

Struktur dan Fungsi Sel Tumbuhan

Prof. Dr. Hj. Triani Hardiyati, SU.



PENDAHULUAN

Fisiologi Tumbuhan mempelajari tentang aktivitas hidup yang dilakukan oleh tumbuhan dan menginterpretasi proses-proses kehidupan sedemikian rupa sehingga dapat dipakai untuk mengatur hidupnya. Di samping itu, juga mempelajari tentang respons tumbuhan terhadap perubahan lingkungan, serta pertumbuhan dan perkembangan yang terjadi akibat adanya tanggapan tersebut, yang mana hal tersebut berbeda antar individu tumbuhan, berkaitan dengan genetisnya. Dengan demikian, kehidupan tumbuhan ditentukan oleh interaksi dua faktor, yaitu faktor genetik dan faktor lingkungan.

Sebagai makhluk hidup, tumbuhan menunjukkan sejumlah aktivitas, yaitu:

1. tumbuhan mampu bertukar senyawa kimia dengan lingkungan, tetapi tidak terlalu banyak kehilangan senyawa kimia penyusun tubuhnya;
2. tumbuhan mampu menyerap dan menggunakan energi dari luar;
3. tumbuhan mampu mensintesis bahan kimia yang diperlukan serta mengganti bahan yang hilang ke lingkungan atau rusak;
4. tumbuhan sebagian selnya mampu mengadakan pembelahan atau penggabungan.

Tumbuhan mempunyai beberapa sifat khas membuat tumbuhan tersebut melakukan proses fisiologi yang berbeda dengan makhluk lainnya, misalnya tumbuhan tidak mobile (dapat berpindah tempat), hanya dapat menggunakan senyawa anorganik sebagai makannya (autotrof), dan hampir tiap selnya yang hidup mampu melakukan kegiatan metabolisme sehingga disebut mempunyai sifat totipotensi.

Setelah mempelajari buku materi pokok secara umum Anda diharapkan dapat menjelaskan konsep dasar fisiologi tumbuhan serta struktur dan fungsi sel tumbuhan. Secara khusus, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan hal-hal yang dipelajari dalam fisiologi tumbuhan;
2. menjelaskan konsep-konsep dasar fisiologis tumbuhan;
3. menjelaskan sifat kimia dan fisika sel;
4. menyebutkan bagian-bagian sel dan fungsi organel;
5. menyebutkan hasil-hasil metabolisme primer maupun sekunder dalam tumbuhan.

KEGIATAN BELAJAR 1**Konsep-konsep Fisiologi Tumbuhan****A. PENGERTIAN FISILOGI TUMBUHAN**

Fisiologi Tumbuhan adalah ilmu yang mempelajari struktur, proses, dan fungsi tumbuhan. Apa yang ada dan terjadi pada tumbuhan sehingga tumbuhan dapat hidup dan berkembang biak. Sepintas memang sulit membedakan secara kasat mata antara tanaman asli dan artifisial (buatan/hasil perbanyakan), namun pada tanaman asli (hidup), banyak sekali proses yang terjadi di dalamnya yang tidak kasat mata namun menarik untuk dikaji dan dipelajari. Misalnya, adanya air dan garam-garam yang terlarut di dalamnya bergerak dalam tubuh tumbuhan ke atas melalui lintasan pengangkutan yang khusus dari akar ke batang, daun dan dari daun ke atmosfer. Demikian pula ribuan reaksi kimia terjadi dalam tubuh tumbuhan yang dapat terjadi secara bersamaan. Lebih menarik lagi adalah bagaimana tumbuhan dapat mengadakan respons terhadap perubahan atau perlakuan lingkungan yang diberikan. Respons tumbuhan dalam bentuk proses yang terjadi di dalamnya yang diarahkan pada kemampuan mengatasi lingkungan baru. Proses tersebut merupakan proses fisiologi yang tidak kasat mata namun dapat dilihat hasil dari respons tersebut berupa hasil perkembangan yang terjadi pada tumbuhan tersebut.

Fisiologi merupakan bagian dari ilmu biologi yang mempelajari semua yang berkaitan dengan proses hidup organisme. Dalam mempelajari fisiologi, diperlukan pemahaman ilmu dasar yang lain, yaitu kimia khususnya biokimia, fisika, dan matematika. Di sisi lain ilmu fisiologi tumbuhan diperlukan bagi pengembangan ilmu-ilmu terapan, seperti ilmu pertanian, kehutanan, dan farmasi.

