meluas.

d. Penyakit Embun Palsu (*Downy Mildew*) pada Tanaman Anggur

Gejala yang tampak dari penyakit ini adalah timbulnya garis-garis hijau muda pada permukaan atas daun dan setelah itu warna putih muncul pada permukaan bawah daun. Selanjutnya, bagian-bagian yang terserang penyakit akan mengering, sehingga daun mengeriting dan gugur. Penyebab penyakit ini adalah jamur *Plasmopara viticola*.

e. Penyakit Busuk Lunak (*Soft Rot*) pada Papaya

Gejala awal yang Nampak dari serangan busuk lunak pada buah adalah berupa busuk basah dan lunak bila disentuh yang kemudian menyebabkan daging buahnya hancur. Daging buah akan terlihat diselimuti massa miselium jamur berupa rambut keluar yang diujungnya terlihat bintik-bintik warna hitam yang merupakan massa spongarium hitam. Akhirnya, buah akan mengeluarkan bau masam. Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Rhizopus stolonifer*.

f. Penyakit Kudis (*Scab*) pada Tanaman Apel

Nama lain dari penyakit ini adalah black spot. Penyakit ini biasanya menyerang daun dan buah. Mula-mula timbul bintik-bintik kecil berwarna hijau olive atau lebih gelap dari warna jaringan yang sehat, makin lama makin meluas dan tertutup oleh lapisan seperti beludru yang berwarna coklat hitam. Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Venturia inaequalis*.

(2) Penyakit yang Disebabkan Bakteri

a. Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Pisang

Penyakit ini disebabkan oleh *Xanthomonas campestris pv. musacearum*. Gejala awal dimulai dengan terjadinya perubahan warna daun menjadi hijau pucat, nampak seperti disiram air panas, kemudian menjadi layu dan menggulung pada tepi-tepinya. Bila dilakukan irisan melintang pada petiole atau batang

semunya akan terlihat warna kekuningan. Akibat penyakit ini maka akan terjadi pemasakan awal buah dan bila buah diporong melintang maka nampak cairan kekuningan dan placenta tengahnya berwarna coklat hitam.

b. Penyakit Bercak Layu pada Tomat

Penyakit layu bakteri pada tomat disebabkan oleh bakteri yang bersifat tular udara, yakni *Pseudomonas solanacearum* nama lainnya adalah *Ralstonia solanacearum*. Gejala utama penyakit ini dibandingkan penyakit layu lainnya adalah adanya kelayuan yang segera diikuti kematian tanaman dengan cepat tanpa adanya perubahan warna daun menjadi kuning atau bercak.

c. Penyakit Kudis pada Tanaman Umbi-Umbian

Patogen yang menyebabkan penyakit ini adalah *Streptomyces scabies*. Gejala penyakit ini terjadi pada permukaan umbi yaitu adanya tonjolan, keriput, dan luka bercak.

d. Penyakit Hawar Daun pada Tanaman Padi

Hawar daun bakteri disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae*. Gejala awal ditandai dengan adanya tetesan-tetesan air kental di permukaan ujung dan tepi daun. Beberapa waktu kemudian akan terbentuk bercak-bercak besar memanjang dari ujung daun ke pangkal daun.

(3) Penyakit yang Disebabkan Virus

a. Penyakit Virus Tomat : *Tomato Mosaic Virus*

Tomato mosaic virus memiliki inang cukup banyak yang antara lain : tomat, cabai, terong, tembakau dan sebagainya. Pada tomat, gejalanya ialah munculnya daerah berbintik pada daun yang berwarna terang dan hijau gelap. Tanaman muda sering menjadi kerdil dan sering bersamaan dengan terjadinya pemelintiran dan pembentukan daun jarum (meruncing). Daun tua akan menggulung ke bawah dan terjadi pemelintiran ringan. Strain

tertentu dari virus menyebabkan gintik, garis dan nekrosis pada buah. Tanaman yang terjangkit virus ini tidak mati tetapi kualitas buah dan kuantum yang dihasilkan rendah.

b. Penyakit Virus Pepaya : *Papaya Ringspot Virus (P-Strain)*

Penyakit ini disebabkan oleh virus yang berbentuk batang panjang dan lentur dengan ukuran partikel panjangnya sekitar 800-900 nm, pantogen ini ditularkan melalui berbagai spesies aphids. Papaya ringspot virus digolongkan dalam 2 tipe yaitu PRV-p dan PRV-w.

Gejala yang muncul akibat infeksi isolat PRV-p yang berbeda menimbulkan intensitas serangan namun yang khas adalah daun berwarna hijau gelap, sering mengendap sedikit ke dalam, terlihat adanya cincin-cincin. Gejala lain adalah terjadinya mosaik kuning pada helaian daun dan adanya garis-garis pada tulang daun. Pada daun tua akan mengalami penyempitan sehingga helaianya akan menggulung menyerupai tali sepatu. Kanopi tanaman akan menjadi berkurang yang mengakibatkan pertumbuhan terganggu sehingga menjadi kerdil.

c. Penyakit Virus Kentang : *Potato Leafroll Virus (PLRV)*

Penyakit virus pada kentang salah satunya adalah Potato Leafroll Virus (PLRV) yang merupakan virus persisten dengan vektor utamanya adalah beberapa spesies virus dan yang paling menonjol adalah green peach aphid (*Myzus persicae*).

Tanaman yang sakit dilihat dari daunnya yang menggulung, khlorosis (menguning), merangas, keras pada helainya, phloemnya nekrosis dan tumbuh kerdil. Tanaman terinfeksi pada awal musim akan kerdil, namun bila infeksi terjadi lebih lambat maka kemungkinan gejalanya tak nampak.

(4) Penyakit yang Disebabkan Nematode

a. Nematoda Puru

Disebabkan oleh *Meloidogyne* sp. Gejala khas berupa adanya puru pada akar yang mirip dengan bintil akar bakteri pada kacang-kacangan puru yang membusuk mengakibatkan kerusakan pada akar.

b. Nematoda kista pada kentang

Nama penyakit ini adalah Potato Cyst Nematode (PCN). Terdapat dua spesies penyebab PCN yakni, *Globodera rostochiensis* dan *Globodera pallida*. Menurut Foot dan Wood (1998) tanaman kentang yang terinfeksi nematoda ini menunjukkan gejala layu dan menguning karena nematoda menginfeksi akarnya.

RANGKUMAN

Suatu jaringan terdiri dari satu atau lebih jenis sel dan sering kali suatu matriks ekstraseluler secara kolektif menjalankan fungsi tertentu. Contohnya, jaringan saraf. Jaringan tumbuhan berdasarkan sifatnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu jaringan meristem dan jaringan permanen. Jaringan meristem terdapat bermacam-macam diantaranya : jaringan meristem apikal, interkalar, dan lateral. Sedangkan jaringan permanen atau dewasa terdiri atas sel-sel yang sudah tidak membelah dan telah mengalami diferensiasi. Jaringan dewasa meliputi jaringan pelindung, jaringan dasar, jaringan penguat, dan jaringan pengangkut.

Organ adalah kumpulan beberapa macam jaringan yang bekerja sama untuk melakukan tugas tertentu. Organ tersusun atas jaringan-jaringan yang berbeda. Struktur organ pada organisme berbeda-beda. Semakin tinggi tingkat organisme, semakin sempurna dan kompleks organnya. Gabungan dari organ-organ ini selanjutnya bergabung menjadi satu membentuk sistem organ. Organ pada suatu tumbuhan terdiri atas: akar, batang, daun, bunga dan buah. Beberapa penyakit yang menyerang tumbuhan disebabkan oleh jamur, bakteri, virus dan nematode.

PERTANYAAN

1. Jelaskan macam-macam jaringan meristem pada tumbuhan !
2. Jelaskan macam-macam jaringan dewasa pada tumbuhan !
3. Sebutkan penyakit yang menyerang suatu tumbuhan dan berikan contohnya !
4. Gambar dan Jelaskan bagian-bagian akar monokotil !
5. Gambar dan Jelaskan bagian-bagian batang dikotil !

SOAL “HOTS”

Diskusikanlah dengan kelompokmu, dengan mengobservasi tanaman cabai, penyakit apa saja yang dapat menyerang tanaman cabai?

BAB 6

METABOLISME SEL

Pernahkah Saudara mendengar tentang metabolisme? Tentunya pernah bukan? manusia memerlukan metabolisme untuk proses memasak makanannya dan memenuhi kebutuhan hidupnya. Pokok bahasan ini adalah konsep metabolisme sel. Oleh karena itu, pembelajaran ini sangat menarik untuk ditelaah dan dipelajari untuk memaknai kehidupan diri kita selama masa hidup di bumi.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah :

1. Menjelaskan mengenai pengertian metabolisme dengan **cerdas**
2. Menganalisis dan memahami dengan **cermat** teori enzim dan faktor yang mempengaruhi kerja enzim
3. Menjelaskan dengan **teliti** proses respirasi sebagai reaksi katabolisme
4. Menjelaskan dengan **cermat** dan **teliti** tentang proses fotosintesis sebagai reaksi anabolisme

Topik Pembelajaran :

- A. Pengertian Metabolisme
- B. Enzim
- C. Katabolisme
- D. Anabolisme

Setelah mempelajari bab ini Saudara diharapkan dapat melaksanakan pengamatan atau percobaan dengan perencanaan secara cermat tentang aplikasi penerapan dari metabolisme sel yaitu respirasi dan fotosintesis pada tumbuhan.

A. PENGERTIAN METABOLISME

Metabolisme adalah proses kimia atau perubahan reaksi kimia yang terjadi di dalam sel jaringan tubuh organisme. Proses metabolisme di dalam sel melibatkan enzim yang berperan sebagai biokatalisator pada reaksi-reaksi biokimia yang terjadi di dalam sel jaringan.

Metabolisme dibagi menjadi dua golongan, yaitu proses konstruksi (pembentukan) yang disebut anabolisme, dan proses destruksi (pemecahan) yang disebut katabolisme. **Anabolisme** yaitu proses sintesis berbagai senyawa organik dari elemen anorganik, misalnya sintesis zat gula pada peristiwa fotosintesis, sintesis protein, dan sintesis lemak. Pada anabolisme terjadi penimbunan atau penyimpanan sejumlah energi potensial pada substansi zat yang dibentuk.