B. SEPULUH KONSEP DASAR FISILOGI TUMBUHAN

Ada sepuluh postulat tentang sains pada umumnya dan tentang fisiologi tumbuhan pada khususnya, yaitu sebagai berikut.

1. Seluruh fungsi tumbuhan dapat dipahami dengan dasar prinsip fisika dan kimia

Perkembangan kemajuan dalam fisiologi tumbuhan hampir seluruhnya bergantung pada kemajuan bidang ilmu fisika dan ilmu kimia, karena biologi pada umumnya mempunyai kaitan erat dengan ilmu fisika yang pada gilirannya sampai ke matematika. Fisiologi tumbuhan sebagai salah satu cabang ilmu biologi merupakan terapan dari fisika dan kimia modern untuk memahami tumbuhan. Oleh karena itu, kemajuan dalam fisiologi tumbuhan bergantung pada kemajuan di bidang ilmu fisika dan ilmu kimia. Telah kita ketahui bersama bahwa teknologi ilmu fisika terapan telah membantu peralatan penelitian di bidang fisiologi tumbuhan serta pengetahuan untuk menafsirkan berbagai hasilnya. Para ahli fisiologi tumbuhan mengaku pernyataan yang dikenal sebagai **hukum keseragaman alam** yang berbunyi: “lingkungan atau sebab yang sama akan menghasilkan efek atau tanggapan yang sama”.

Konsep tentang sebab dan akibat ini diakui sebagai hipotesis yang berlaku sampai dewasa ini.

2. Para ahli botani dan fisiologi tumbuhan juga mempelajari anggota dari empat di antara lima dunia organisme yang baru-baru ini dikenal oleh banyak ahli biologi

Para ahli biologi dewasa ini mempunyai anggapan bahwa pendekatan penggolongan organisme hidup menjadi lima dunia jauh lebih baik dibandingkan usaha sebelumnya yang mengelompokkan semua organisme sebagai tumbuhan atau hewan. Empat di antara lima dunia organisme yang dipelajari oleh ahli fisiologi tumbuhan adalah Monera, Protista, Cendawan (Cendawan sejati), dan Plantae.

3. Sel merupakan satuan dasar kehidupan. Semua organisme hidup terdiri dari sel yang memiliki nukleus terbungkus oleh membran atau struktur serupa tetapi tanpa membran. Tak ada kehidupan dalam satuan yang lebih kecil dari pada sel. Sel hanya dapat terjadi dari pembelahan sel yang ada sebelumnya

Sejumlah pernyataan di atas dikenal sebagai **teori sel**. Organisme senonistik (ganggang, cendawan, cendawan lendir tertentu) tidak memiliki organel (*mitokondria*, *nukleus*) yang dibatasi oleh membran sehingga menjadi satuan yang disebut sel.

4. Sel eukariot terdiri dari organel yang terbungkus membran, misalnya kloroplas, mitokondria, nukleus, dan vakuola, sedangkan prokariot terdiri dari organel tanpa membran
Beberapa organisme yang mempunyai sel eukariot mengandung nukleus sejati dan sebagian besar bersel tunggal, misalnya protozoa dan cendawan lendir. Organisme yang memiliki sel prokariot tidak mengandung nukleus atau organel sel yang terorganisasi, misalnya bakteri.
5. Sel dicirikan oleh adanya makro molekul khusus seperti pati dan selulosa yang terdiri dari ratusan sampai ribuan gula atau molekul lain. Pada beberapa makro molekul seperti lignin, gugus molekulnya dapat berulang atau dijumpai di sana-sini pada molekul pembangunan
Sel yang mengandung makro molekul khusus ini juga tidak terdapat pada setiap organisme, misalnya selulosa hanya dijumpai pada sel tumbuhan karena sebagai salah satu bahan pembangun dinding sel, sedangkan pada sel hewan tidak dijumpai karena tidak mempunyai dinding sel.
6. Sel juga dicirikan oleh adanya molekul makro, seperti protein dan asam nukleat (DNA dan RNA), yang tersusun sebagai rantai dan terdiri dari ratusan molekul sederhana dari berbagai jenis (dua puluh jenis atau lebih asam amino dalam protein, dan empat atau lima jenis nukleotida dalam asam nukleat). Rantai ini terdiri dari bagian yang panjang-panjang dengan urutan tak berulang, yang terpelihara dan mengganda ketika molekul-molekul itu diperbanyak
Molekul yang khas bagi kehidupan itu mengandung informasi. Informasi ini dipindahkan dari generasi sel ke generasi sel berikutnya melalui DNA dan dari DNA ke protein dengan bantuan RNA. Informasi terungkap pada ciri fisik tertentu dan kemampuan mengkatalisis reaksi kimia dalam sel.
7. Pada organisme multisel, sel tersusun membentuk jaringan dan organ. Sel dalam organisme multisel tidaklah sama, sering mempunyai fungsi yang berbeda satu sama lain
Konsep jaringan organ lebih sulit diterapkan pada tumbuhan dibandingkan pada hewan. Contoh jaringan tumbuhan yang khas adalah

epidermis, korteks, jaringan pembuluh, dan empulur. Organ utama tumbuhan berpembuluh ialah akar, batang, dan daun yang dapat mengalami modifikasi (misalnya bunga).

8. Organisme hidup adalah struktur yang tumbuh sendiri
Proses perkembangan organisme, meliputi pembelahan sel, pembesaran sel serta spesialisasi sel atau diferensiasi, suatu tumbuhan bermula dari satu sel tunggal dan kemudian menjadi organisme multisel. Tumbuhan terus berkembang sepanjang hidupnya dengan adanya meristem. Perkembangan merupakan fenomena dalam biologi kontemporer yang paling sedikit informasinya.
9. Organisme tumbuh dan berkembang di lingkungan dan berinteraksi dengan lingkungannya atau dengan organisme sesamanya melalui banyak cara.
Contohnya, perkembangan tumbuhan dipengaruhi oleh suhu, cahaya, gravitasi, kelembaban, dan angin.
10. Pada organisme hidup seperti halnya pada mesin merupakan struktur yang sangat erat kaitannya dengan fungsi
Fungsi kehidupan tidak akan berlangsung tanpa adanya struktur gen, enzim, molekul lain, organel, sel, jaringan, dan organ. Struktur diciptakan oleh fungsi pertumbuhan dan perkembangan. Dalam fisiologi tumbuhan sangat bergantung pada ilmu anatomi, biologi sel, kimia struktur, serta kimia fungsi.

Agar Anda dapat lebih menguasai pengertian dan konsep-konsep dasar fisiologi tumbuhan yang telah disajikan, bacalah berulang-ulang secara saksama dan buatlah ringkasan dari teori serta konsep-konsep tersebut.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Hal apa sajakah yang dipelajari dalam fisiologi tumbuhan?
- 2) Jelaskan ke-10 konsep dasar fisiologi tumbuhan!

- 3) Sebutkan ilmu lain di luar Biologi yang berperan penting dalam mempelajari fisiologi modern!
- 4) Apa hubungan ilmu fisiologi tumbuhan dengan ilmu lain?
- 5) Apa peran ilmu lain di luar fisiologi tumbuhan?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab latihan tersebut, silakan pelajari kembali bahasan tentang Pengertian Fisiologi Tumbuhan, untuk soal nomor 1), 3), 4), dan 5) serta Sepuluh Konsep Dasar Fisiologi Tumbuhan untuk soal nomor 2).



RANGKUMAN

Fisiologi tumbuhan merupakan ilmu yang mempelajari struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada tumbuhan sehingga tumbuhan dapat hidup.

Dalam mempelajari fisiologi tumbuhan perlu pemahaman ilmu-ilmu dasar seperti fisika, kimia, dan matematika. Ilmu fisiologi tumbuhan merupakan ilmu dasar yang diperlukan bagi pengembangan ilmu-ilmu terapan dengan objek tumbuhan, seperti pertanian, kehutanan, dan farmasi.