Katabolisme yaitu proses pemecahan molekul-molekul zat yang kompleks menjadi molekul zat yang lebih sederhana, misalnya pemecahan molekul karbohidrat menjadi molekul glukosa, molekul protein menjadi asam amino, serta pemecahan molekul lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Proses katabolisme terjadi pada respirasi sel, fermentasi, dan pencernaan makanan. Pada katabolisme energi potensial yang semula disimpan di dalam substansi zat dibebaskan sebagai energi kerja untuk dipergunakan dalam berbagai aktivitas protoplasma sel hidup.

B. ENZIM

Enzim berperan dalam reaksi biokimia di dalam sel, sebagai biokatalisator dan bekerjanya spesifik. Pada awal dan akhir reaksi keadaan enzim tetap. Sedangkan substrat diuraikan menjadi dua bagian.

(1) Pengertian Enzim

Ahli kimia bangsa Jerman bernama Eduard Buchner, pertama kali mengekstrak ragi untuk mendapatkan cairan ragi yang berguna untuk pengobatan. Ternyata cairan ragi tersebut dapat memecah glukosa menjadi alkohol. Peristiwa seperti ini 20 tahun sebelumnya oleh Louis Pasteur dinamakan peragian atau 'fermentasi' alkohol. Pada waktu itu Pasteur menganggap fermentasi alkohol disebabkan disebabkan oleh aktivitas sel-sel ragi. Menurut Buchner, fermentasi alkohol bukan disebabkan oleh aktivitas sel-sel ragi, tetapi oleh cairan ragi yang mengandung 'substansi zat bersifat khusus'. Pada 1874 Willy Kuhn (Jerman) menamakan substansi zat yang bersifat khusus tadi dengan sebutan 'enzim', yang berasal dari kata Yunani, *en* artinya di dalam dan *zyme* artinya adonan asam.

Pada 1952 Mayback (Jerman) memberikan definisi enzim sebagai berikut : **Enzim** merupakan senyawa organik, yaitu senyawa protein yang dapat mengkatalisasikan reaksi kimia yang terjadi di dalam sel jaringan. Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat atau memperlambat reaksi kimia, tetapi zat itu sendiri tidak ikut dalam reaksi sehingga sebelum dan sesudah reaksi kimia, zat tadi keadaannya tidak mengalami perubahan.

(2) Komponen Enzim

Enzim adalah senyawa protein yang memiliki molekul besar. Berat molekulnya antara 25.000 (pada pepsin) sampai 83.000 (pada urease). Berdasarkan **komponen penyusunnya**, enzim dibedakan menjadi dua macam:

- a) Enzim protein sederhana (*simple protein enzyme*), terdiri atas protein
- b) Enzim konjugasi (*conjugated enzyme*), terdiri atas protein dan gugus prosteti (non protein)

Euler (1935) memberi nama **holoenzim** kepada enzim konjugasi. Holoenzim terdiri atas **apoenzim**, yaitu bagian protein, dan **gugus prostetik**. Gugus prostetik merupakan bagian nonprotein. Golongan prostetik dapat terdiri atas senyawa anorganik, seperti Mg, Mu, Ca, dan K yang disebut sebagai **kofaktor**, atau terdiri atas senyawa organik misalnya vitamin yang dinamakan sebagai **koenzim**.

(3) Cara Kerja Enzim

Teori kerja enzim ditemukan oleh Michaelis dan Menten (1913) ketika mereka mempelajari hidrolisis senyawa gula dengan menggunakan enzim invertase. Cara kerja enzim menurut keduanya adalah sebagai berikut :

- a) Enzim memiliki bagian tertentu sebagai tempat aktivitas, dan bagian itu merupakan tempat untuk perlekatan molekul substrat.
- b) Pada tempat perlekatan tadi terbentuk hubungan yang erat di antara substrat dan enzim.
- c) Hubungan di antara keduanya adalah hubungan yang lemah, sehingga mudah terpisah kembali.

Begitu pula cara kerja enzim dengan substrat. Molekul substrat tertentu memerlukan molekul enzim tertentu pula untuk menguraikan menjadi hasilnya. Secara singkat dapat dituliskan sebagai berikut :

Enzim + Substrat → Kompleks enzim substrat → Produk + Enzim

Keterangan :

- a. *Substrat adalah zat atau senyawa yang dipengaruhi oleh enzim*
- b. *Perubahan pada substrat terjadi setelah bergabung dengan enzim*
- c. *Hasil dari substrat yang telah diubah disebut hasil akhir dari reaksi*

Fischer (1898) mengemukakan teori 'kunci dan anak kunci' (Key Lock Theory). Menurut teori ini cara kerja enzim seperti kerja kunci dan dengan anak kuncinya. Sebuah kunci hanya dapat dibuka oleh anak kunci tertentu sebagai partnernya. Begitu pula cara kerja enzim dengan substrat. Molekul substrat tertentu memerlukan molekul enzim tertentu pula untuk menguraikan menjadi hasilnya.

(4) Sifat-sifat Enzim

- a) Enzim adalah biokatalisator yang dibentuk di dalam protoplasma sel. Enzim dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :
 - **Enzim intraseluler (Endoenzim)**
Endoenzim bekerja di dalam sel pembentuknya. Fungsinya untuk sintesis zat dan juga mengatur reaksi katabolisme untuk menghasilkan energi yang diperlukan oleh sel.
 - **Enzim ekstraseluler (Eksoenzim)**
Eksoenzim bekerja di luar sel yang membentuknya. Fungsinya ialah mengatur agar zat makanan dapat masuk ke dalam sel.
- b) Enzim bekerjanya spesifik, artinya satu macam enzim hanya berperan pada satu macam reaksi substrat dan hasil akhirnya tertentu.
- c) Enzim adalah koloid
- d) Enzim dapat bereaksi dengan substrat asam maupun alkali
- e) Enzim bersifat sensitif
- f) Enzim bersifat termolabil (tidak tahan terhadap suhu tinggi)
- g) Enzim dapat dipercepat/dihambat kerjanya

(5) Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim

a) Suhu

Enzim bersifat termolabil (tidak tahan terhadap suhu yang tinggi). Hal ini dikarenakan sebagian besar enzim tersusun atas protein. Enzim akan mengalami denaturasi dan sifat katalisnya hilang apabila dididihkan. Secara umum, enzim bekerja pada suhu 38°C-40°C, dengan suhu optimum 30°C.

b) Logam

Enzim bereaksi dengan ion anorganik, terutama ion logam (Mg, Mu, Cu, Fe, Zn). Dalam keadaan demikian, aktivitas enzim menjadi meningkat. Namun banyak senyawa yang mengandung logam berat seperti Ag, Pb, dan Cd dapat menyebabkan enzim tidak aktif.

c) Derajat Keasaman (*pH*)

Konsentrasi ion Hidrogen mengontrol aktivitas enzim. Derajat disosiasi dan muatan listrik berhubungan dengan pembentukan kompleks enzim-substrat. Derajat keasaman optimum bagi katalis enzim bervariasi tergantung pada jenis enzim, misalnya: Pepsin pH 2,0; Invertase pH 4,5; Peroksidase pH 5,0; Maltase pH 7,0; Amilase pH 7,0; Urease pH 7,0; Katalase pH 7,0; Tripsin pH 8,0; dan ATP pH 9,0.

d) Konsentrasi substrat

Apabila konsentrasi substrat meningkat, laju reaksi juga meningkat. Tetapi apabila konsentrasi substrat menjadi sangat tinggi, substrat malah memperlambat kerja enzim.

e) Pengaruh air

Air sangat diperlukan untuk bekerjanya enzim. Pada biji, jumlah air sangat sedikit sehingga enzim tidak bekerja.

Apabila biji diletakkan pada tempat yang lembap, maka enzim bekerja dan biji tumbuh.

f) Konsentrasi enzim

Kecepatan reaksi mengikuti peningkatan konsentrasi enzim.

g) Faktor internal

Faktor internal seperti hormon dan vitamin berpengaruh penting bagi aktivitas enzim.

Peran enzim yang terlibat dalam proses metabolisme, antara lain :

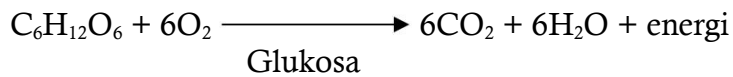
- a. Oksidasi : pelepasan hidrogen/elektron, atau penambahan O.
- b. Reduksi : penambahan hidrogen/elektron, atau pelepasan O.
- c. Dehidrasi : pelepasan H₂O.
- d. Hidrolisis : penambahan H₂O pada suatu molekul diikuti pemecahan molekul pada ikatan yang ditambah H₂O.
- e. Deaminase : pelepasan gugus amin (-NH₂).
- f. Dekarboksilasi : pelepasan CO₂.
- g. Fosforilasi : penambahan fosfat pada suatu molekul organik.
- h. Defosforilasi : pelepasan fosfat.
- i. Transferase : pemindahan suatu radikal.

Contoh-contoh enzim :

- a. Suksinat dehidrogenase : mengubah as.suksinat menjadi as.fumarat.
- b. Fumarase : mengubah as.fumarat menjadi as.maleat.
- c. Maleat dehidrogenase : mengubah asam maleat menjadi asam oksaloasetat.
- d. Fosfoheksose isomerase : mengubah glukosa fosfat menjadi fruktosa fosfat.
- e. Fosfoheksokinase : mengubah fruktosa fosfat menjadi fruktosa difosfat.