Sepuluh postulat yang dikemukakan, berisi tentang sains pada umumnya dan tentang fisiologi tumbuhan pada khususnya. Salah satu dari 10 postulat tersebut merupakan teori tentang sel.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Bidang ilmu di luar biologi yang peranannya sangat penting dalam mempelajari fisiologi modern adalah
 - A. matematika, geografi, ekologi
 - B. fisika, kimia, matematika
 - C. ekologi, anatomi, ichtiologi
 - D. morfogenesis, taksonomi, matematika

- 2) Sel dicirikan oleh adanya molekul makro khusus, seperti pati dan selulosa, yang terdiri dari ratusan sampai ribuan gula atau molekul lain. Pada beberapa molekul makro, seperti lignin, gugus molekulnya dapat berulang atau dijumpai di sana-sini pada molekul pembangun. Pernyataan di atas merupakan postulat dasar ke
- 1
 - 2
 - 4
 - 5
- 3) a) Sel merupakan satuan dasar kehidupan.
b) Semua organisme hidup terdiri dari sel yang memiliki nukleus terbungkus oleh membran atau struktur serupa tapi tanpa membran.
c) Tidak ada kehidupan dalam satuan yang lebih kecil dari pada sel. Sel hanya terjadi dari pembelahan sel yang ada sebelumnya.
Ketiga pernyataan tersebut di atas dikenal sebagai teori
- kinetis
 - totipotensi
 - sel
 - plasmolisis
- 4) Transpor merupakan mekanisme pengaturan dan penyebab terjadinya koordinasi aktivitas sel dan individu. Organ yang berperan dalam hal ini adalah
- plasmodesmata
 - stomata
 - membran
 - vakuola
- 5) Proses pengangkutan air tanah ke akar, batang dan daun hingga ke atmosfer merupakan contoh peranan ilmu
- kimia
 - fisika
 - matematika
 - genetika
- 6) Beberapa organisme yang mempunyai sel eukariot mengandung nukleus sejati dan sebagian besar bersel tunggal, misalnya
- lichen
 - alga
 - bakteri
 - cendawan lendir

- 7) Organ utama tumbuhan berpembuluh adalah
- akar, batang, dan spora
 - batang, daun, dan bunga
 - akar, batang, dan daun
 - daun, bunga, dan buah
- 8) Keajaiban dalam fisiologi tumbuhan sangat bergantung pada ilmu
- anatomi tumbuhan, biologi sel, kimia struktur, dan kimia fungsi
 - taksonomi, biologi sel, dan kimia fungsi
 - anatomi hewan, biologi sel, dan kimia struktur
 - ekologi, anatomi, dan kimia analitik
- 9) Perkembangan tumbuhan dipengaruhi oleh
- suhu, cahaya, gravitasi, angin, dan kelembaban
 - suhu, cahaya, angin, dan curah hujan
 - fotoperiodisitas dan fernalisasi
 - suhu, cahaya, dan pemupukan
- 10) Di bawah ini merupakan tumbuhan berpembuluh, *kecuali*
- tumbuhan berbunga kelas dikotil
 - tumbuhan berbunga kelas monokotil
 - Gymnospermae
 - lichen

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2**Sel Tumbuhan****A. PENGERTIAN SEL**

Sel merupakan unit dasar kehidupan yang tidak dijumpai dalam kehidupan unit-unit yang lebih kecil dari sel. Organisme dapat terdiri dari satu sel atau banyak sel. Sel-sel yang berada dalam organisme berasal dari sel-sel sebelumnya.

Organisme satu sel melakukan semua aktivitas hidupnya di dalam sel itu sendiri, sedangkan organisme multiseluler karena sel-sel tersusun sebagai jaringan ataupun organ maka dalam melakukan aktivitasnya terdapat pembagian tugas. Sel yang berbeda dalam multiseluler memiliki struktur dan fungsi yang berbeda. Di dalam organisme hidup, seperti halnya dengan mesin, ada hubungan yang erat antara struktur dan fungsi.

Di alam dapat kita jumpai dua kelompok sel, yaitu sel-sel prokariotik dan sel-sel eukariotik. Sel prokariotik biasanya tidak mempunyai inti yang jelas, tetapi memiliki materi inti, misalnya pada bakteri dan ganggang biru – hijau. Ukuran selnya sangat kecil dan biasanya dinding sel prokariotik bukan selulosa sehingga secara kimiawi berbeda dengan dinding sel tumbuhan tingkat tinggi. Tebal dinding sel berkisar antara 10–20 nanometer (nm) dan kadang-kadang diselaputi oleh kapsul sejenis jelly yang relatif tebal atau lendir dari bahan protein.