C. KATABOLISME

Katabolisme merupakan reaksi perombakan senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Salah satu contoh dari reaksi katabolisme adalah respirasi. Respirasi sel adalah suatu proses kimia dari pembebasan energi yang berlangsung di dalam sel. Respirasi sel berlangsung melalui melalui glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, daur Krebs, dan rantai respirasi di dalam mitokondria. Produk antara pada respirasi sel dipakai sebagai bahan dasar untuk anabolisme. Ringkasan proses respirasi sel secara keseluruhan sebagai berikut :



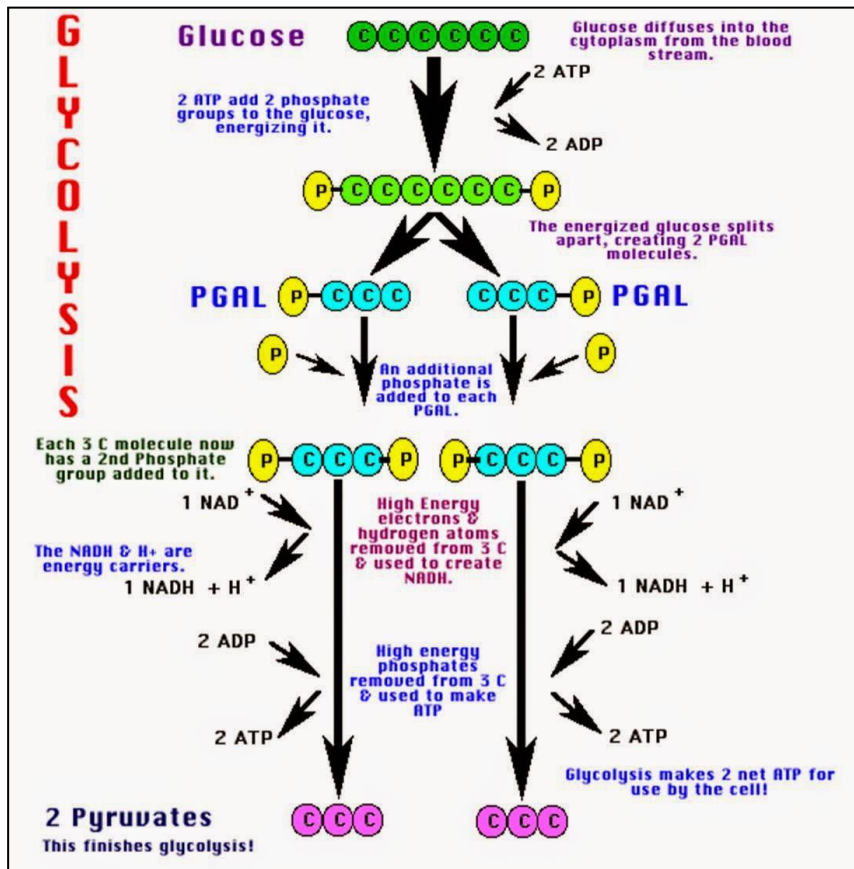
Pada proses respirasi, energi kimia yang tersimpan dalam sari makanan diubah menjadi energi kimia yang tersimpan dalam ATP (adenosin trifosfat) yang dapat segera digunakan untuk melakukan kerja dalam sel, dan sebagian kecil energi berubah menjadi panas. Pembebasan energi dilakukan secara bertahap dan melibatkan bermacam-macam enzim. Hal ini untuk menjaga agar suhu tetap rendah. Respirasi sel dapat dibedakan menjadi 2, yakni: **Respirasi Aerob** (menggunakan oksigen) dan **Respirasi Anaerob** (tidak menggunakan oksigen).

RESPIRASI AEROB

Tahapan Respirasi Aerob dapat dijelaskan sebagai berikut :

(1) Tahap Glikolisis

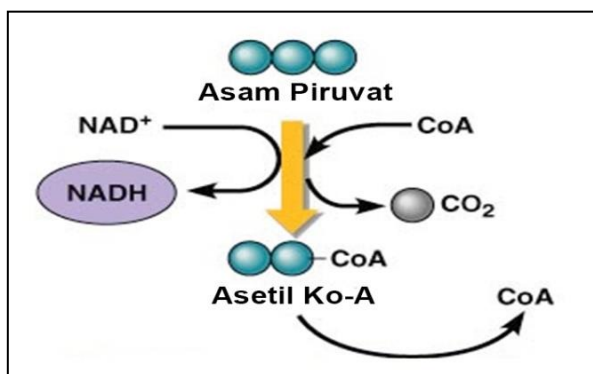
Tahapan ini terjadi pada **sitoplasma sel**. Tahap ini adalah suatu rentetan reaksi yang mengubah glukosa menjadi asam piruvat. Tiap 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul asam piruvat. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Gambar 6. 1. Reaksi glikolisis

(2) Tahap Dekarboksilasi Oksidatif

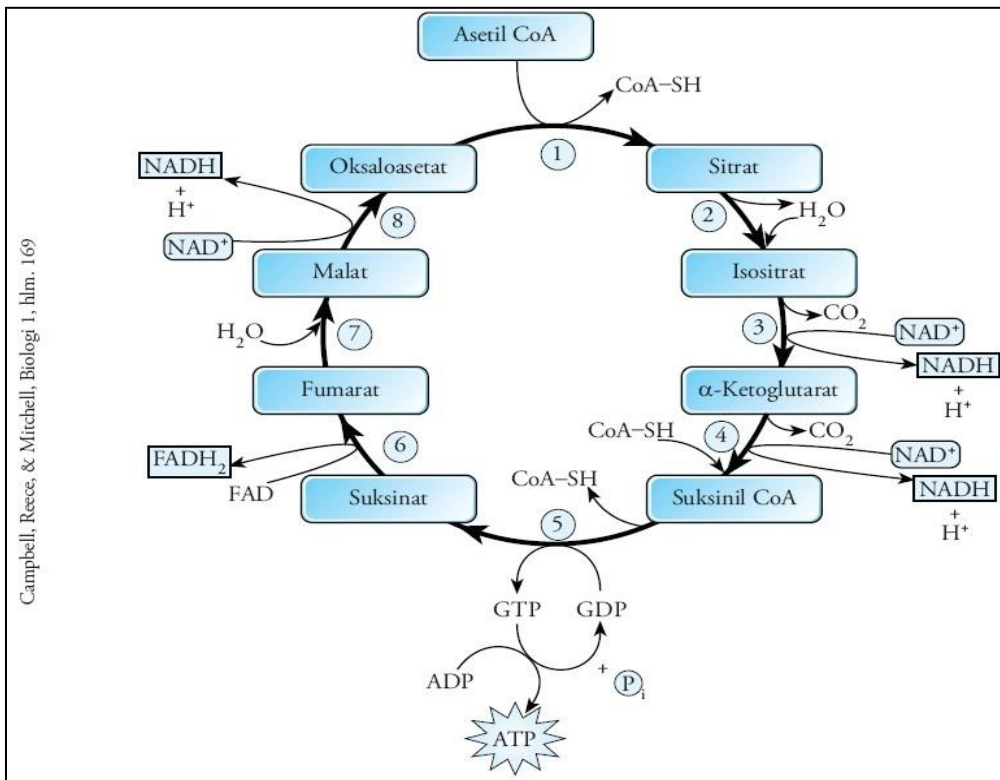
Tahap ini adalah perubahan asam piruvat menjadi asetil KoA. Pada tahap ini terjadi pembebasan CO₂ (dekarboksilasi) dan pembebasan H₂ (dehidrogenasi). Ringkasan reaksinya sebagai berikut :



Gambar 6. 2. Dekarboksilasi Oksidatif

(3) Tahap Daur Krebs

Tahap ini adalah penguraian asetil-KoA. Penguraian asetil- KoA merupakan rangkaian reaksi yang berbentuk daur (siklus). Asetil-KoA masuk pada satu titik daur reaksi dan karbon keluar dari titik-titik lain dari daur sebagai CO₂. Seluruh rangkaian ini disebut daur Krebs (daur asam sitrat atau daur asam trikarboksilat). Bahan pemula daur adalah senyawa C₄ (*asam oksaloasetat*). Daur Krebs dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 6. 3. Daur Krebs

(4) Transport Elektron

Dengan terurainya asetil-KoA menjadi CO₂, maka pembakaran glukosa sudah berakhir. Pembebasan H₂ akhirnya akan diterima oleh oksigen dan terbentuk H₂O. Tetapi pemindahan H₂ ke oksigen tidak dapat secara langsung. Bila H₂ serentak bertemu dengan oksigen akan terjadi ledakan (panas) yang hebat. Pemindahan H₂ di dalam sel diatur

oleh enzim **dehidrogenase** yang mengontrol pengambilan hidrogen dan adanya akseptor hidrogen yang khusus.

Tahapan ini terjadi pada **membran dalam (krista) mitokondria**. Pada tahapan ini terjadi perubahan senyawa antara yang telah terbentuk pada semua tahapan respirasi yang telah dilalui. Senyawa antara tersebut adalah NADH dan FADH₂. Satu molekul NADH akan diubah menjadi 2 ATP, sedangkan 1 molekul FADH₂ akan diubah menjadi 3 ATP, sehingga pada hasil reaksi transport elektron saja akan dihasilkan sebanyak 34 ATP. Total ATP yang dihasilkan pada keseluruhan hasil reaksi respirasi aerob sebesar 38 ATP yang berasal dari reaksi glikolisis, daur Krebs dan transport elektron. Sebanyak 2 ATP akan digunakan kembali pada reaksi pada saat memasuki membran dalam (krista) mitokondria pada tahapan transport elektron, sehingga jumlah ATP bersih sebesar 36 ATP.

Beberapa akseptor hidrogen di dalam sel, antara lain :

- a) NAD (*nikotinamida adenin dinukleotida*) atau NADP (*nikotinamida adenin dinukleotida fosfat*) : merupakan akseptor pertama, yaitu menerima H₂ yang dibebaskan oleh bahan bakar.
- b) FAD (*flavin adenin dinukleotida*) ; merupakan akseptor kedua yang menerima H₂ dari akseptor pertama
- c) Akseptor ketiga yang menerima H₂ dari FAD.
- d) Oksigen ; merupakan akseptor keempat dan terakhir, yang dengan H₂ akan membentuk H₂O.