Sel-sel eukariotik dijumpai pada protista, fungi, dan tumbuhan, dengan struktur yang lebih maju, dan adanya membran yang membungkus isi sel. Akan tetapi beberapa protista tidak memiliki dinding sel, hanya mempunyai membran saja. Demikian pula pada sel-sel muda dan banyak sel dari tumbuhan hanya memiliki dinding primer saja (dindingnya tipis).

B. SIFAT KIMIA DAN FISIKA SEL

Sel secara keseluruhan tersusun dari zat-zat kimia, yaitu atom dan molekul. Sel dapat berbeda bentuk, susunan, sifat, dan fungsinya. Meskipun demikian fungsi dari sel-sel tersebut tidak jauh berbeda dengan sifat-sifat atom atau molekul penyusunnya. Keadaan zat-zat kimia dalam sel tidak

statis, mereka selalu berubah-ubah akibat dari proses fisika dan kimia yang terjadi pada sel tersebut.

1. Sifat-sifat Kimia Sel

a. *Organisme tersusun oleh unsur-unsur kimia*

| Elemen | % Berat |
|--------|---------|
| O | 62 |
| C | 20 |
| H | 10 |
| N | 3 |
| Ca | 2,5 |
| P | 1,14 |
| Cl | 0,16 |
| S | 0,14 |
| K | 0,11 |
| Na | 0,10 |
| Mg | 0,07 |
| J | 0,014 |
| Fe | 0,01 |

b. *Senyawa yang menyusun sel (protoplasma)*

| Komponen | % |
|-----------------|----|
| Air | 75 |
| Protein | 2 |
| Lemak / lipid | 1 |
| Karbohidrat | 20 |
| Anorganik padat | 2 |

Jumlah masing-masing senyawa tersebut adalah bervariasi tergantung dari jenis dan umur sel.

c. *Komponen-komponen anorganik*

Semua senyawa-senyawa anorganik dari organisme langsung maupun tidak langsung berasal dari mineral-mineral (batuan, tanah) dan diambil dari tanah melalui akar dalam bentuk ion-ion.

1) Air (H₂O)

Air merupakan komponen yang terdapat paling banyak dalam sel tumbuhan (organisme). Sebagai contoh:

| Kadar Air | % |
|--------------------------------------|-------|
| Biji-biji tumbuhan | 5–10 |
| Kayu batang pohon yang baru ditebang | 40–65 |
| Daun | 50–90 |
| Jamur | 85–90 |
| Algae | 90–95 |

Catatan: rata-rata benda hidup mengandung air sekitar 65–75%.

2) Anorganik padat

Beberapa jenis tumbuhan mengandung komponen anorganik yang agak banyak, yaitu antara 1–2%. Komponen tersebut dapat berbentuk kristal di dalam sel. Endapan-endapan kristal tersebut biasanya dalam bentuk senyawa-senyawa silika atau kalsium. Contoh:

(1) Kalsium karbonat

(2) Kalsium oxalat

3) Garam mineral

Protoplasma sel tersusun oleh senyawa elektrolit baik lemah maupun kuat dan senyawa non-elektrolit. Ion-ion yang terdapat dalam protoplasma berasal dari garam, asam, dan basa. Garam yang terdapat dalam protoplasma, antara lain NaCl, CaSO₄, MgCl₂, KH₂PO₄, NH₄CO₃, NH₄H₂PO₄. Sementara asam terdiri dari HCl dan HNO₃ dan basa terdiri dari NaOH dan KOH. Adapun kation dan anion yang terdapat dalam protoplasma, yaitu:

Kation : H⁺, NH₄⁺, Ca⁺, K⁺, Na⁺

Anion : OH⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, NO₃⁻, H₂PO₄⁻, SO₄⁻.

Dalam protoplasma terjadi berbagai proses kehidupan dan reaksi kimia, yaitu terjadinya penggabungan anion dan kation yang berbeda muatan, yang berasal dari senyawa elektrolit lemah maupun kuat. Penggabungan ion-ion dari senyawa yang berbeda kekuatan ionisasinya akan menimbulkan perubahan pH (derajat keasaman) pada protoplasma, yaitu terjadi asam, basa, atau netral. Pada protoplasma walaupun terjadi penggabungan, keadaan pH nilainya tetap berkisar antara 6,8– 7,2. Hal ini disebabkan oleh adanya ion-ion yang bersifat buffer, antara lain HCO₃²⁻ dan PO₄³⁻.