Reaksi Respirasi Aerob :



RESPIRASI ANAEROB

Organisme-organisme tertentu karena sesuatu sebab melakukan respirasi tanpa melibatkan oksigen. Proses ini disebut respirasi anaerob atau fermentasi. Karena tidak melibatkan oksigen sebagai akseptor terakhir H_2 , maka akan menggunakan akseptor H_2 terakhir lain yang menerima H_2 dari NAD/NADP (akseptor pertama) yaitu asam piruvat atau asetaldehid. Senyawa ini adalah hasil penguraian karbohidrat (lihat glikolisis). Persamaan antara reaksi aerob dan anaerob yakni sama-sama mengalami tahapan glikolisis.

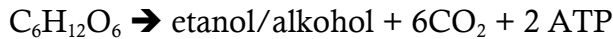
Respirasi anaerob pada jaringan-jaringan tumbuhan tinggi hanya terjadi jika persediaan oksigen bebas ada di bawah minimum. Respirasi anaerob berlangsung pada kecambah jagung di dalam suatu tempat tanpa oksigen, biji-bijian seperti jagung, kacang, padi, biji bunga matahari, dan lain-lain yang tampak kering, dan juga pada buah-buahan yang basah dan mendaging. Hasil respirasi anaerob di dalam jaringan tumbuhan tinggi tersebut berupa asam organik, seperti asam sitrat, asam malat, asam oksalat, asam tartarat, dan asam susu. Antara respirasi aerob dan anaerob terdapat sedikit persamaan, ialah pada tahap glikolisis. Persamaan tersebut ialah keduanya mengubah glukosa menjadi asam piruvat dan H_2 yang dibebaskan diterima oleh NAD (akseptor pertama). Tahap-tahap lain pada respirasi aerob tidak terdapat pada respirasi anaerob.

Pada respirasi anaerob, penguraian satu molekul glukosa hingga menjadi asam laktat hanya dapat menghasilkan 2 molekul ATP. Hal ini disebabkan karena pemindahan H_2 ke oksigen tidak terjadi, sehingga pembentukan ATP yang biasa terjadi oleh pemindahan hidrogen ke oksigen tidak dapat dilaksanakan. Selain itu, pembakaran anaerob terhenti pada tingkat asam piruvat. Akibatnya energi yang masih terkandung dalam asam piruvat tidak digunakan dan tersimpan dalam

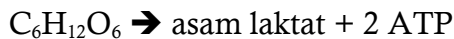
asam laktat atau alkohol. Jadi dalam respirasi anaerob hanya menghasilkan $\pm 5\%$ dari energi yang diperoleh pada respirasi aerob.

Reaksi Respirasi Anaerob :

- **Pada tumbuhan dan jamur:**

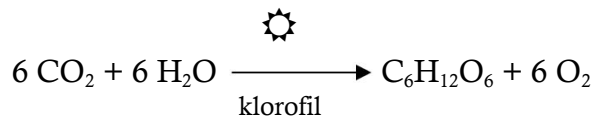


- **Pada hewan dan manusia:**



D. FOTOSINTESIS

Suatu sifat fisiologi yang hanya dimiliki khusus oleh tumbuhan ialah kemampuannya untuk mengubah senyawa anorganik menjadi senyawa organik. Peristiwa ini melibatkan klorofil dan berlangsung jika ada cukup cahaya, oleh karenanya disebut juga **fotosintesis**. Proses fotosintesis dinyatakan dengan persamaan reaksi :

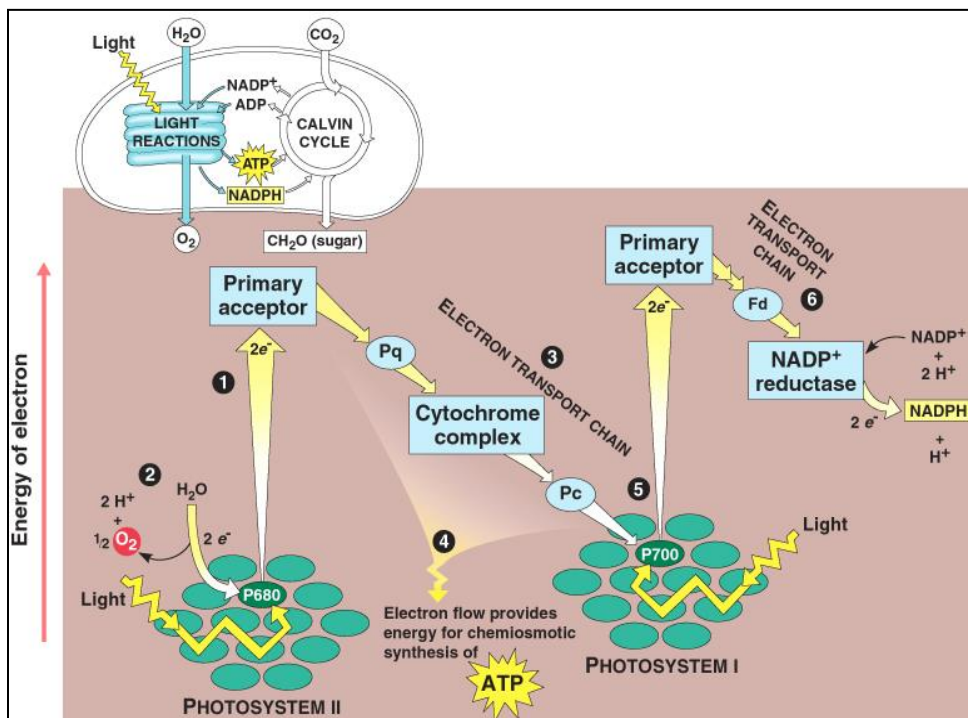


Fotosintesis terjadi pada kloroplas dan berlangsung dalam dua tahap, yaitu : pada reaksi terang (menggunakan cahaya) dan reaksi gelap (tanpa menggunakan cahaya).

(1) Reaksi Terang (Reaksi Hills)

Energi matahari yang diserap oleh daun ditransfer pada suatu elektron yang berada dalam klorofil. Elektron dalam klorofil ini mampu menguraikan air menjadi ion hidrogen dan ion OH. Peristiwa penguraian air ini dinamakan **fotolisis air**. Reaksi terang berlangsung di dalam kloroplas pada suatu bagian yang dinamakan **membran tilakoid/grana**. Jadi membran tilakoid/grana adalah tempat berlangsungnya perubahan

energi cahaya menjadi energi kimia. Pada reaksi ini dapat dibedakan menjadi reaksi siklik dan non siklik. Reaksi siklik melibatkan 1 jenis klorofil yaitu klorofil a (photosystem I) dan menghasilkan ATP saja, sedangkan reaksi non siklik melibatkan klorofil b (photosystem II) dan klorofil a (photosystem I) serta menghasilkan NADPH_2 , ATP, dan O_2 . Untuk selanjutnya, hasil dari reaksi terang (kecuali O_2) akan digunakan pada reaksi gelap fotosintesis. Gambaran reaksi siklik dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 6. 4. Reaksi Terang Fotosintesis

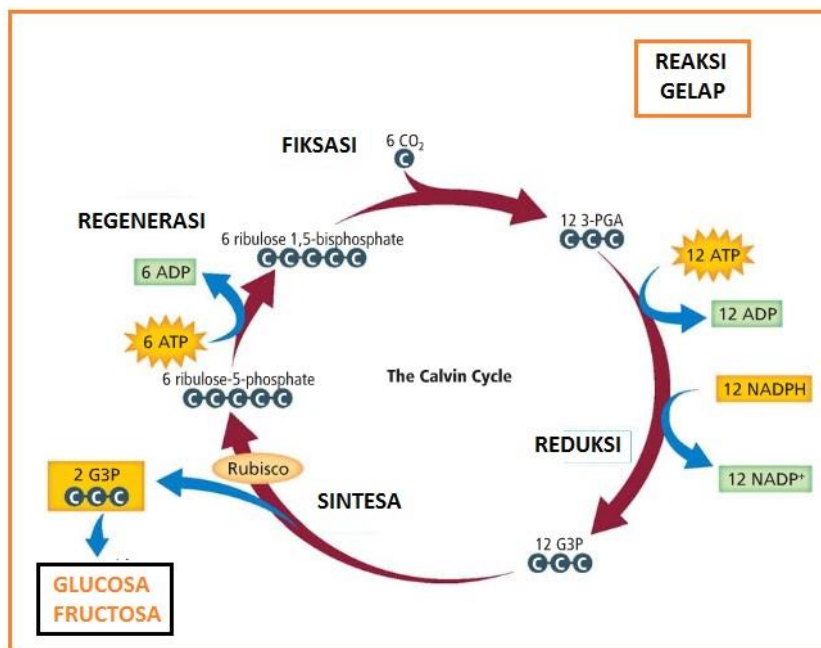
(2) Reaksi Gelap (Daur Calvin)

Ion hidrogen (H^+) yang dihasilkan dalam reaksi terang selanjutnya dipakai untuk memfiksasi CO_2 bersama ribulosa difosfat (RDP). RDP ini berasal dari ribulosa fosfat yang mendapatkan satu gugus fosfat dari penguraian ATP. RDP atau gula enam karbon yang terbentuk ini selanjutnya pecah menjadi dua molekul asam3-fosfogliserat dan masing-

masing menerima fosfat lagi dari pemecahan ATP sehingga terbentuk 2 molekul asam 1,3-difosfoglisarat (DPGA) kemudian tereduksi oleh NADPH menjadi 3 fosfoglisarat (PGAL) atau aldehyd fosfoglisarat (ALPG).

Dimulai dari 6 molekul RDP dan terbentuk 12 molekul ALPG. 10 molekul dari ALPG digunakan lagi untuk membentuk kembali 6 molekul RDP yang mengawali proses ini, dan 2 molekul yang tersisa terus mengalami proses glikolisis sehingga terbentuklah 1 molekul glukosa. Fruktosa adalah suatu zat perantara dalam lintasan glikolisis, dan apabila terjadi penggabungan antara 1 molekul glukosa dengan 1 molekul fruktosa akan terbentuk disakarida dan selanjutnya terbentuk polisakarida, contohnya amilum.

Glukosa hasil fotosintesis dapat dipakai untuk membentuk pati, selulosa, serta molekul-molekul lain seperti protein dan lemak. Reaksi gelap ini berlangsung pada bagian yang dinamakan '**stroma**' yang terdapat di dalam kloroplas.



Gambar 6. 5. Reaksi Gelap Fotosintesis

Berbagai macam percobaan untuk membuktikan kebenaran reaksi fotosintesis :

a. Percobaan Engelmann

Percobaan ini membuktikan bahwa fotosintesis memerlukan cahaya dan klorofil. Percobaan yang dilakukan adalah dengan memberikan seberkas sinar terhadap ganggang *Spirogyra* yang kloroplasnya berbentuk pita melingkar seperti spiral. Hanya kloroplas yang kena sinar melepaskan oksigen. Hal ini terbukti dari banyaknya bakteri-oksigen yang berkerumun di sekitar tempat kloroplas yang terkena sinar, sedangkan bagian yang tidak mengandung kloroplas, walaupun dikenai sinar ternyata tidak ada bakteri berkumpul.

b. Percobaan Ingenhousz

Percobaan ini membuktikan bahwa pada fotosintesis dilepaskan O_2 . Hal ini dibuktikan dengan percobaan menggunakan tanaman-air *Hydrilla verticillata* di bawah corong terbalik. Jika tanaman tersebut terkena sinar, maka akan timbul gelembung gas yang akhirnya mengumpul di dasar tabung reaksi. Gas ini merupakan oksigen (O_2).

c. Percobaan Sachs

Percobaan ini membuktikan bahwa pada fotosintesis terbentuk karbohidrat (amilum). Adanya amilum dibuktikan dengan pengujian menggunakan iodium. Iodium merupakan indikator untuk mengetahui keberadaan amilum yang ditandai dengan memberikan warna biru kehitaman. Amilum hanya terdapat pada bagian daun yang terkena cahaya matahari (melakukan fotosintesis). Sedangkan bagian daun yang tertutup sepanjang hari menunjukkan hasil negatif (tidak mengandung amilum). Percobaan ini juga dikenal dengan nama “uji iodium”.

RANGKUMAN

Proses metabolisme di dalam sel melibatkan enzim dan berlangsung melalui katabolisme dan anabolisme. Katabolisme adalah proses pemecahan molekul-molekul zat yang kompleks menjadi molekul zat yang lebih sederhana. Anabolisme adalah proses sintesis berbagai senyawa organik dari senyawa anorganik.

Enzim adalah biokatalisator yaitu zat yang mempercepat atau memperlambat suatu reaksi kimia dalam sel dan dia sendiri tidak ikut bereaksi sehingga sebelum dan sesudah reaksi zat tadi keadaannya tidak berubah. Enzim dibentuk di dalam protoplasma sel dan dibedakan menjadi dua, yaitu : 1) Endoenzim, bekerja di dalam sel dan fungsi utamanya mengatur reaksi katabolisme, dan 2) Eksoenzim, bekerja di luar sel yang membentuknya dan fungsi utamanya mengatur agar zat makanan dapat masuk ke dalam sel. Respirasi sel adalah proses kimia untuk pembebasan energi yang terdapat dalam zat makanan dan berlangsung di dalam sel. Proses respirasi berlangsung secara bertahap, yaitu 1) tahap glikolisis; 2) dekarboksilasi oksidatif; dan 3) Daur Krebs.

Fotosintesis merupakan kegiatan anabolisme yang berlangsung dengan dua tahap, yaitu tahap terang berlangsung di grana, dan tahap gelap berlangsung di stroma. Pada reaksi cahaya terjadi peristiwa fotolisis, yaitu penguraian air menjadi H^+ dan OH^- oleh elektron yang berada di klorofil setelah dipengaruhi oleh cahaya. Ion hidrogen yang dihasilkan digunakan untuk memfiksasi CO_2 bersama RDP untuk membentuk APG. Penggunaan H^+ ini berlangsung di stroma, selanjutnya APG tereduksi menjadi ALPG. ALPG kemudian digunakan untuk menyusun molekul glukosa, Glukosa dari hasil fotosintesis dapat dipakai untuk menyusun amilum, selulosa, dan lemak.

PERTANYAAN

1. Jelaskan proses fotosintesis pada reaksi terang !
2. Jelaskan pengertian metabolisme, anabolisme dan katabolisme !
3. Jelaskan reaksi dekarboksilasi oksidatif !
4. Jelaskan tahapan proses respirasi aerob dan berapakah energi yang dihasilkan !
5. Jelaskan fungsi enzim dalam metabolisme sel !

SOAL "HOTS"

Diskusikanlah dengan kelompokmu, pembuktian proses fotosintesis pada reaksi gelap dan lakukan percobaan yang menunjukkan adanya amilum !

BAB 7

REPRODUKSI SEL

Apakah yang ada di benak Saudara ketika mendengar kata reproduksi? Kata reproduksi sering kita dengar dalam kehidupan sehari-hari dan sering dikaitkan dengan kemampuan makhluk hidup untuk memperbanyak diri atau menghasilkan keturunan. Tahukah Saudara bahwa sel di dalam tubuh kita juga melakukan reproduksi? Reproduksi ini dikenal dengan nama reproduksi sel atau pembelahan sel. Akan tetapi, tujuan dari reproduksi sel di dalam tubuh berbeda dengan reproduksi pada makhluk hidup.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah :

1. **Mendeskripsikan dan menganalisis** konsep reproduksi sel
2. **Terampil** melakukan praktik terkait dengan konsep reproduksi sel
3. **Menghargai pendapat** teman dalam diskusi dan pada saat presentasi hasil pengamatan maupun analisis data pengamatan mitosis
4. **Bertanggungjawab** dalam mengkomunikasikan hasil pengamatan dan analisis bahan kajian reproduksi sel

Topik Pembelajaran :

- A. Pengertian Reproduksi Sel
- B. Pembelahan Langsung
- C. Pembelahan Tak Langsung
- D. Gametogenesis

Dalam pokok bahasan ini Saudara akan diajak untuk membahas mengenai reproduksi sel termasuk pengertian, tahapan, jenis dan proses reproduksi sel. Setelah mempelajari bab ini Saudara diharapkan dapat memahami dan menjelaskan tentang pengertian, tahapan, jenis dan proses reproduksi sel dengan benar dan sistematis.

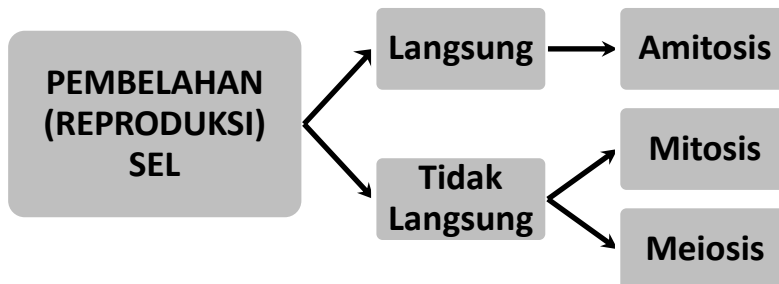
A. PENGERTIAN REPRODUKSI SEL

Sel merupakan unit fungsional terkecil penyusun makhluk hidup. *Rudolf Virchow* (1855) mengatakan bahwa setiap sel berasal dari sel (*Omnis cellula e cellula*). Kelangsungan kehidupan didasarkan pada reproduksi sel, atau pembelahan sel. Meskipun sel merupakan unit terkecil, di dalamnya terjadi juga aktivitas. Aktivitas layaknya suatu kehidupan membuat energi, bergerak, mencerna makanan, ekskresi dan lain-lain yang kita sebut metabolisme. Mudah-mudahan aktivitas yang dilakukan sel terlihat misalnya pada kehidupan *Amoeba* yang hanya tersusun atas satu sel yang hidup di lingkungan. Ternyata sel tidak hanya melakukan kegiatan untuk aktivitas, membuat energi maupun sintesis protein namun juga perlu tumbuh kemudian membelah menjadi sebanyak-banyaknya. Reproduksi sel bertujuan untuk menambah jumlah dan jenis sel, atau membentuk sel-sel lain dengan tujuan tertentu. Berikut ini merupakan tujuan dari pembelahan sel :

1. Perbanyakkan sel sehingga terjadi pertumbuhan
2. Pembentukan sel baru yang berbeda dari induknya
3. Pembentukan Jaringan
4. Regenerasi sel
5. Pembentukan individu baru

Sel yang membelah disebut sel induk, dan hasil pembelahannya disebut sel anak. Sel induk memindahkan salinan informasi genetiknya

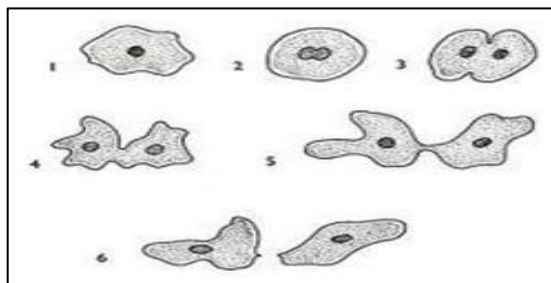
(DNA) ke sel anak. Untuk menyampaikan informasi genetik tersebut **tentu** sel induk harus melipat gandakan informasi genetik yang dimilikinya (DNA) melalui replikasi sebelum melaksanakan pembelahan atau reproduksi sel. Replikasi itu terjadi pada waktu Interfase (sel beristirahat/tidak membelah) tepatnya pada fase Sintesa (S). Ada dua jenis pembelahan sel, yaitu **pembelahan langsung** (amitosis) dan **pembelahan tidak langsung** (mitosis dan meiosis).



B. PEMBELAHAN LANGSUNG

Amitosis (pembelahan biner)

Pembelahan amitosis merupakan pembelahan sel yang spontan tanpa melalui urutan tahap-tahap tertentu. Setiap sel akan membelah menjadi dua sehingga pembelahan ini disebut juga dengan pembelahan biner. Pada pembelahan ini nukleus langsung membelah menjadi dua lalu didistribusikan pada sel anak *tanpa didahului oleh* pembentukan benang spindel, peleburan membran inti, penampakan kromosom, atau ciri lain.