4) Gas

Gas selain terkandung di udara, seperti O_2 , N_2 , dan CO_2 terdapat juga di dalam protoplasma. Contoh:

N_2 : merupakan senyawa inert yang tidak berperan dalam metabolisme.

CO_2 : ditemukan pada hampir semua sel sebagai hasil metabolisme oksidatif, yaitu sebagai hasil respirasi yang akan digunakan kembali dalam proses fotosintesis.

d. Komponen-komponen organik

Telah diketahui bahwa komponen-komponen organik terdiri dari senyawa-senyawa yang mengandung unsur C, H, dan O, kecuali senyawa-senyawa CO_2 dan H_2CO_3 .

Sel mengandung banyak senyawa organik yang digolongkan ke dalam beragam kategori. Dari aneka ragam kategori tersebut terdapat 4 kategori khusus yang terdapat pada semua bentuk sel. Mereka membentuk dasar organik dari benda hidup dan merupakan senyawa-senyawa penting dalam metabolisme dasar.

Empat kategori khusus itu adalah sebagai berikut.

- 1) Gula, polisakarida, dan karbohidrat lainnya.
- 2) Lemak, asam lemak, dan gliserol.
- 3) Asam amino dan protein.
- 4) Nukleoprotein dan asam nukleat.

Senyawa-senyawa itu ada yang berbentuk padat membentuk bagian-bagian sel sebagai komponen struktur sel, jaringan dan organ (*lignin, selulosa*). Ada juga yang melarut atau sebagai klorida dalam cairan sel.

Di samping keempat kategori itu masih terdapat beratus-ratus senyawa lainnya yang semuanya merupakan hasil metabolisme primer atau sekunder yang sumber utamanya adalah fotosintesis.

1) Karbohidrat

Karbohidrat pada umumnya hanya mengandung unsur C, H, dan O. Walaupun demikian banyak dari karbohidrat yang merupakan derivatnya terfosforilasi dan beberapa mengandung N. Karbohidrat yang terlihat dalam reaksi metabolisme pada umumnya berada dalam bentuk sederhana, sebagai monosakarida, seperti glukosa, fruktosa, arabinosa, sedangkan karbohidrat cadangan (*storage*) dan struktur kebanyakan

berbentuk polisakarida. Dinding sel tumbuhan terdiri dari selulosa yang mengandung beberapa ribu monomer glukosa yang tersusun membentuk *mikrofibril* yang panjang untuk menunjang kekuatan struktur dinding sel. Tumbuhan juga mengandung pati yang berupa polimer lainnya dari glukosa. Molekul pati juga mengandung beberapa molekul glukosa, tetapi tidak mempunyai fibril seperti pada selulosa.

a) Monosakarida

Monosakarida yang paling sederhana adalah gliseraldehid yang merupakan, gula berkarbon 3 (triosa).

Dengan meningkatkan jumlah atom C dari suatu monosakarida, juga akan meningkatkan jumlah jenis gula yang mungkin terbentuk akibat orientasi gugusan $-H$ dan $-OH$ pada atom-atom C-nya, seperti pada heksosa berikut ini.

- (1) Glukosa
- (2) Galaktosa
- (3) Mannosa
- (4) Fruktosa

Keempat isomer heksosa tersebut mempunyai komposisi kimia yang sama ($C_6H_{12}O_6$), tetapi berbeda dalam sifat fisiknya. Dan keempatnya termasuk monosakarida yang umum terdapat dalam tumbuhan. Glukosa dan fruktosa merupakan dua heksosa yang paling penting dalam tumbuhan.