Gambar 7.1. Pembelahan pada *Amoeba*

Amitosis dilakukan oleh organisme prokariotik, seperti bacteria dan archaebacteria dan organisme bersel satu (unicelluler) yang jelas pembelahan ini tidak terjadi pada organisme multicelluler (organisme bersel banyak). Contoh pembelahan ini terjadi pada bakteri, *Amoeba*, *Paramecium*, atau alga biru.

C. PEMBELAHAN TIDAK LANGSUNG

Pembelahan langsung merupakan pembelahan sel yang melalui tahap-tahap pembelahan tertentu, yaitu: profase, metafase, anafase, dan telofase (PMAT). Terdapat dua jenis pembelahan langsung yakni pembelahan mitosis dan meiosis. Berikut ini perbedaan kedua jenis pembelahan tersebut :

Tabel 7.1. Perbedaan Mitosis dan Meiosis

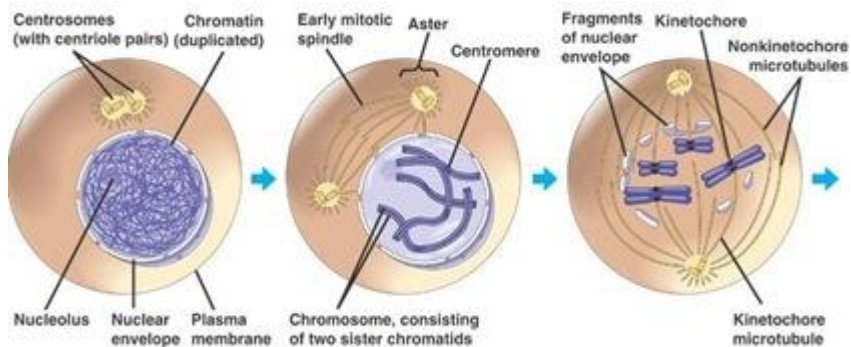
Perbedaan	Mitosis	Meiosis
Tujuan	pertumbuhan, perbanyakkan sel (penambahan jumlah sel), regenerasi	pengurangan jumlah kromosom, agar jumlah kromosom antar generasi bersifat tetap
Terjadi	Seluruh sel tubuh (somatik)	Kelenjar kelamin untuk membentuk sel kelamin (gamet)
Tahapan	1 tahap (PMAT)	2 tahap (PMAT ₁ – PMAT ₂)
Jumlah kromosom sel anakan	tetap (sama dengan induk)	separuh jumlah kromosom induk
Sifat sel anakan	sama dengan sel induk	berbeda dengan sel induk

C.1. MITOSIS

Tahap-tahap yang berlangsung pada pembelahan mitosis adalah sebagai berikut:

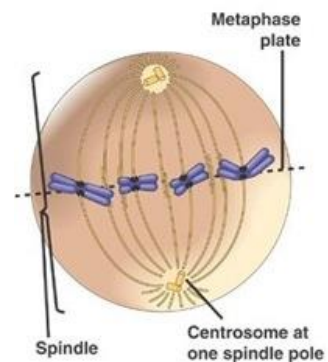
1. **Profase** : Tahap ini merupakan fase pembelahan mitosis yang paling lama dan paling banyak memerlukan energi. Peristiwa yang berlangsung selama profase adalah sebagai berikut:

- benang kromatin menjadi kromosom, lalu kromosom mengganda menjadi dua kromatid tetapi masih melekat dalam satu sentromer
- membran inti dan nukleolus lenyap
- sentrosom memisah menjadi dua sentriole, dan diantaranya terbentang benang spindel



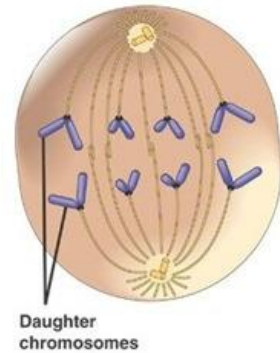
Gambar 7.2. Tahapan Profase Mitosis

2. **Metafase** : Pada tahap ini kromosom terletak berjajar pada bidang ekuator. Bagian sentromer kromosom berikatan dengan kinetokor yang berhubungan dengan benang spindel. Pada fase ini kromosom tampak paling jelas terlihat sehingga jumlahnya mudah diidentifikasi. Metafase adalah tahap yang memerlukan energi terkecil dan waktu



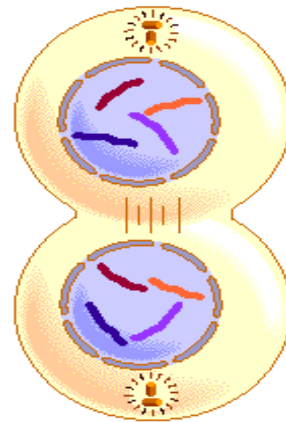
yang paling singkat.

3. **Anafase** : Saat anafase sentromer membelah, lalu benang spindel menarik kromosom menuju kutub sel yang berlawanan. Pergerakan kromosom tersebut dipengaruhi oleh enzim *dynein*.



4. **Telofase** : Pada tahap ini terjadi peristiwa sebagai berikut:

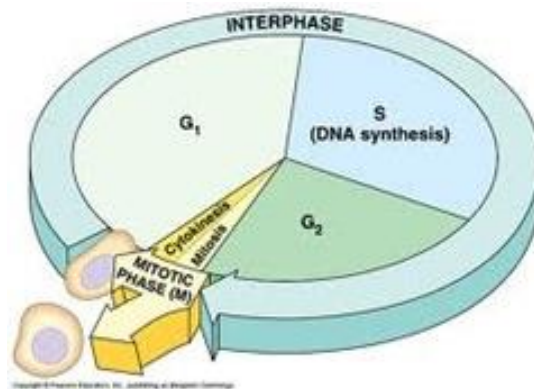
- Kromosom berubah menjadi benang kromatin
- Membran inti dan nukleolus terbentuk kembali
- Terjadi sitokinesis (pembagian sitoplasma) sehingga dihasilkan dua sel yang identik dengan sel semula



C.2. SIKLUS SEL

Selain melakukan pembelahan sel, sel juga melakukan kegiatan sel yang lain. Rangkuman seluruh kegiatan sel terdapat pada suatu siklus sel. Mitosis hanya merupakan satu bagian dari siklus sel. Sebenarnya, fase mitotik (M) mencakup mitosis dan sitokinesis, biasanya merupakan bagian tersingkat dari siklus sel tersebut. Pembelahan sel mitotik yang berurutan bergantian dengan interfase yang jauh lebih lama, yang seringkali meliputi 90% dari siklus ini. Interfase merupakan fase istirahat dari pembelahan sel. Namun tidak berarti sel tidak beraktifitas justru tahap ini merupakan tahap yang paling aktif dan penting untuk

mempersiapkan pembelahan. Saat interfase sel tidak membelah melainkan aktif melakukan metabolisme untuk pertumbuhan dan pembentukan energi untuk pembelahan mitosis berikutnya. Interfase tidak termasuk dalam tahap PMAT dan dibedakan dalam tiga tahap, yaitu fase G₁, S dan G₂.



Gambar 7.3. Siklus Sel

Siklus sel secara keseluruhan terdiri dari interfase dan fase mitotik (gambar 7.3). Pada siklus sel, interfase ini membutuhkan waktu paling lama dibandingkan dengan fase fase pembelahan sel (fase mitotik). Tahapan Interfase pada sel dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 7.2. Tahapan Interfase pada Sel

Tahap Interfase	Keterangan	Waktu
G ₁ (gap 1)	<ul style="list-style-type: none"> merupakan akhir mitosis dan awal sintesis (presintesis), pada fase ini sel mulai tumbuh membesar. Sel bertambah ukuran dan volumenya. 	<ul style="list-style-type: none"> fase paling aktif berlangsung selama 9 jam.
S (sintesis)	<ul style="list-style-type: none"> terjadi duplikasi organel dan sintesis DNA, pada tahap ini sel aktif melakukan 	<ul style="list-style-type: none"> fase sintesis DNA atau duplikasi kromosom, dengan

	metabolisme, tumbuh, dan berkembang	waktu 10 jam
G2 (gap 2)	<ul style="list-style-type: none"> • merupakan akhir fase sintesis (postsintesis) dan awal dari mitosis berikutnya 	<ul style="list-style-type: none"> • fase ini sel siap untuk mengadakan pembelahan

Demikian seterusnya, setelah selesai melakukan pembelahan pada tahap mitotik, sel akan masuk interfase, dilanjutkan mitosis lagi, dan seterusnya. Hampir pada setiap kasus misalnya pembelahan sel untuk penyembuhan luka (regenerasi), sel akan berhenti membelah manakala luka telah sembuh. Itulah salah satu kehebatan sel, sel mengetahui kapan harus membelah dan kapan harus berhenti. Sel yang tahu diri untuk berhenti dari pembelahan akan masuk ke fase G₀ atau fase stationer. Pada tahap ini sel tidak akan melakukan pembelahan. Jika terjadi luka, sel segera memasuki fase G₁ untuk melakukan pembelahan. Sel abnormal adalah sel yang tidak mengikuti ketentuan tersebut. Sel abnormal seharusnya masuk G₀ tetapi justru masuk ke G₁, sel inilah yang nantinya akan menjadi sel tumor atau kanker.

C.3. MEIOSIS (PEMBELAHAN REDUKSI)

(1) Pengertian Pembelahan Meiosis

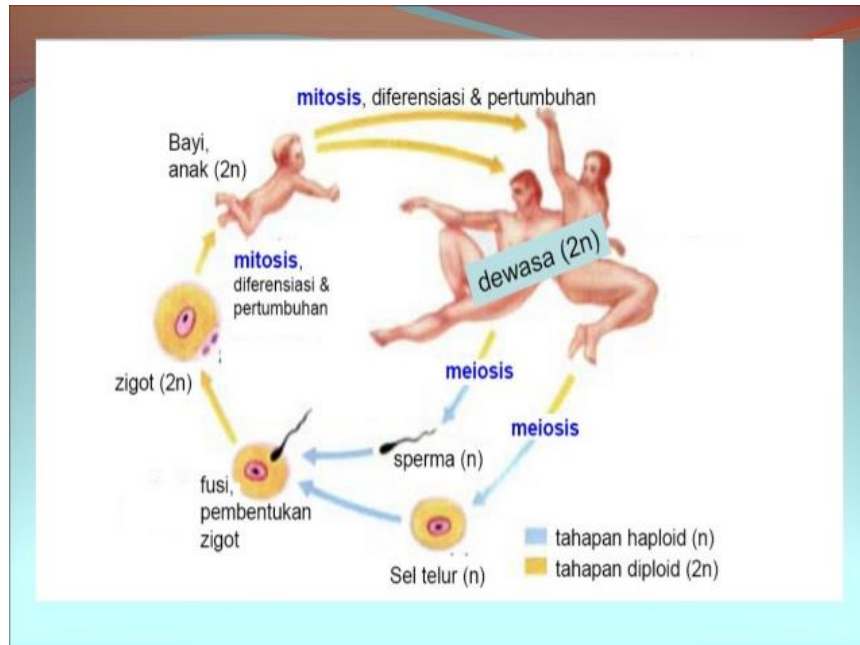
Pada saat manusia berkembang dari zigot menjadi orang dewasa yang telah matang secara seksual, gen yang terdapat dari zigot didapatkan dari hasil perpaduan gen parental (orangtua). Sel pada manusia terdiri dari sel somatik dan sel gamet (sel kelamin). Sel somatik maupun sel gamet membawa gen yang terdapat pada kromosom. Jumlah kromosom sel somatik manusia sebanyak 46 buah atau 23 pasang

(diploid/ $2n$), sedangkan kromosom sel gamet (kelamin) manusia berjumlah separuhnya, yaitu 23 buah kromosom.

Perbedaan jumlah kromosom pada sel gamet jika dibandingkan dengan sel somatik, dapat terjadi melalui pembelahan meiosis. Pembelahan meiosis bertujuan untuk pengurangan (reduksi) jumlah kromosom agar kromosom sel somatik antar generasi jumlahnya tetap. Bayangkan apa yang mungkin terjadi jika gamet manusia tidak mengalami meiosis (pengurangan jumlah kromosom)? Gamet tersebut akan menjadi diploid seperti sel somatik. Jika terjadi fertilisasi, saat gamet jantan dan betina digabung maka akan menghasilkan jumlah kromosom manusia menjadi 92 kromosom, dan setiap generasi selanjutnya akan menggandakan jumlah kromosom lagi.

Tetapi, organisme yang bereproduksi secara seksual melakukan meiosis, sehingga terjadi proses membagi dua jumlah kromosom dalam gamet, mengkompensasi penggandaan yang terjadi pada saat fertilisasi. Fertilisasi memulihkan kembali kondisi diploid dan siklus hidup manusia berulang kembali dari generasi ke generasi dengan tetap mempertahankan jumlah kromosom yang sama dalam satu spesies.

Pembelahan meiosis terjadi di kelenjar kelamin seperti testes atau ovarium di mana pada pembelahan tersebut terjadi pembentukan sel kelamin/gamet(n) dari sel tubuh ($2n$ /diploid). Sel tubuh yang melakukan meiosis disebut sebagai sel induk kelamin (induk sperma/induk ovum) yang dikenal dengan nama Spermatogonium/Oogonium.



Gambar 7.4. Hubungan Siklus Hidup Manusia dengan Mitosis-Meiosis

(2) Tujuan Pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis bertujuan untuk :

- Pembentukan sel-sel kelamin.
- Pengurangan (reduksi) jumlah kromosom
- Mempertahankan jumlah kromosom antar generasi (zigot) yang merupakan pertemuan dua sel kelamin yang selalu sama dengan individu yang ada/individu sebelumnya

(3) Tahapan Pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis terdiri dari 2 tahapan, yakni meiosis 1 dan meiosis 2. Meskipun memiliki nama fase yang sama dengan mitosis (profase, metafase, anafase dan telofase), pada pembelahan meiosis terdapat beberapa peristiwa yang berbeda dengan pembelahan mitosis.

MEIOSIS I

1. Profase I

Profase I merupakan tahap terpanjang dibandingkan tahapan meiosis I yang lain. Pada profase I, dibagi lagi menjadi beberapa fase, yaitu:

a) Leptoten

Fase ini ditandai dengan benang kromatin menebal dan memendek, kemudian berubah menjadi kromosom.

b) Zigoten

Fase ini ditandai dengan kromosom homolog saling berdekatan dan berpasangan membentuk sinapsis atau bivalen.

c) Pakiten

Fase ini terjadi penggandaan atau replikasi kromosom, menjadi dua kromatid dengan sentromer yang masih tetap menyatu atau berlekatan dan belum membelah, sehingga disebut **tetrad** ($2n - 4n$)

d) Diploten

Fase ini antar lengan kromosom dapat terjadi kiasma. Kiasma merupakan tempat terjadinya **pindah silang** (*crossing over*).

e) Diakinesis

Fase ini ditandai dengan munculnya benang spindel yang keluar di antara dua sentriol, yang telah berada di kutub-kutub yang berlawanan. Pada fase ini nukleolus dan membrane nukleus menghilang, dan tetrad mulai bergerak menuju bidang equator.

2. Metafase I

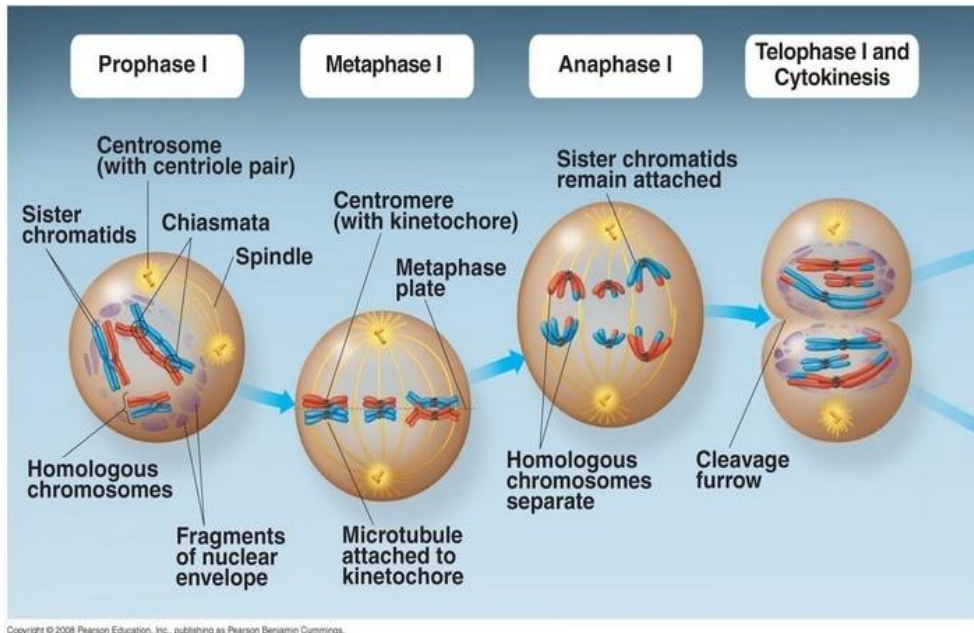
Pada fase ini kromosom homolog berderet berada pada bidang equator.

3. Anafase I

Pada fase ini kromosom homolog terpisah dan bergerak menuju kutub yang berlawanan.

4. Telofase I

Telofase I merupakan tahap penghentian meiosis I. Pada awal tahap ini, masing-masing setengah dari sel berisi satu set haploid lengkap kromosom yang memiliki dua kromatid sister. Pada Telofase I, reformasi selubung nukleus terjadi di sekitar set kromosom dan spindle dan sinar astral secara bertahap menghilang. Pada tahap ini terjadi proses sitokinesis, yaitu pembagian sitoplasma sel. Proses sitokinesis dimulai bersamaan dengan Telofase I dan menghasilkan dua sel anak dengan kromosom haploid di akhir prosesnya. Peristiwa meiosis I dapat dilihat dari gambar berikut :

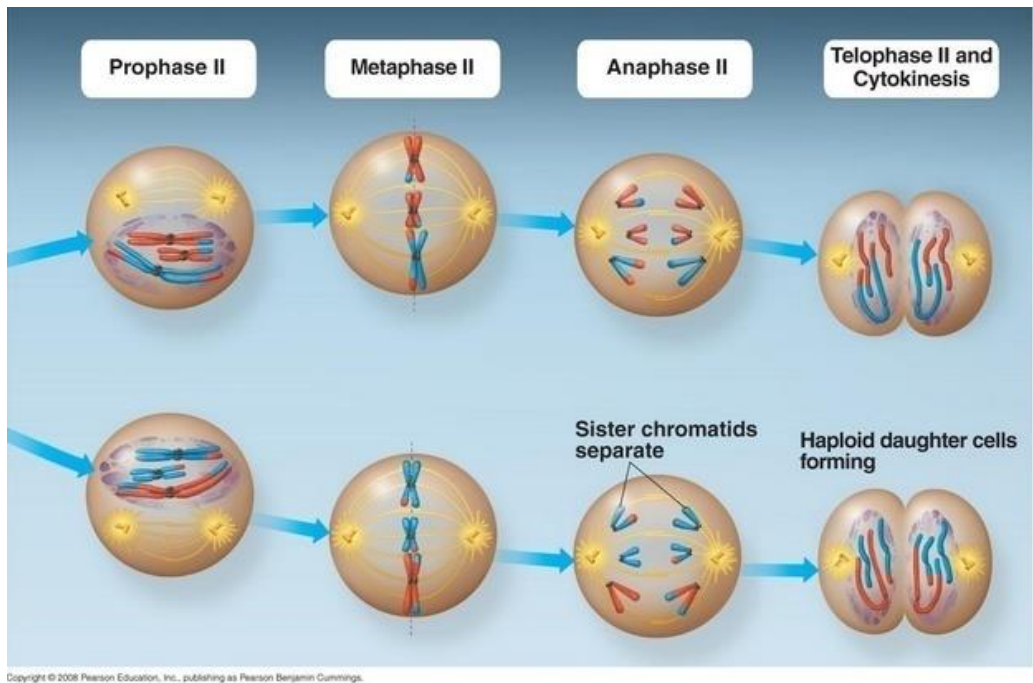


Gambar 7.5. Peristiwa Meiosis I

MEIOSIS II

Proses meiosis 2 memiliki tahapan yang sama dengan mitosis. Perbedaan yang mendasar adalah kromosom yang terdapat pada sel yang melakukan meiosis 2 telah mengalami pindah silang pada meiosis 1,

berbeda dengan sel yang melakukan mitosis (tidak mengalami pindah silang). Peristiwa meiosis II dapat dilihat dari gambar berikut :



Gambar 7.6. Peristiwa Meiosis II

1. Profase II

Pada profase II kromatid kembaran masih melekat pada tiap sentromer kromosom. Tahap ini kadang terjadi dalam waktu yang singkat karena diikuti tahap berikutnya.

2. Metafase II

Pada metafase II tiap kromosom (yang berisi dua kromatid) merentang pada bidang ekuator. Terbentuk benang-benang spindel, satu ujung melekat pada sentromer, dan ujung lain membentang menuju ke kutub pembelahan yang berlawanan arah.

3. Anafase II

Pada anafase II benang spindel mulai menarik kromatid menuju ke kutub pembelahan yang berlawanan tersebut. Akibatnya, kromosom

memisahkan kedua kromatidnya dan bergerak menuju kutub yang berbeda. Kromatid yang terpisah kini dinamakan kromosom.

4. Telofase II

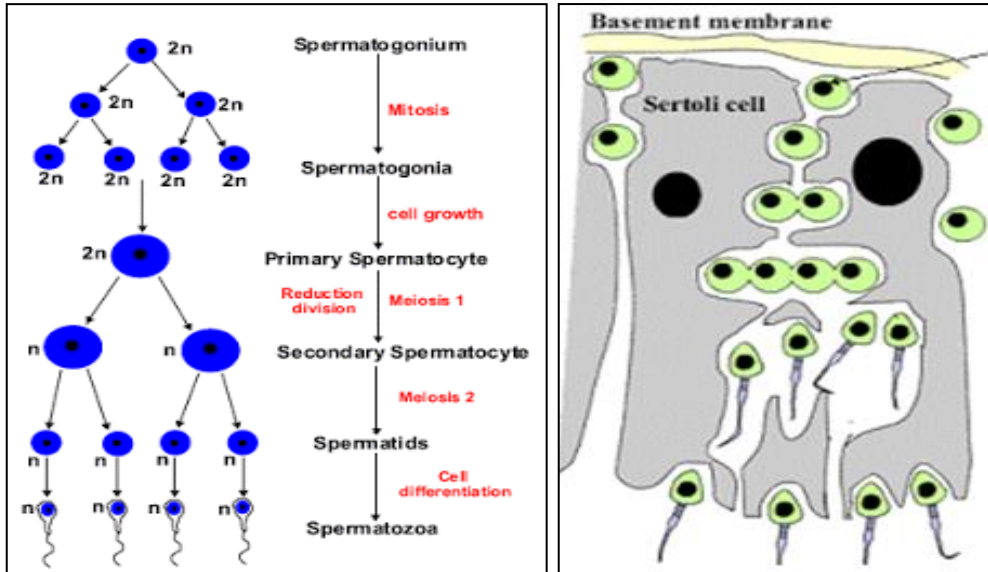
Pada telofase II, kromatid (atau kini disebut kromosom) telah mencapai kutub pembelahan. Pada peristiwa ini juga terjadi proses sitokinesis sehingga tiap tiap inti mulai dipisahkan oleh sekat sel dan akhirnya menghasilkan empat sel kembar haploid. Hasil total dari tahap ini adalah terbentuk empat inti. Tiap inti mengandung setengah pasang kromosom (haploid).

D. GAMETOGENESIS

Contoh proses yang nyata dari meiosis adalah pada peristiwa pembentukan gamet (gametogenesis). Gametogenesis adalah proses pembentukan sel-sel gamet, yang terjadi secara meiosis di dalam alat perkembangbiakan. Gametogenesis terjadi pada organisme dewasa. Pada hewan dan manusia gametogenesis terjadi di testis dan ovarium.

1. Spermatogenesis

Spermatogenesis merupakan proses pembentukan sperma yang terjadi di dalam testis. Tahapan spermatogenesis dapat dilihat berdasarkan gambar berikut :



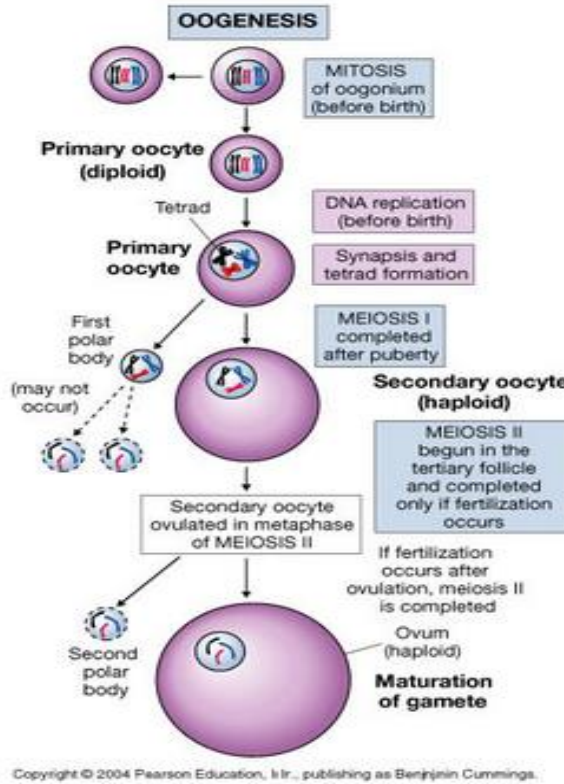
Gambar 7.7. Peristiwa Spermatogenesis

Pada peristiwa spermatogenesis, terjadi mitosis dan meiosis. Saat spermatogonium/spermatogonia berkembang menjadi spermatosit primer terjadi peristiwa mitosis. Pada saat spermatosit primer menjadi spermatosit sekunder terjadi peristiwa meiosis I di mana terjadi pengurangan (reduksi) jumlah kromosom. Selanjutnya, spermatosit sekunder melakukan meiosis II untuk berkembang menjadi spermatid. Spermatid selanjutnya berkembang menjadi empat spermatozoa yang fungsional dengan jumlah kromosom haploid (n).

2. Oogenesis

Peristiwa oogenesis pada prinsipnya sama dengan spermatogenesis, yaitu sama-sama mengalami tahapan meiosis, hasil akhirnya terbentuk 4 sel anakan dengan kromosom haploid, serta terjadi pada individu dewasa. Sedangkan perbedaannya adalah sel anak yang dihasilkan hanya satu sel yang fungsional dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan

dengan spermatozoa, dan 3 polosit/sel kutub/badan polar yang mengalami degenerasi (mati) karena tidak memiliki inti sel. Peristiwa oogenesis dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7.8. Peristiwa Oogenesis

Pada peristiwa Oogenesis, hanya satu telur yang fungsional sedangkan pada spermatogenesis , satu spermatogonium bisa menghasilkan 4 buah spermatozoa yang fungsional.

RANGKUMAN

Pembelahan sel terjadi di sel tubuh (somatik) maupun sel gamet dengan tujuan yang berbeda. Sel tubuh membelah secara mitosis dengan tujuan untuk pertumbuhan atau regenerasi, sedangkan pada kelenjar kelamin terjadi peristiwa meiosis yang menghasilkan sel gamet dengan kromosom haploid (n). Pada peristiwa spermatogenesis dihasilkan 4 buah sel spermatozoid fungsional, sedangkan pada oogenesis dihasilkan satu buah sel telur yang fungsional dan 3 polosit yang mengalami degenerasi.

PERTANYAAN

1. Jelaskan tujuan dari reproduksi sel!
2. Jelaskan jenis reproduksi sel!
3. Jelaskan tahapan fase pada mitosis!
4. Analisislah perbedaan fase pada mitosis dengan meiosis I!
5. Jelaskan ciri-ciri meiosis II!

SOAL “HOTS”

Diskusikanlah dengan kelompokmu, apakah peristiwa spermatogenesis dan oogenesis juga terjadi pada semua animalia? Bagaimanakah peristiwa tersebut jika terjadi pada tumbuhan?

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., & Walter, P. (2013). *Essential cell biology*. Garland Science.
- Baserga, R. (1985). *The biology of cell reproduction*. Harvard University Press.
- Campbell NA, Reece JB, Mitchell LG. (2008). *Biology*. Vol 7. San Francisco Pearson Education Inc. Publishing as Benyamin Cumming.
- Darnell, J. E., Lodish, H. F., & Baltimore, D. (1990). *Molecular cell biology* (Vol. 2). New York: Scientific American Books.
- Hay, E. D. (Ed.). (2013). *Cell biology of extracellular matrix*. Springer Science & Business Media.
- Isnaeni, W. (2006). *Fisiologi hewan*. Kanisius.
- Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudaira, P., Baltimore, D., & Darnell, J. (1995). *Molecular cell biology* (Vol. 3). New York: WH Freeman.
- Miller, S.A. and Harley, J.P. (2005). *Zoology*. Sixth Ed. Boston: Mc. Graw Hill
- Netter, F. H. (2017). *Atlas of Human Anatomy E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2014). *Campbell biology* (p. 135). Boston: Pearson.
- Team Biologi Umum IPA. (2017). *Bahan Kuliah Biologi Umum Untuk IPA*. Semarang: Jurusan IPA Terpadu.
- Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Reece, J. B. (2016). *Campbell biology*. Pearson.