Monosakarida lainnya adalah :

- (1) Eritrosa : $CH_2OH(CHOH)_2CH_2OH$
- (2) Sedoheptulosa : $CH_2OHCO(CHOH)_4CH_2OH$
- (3) Ribosa dan Xilosa : $CH_2OHCO(CHOH)_2CH_2OH$

Semua berhubungan langsung dengan siklus karbon setelah fiksasi CO_2 dalam proses fotosintesis. Gula-gula itu biasanya dalam bentuk ester fosfat. Ribosa dan deoksiribosa merupakan monosakarida yang mempunyai arti penting dalam sel karena kedua jenis gula beratom C lima (pentosa) tersebut merupakan senyawa pembentuk asam nukleat.

b) Oligosakarida

Oligosakarida terbentuk dari kondensasi dua, tiga atau empat molekul monosakarida. Contoh:

- (1) Disakarida: $C_{12}H_{22}O_{11}$
- (2) Trisakarida: $C_{18}H_{32}O_{16}$
- (3) Tetrasakarida: $C_{24}H_{42}O_{21}$

Rafinosa (trisakarida) merupakan kondensasi dari galaktosa, glukosa, dan fruktosa. Golongan trisakarida ini terdapat banyak dalam tanaman/umbi Bit (*Beta vulgaris*). Stachiosa (tetrasakarida) terdapat dalam umbi *Strachys tubifera* dan terbentuk atas kondensasi dari glukosa, fruktosa dan dua molekul glukosa. Golongan disakarida mewakili beberapa jenis gula tumbuhan yang umumnya terdapat dalam jumlah banyak di dalam jaringan. Disakarida dapat terbentuk atas kondensasi dari dua molekul monosakarida yang sama atau dua monosakarida yang berbeda. Contohnya:

- (1) Maltosa (kondensasi dua molekul yang sama)
- (2) Selobiosa (kondensasi dua molekul yang sama)
- (3) Sukrosa (kondensasi dua molekul yang berbeda)

Sukrosa merupakan produk utama dari fotosintesis. Dalam gula dan gula Bit, kadar sukrosa dapat mencapai tinggi 15–20%. Dalam banyak jenis tumbuhan lainnya pati merupakan bentuk karbohidrat penyimpan utama.

c) Asam gula

Asam gula merupakan derivat dari gula. Asam ini terbentuk apabila gugusan aldehida atau gugus terakhir ($-\text{CH}_2\text{OH}$) dioksidir menjadi gugusan karboksil ($-\text{COOH}$). Glukosa apabila dioksidir akan menjadi asam glukuron, dan galaktosa akan menjadi asam galakturon.

d) Alkohol Gula

Alkohol gula merupakan derivat gula hasil reduksi gugusan aldehid menjadi alkohol primer. Misalnya, sorbitol, manitol, dan mio-inositol adalah gula-gula alkohol yang banyak terdapat dalam tumbuhan. Sorbitol dan manitol sering terdapat dalam jumlah banyak dalam kulit dan daging buah dari beberapa jenis buah-buahan. Mio-inositol merupakan bagian dari suatu fosfolipid karena penting dalam struktur membran.

e) Polisakarida

Polisakarida terbentuk oleh adanya kondensasi dari monosakarida-monosakarida dan jumlahnya paling sedikit adalah sepuluh, walaupun biasanya jumlahnya jauh lebih besar dari sepuluh. Polisakarida-polisakarida diklasifikasikan menurut golongan gula yang dikondensasikan. Contoh:

- (1) Heksosan, merupakan kondensasi dari molekul heksosa.

- (2) Pentosan, merupakan hasil kondensasi dari molekul pentosa.
- (3) Polisakarida majemuk, merupakan hasil kondensasi dari heksosa maupun pentosa.

Klasifikasi dapat diperluas berdasarkan jenis gula yang berkondensasi. Dalam hal ini, heksosan dibagi menjadi:

- (1) Glukosan, terbentuk oleh adanya kondensasi molekul-molekul glukosa.

Contoh: pati, selulosa, glikogen.

- (2) Fruktosan, terbentuk oleh adanya kondensasi molekul-molekul fruktosa. Contoh terpenting adalah inulin.

Polisakarida lainnya merupakan pentosa atau polisakarida majemuk di antaranya musilage, blendok (gum), dan hemiselulosa.

f) Pati

Pati terdiri dari monomer α -D-glukosa yang membentuk molekul polisakarida yang menggulung. Pati secara relatif larut dalam air dan mudah terurai menjadi fragmen yang lebih kecil oleh aktivitas enzim. Pada tumbuhan terdapat dua jenis pati, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa mengandung ± 2000 molekul α -D-glukosa yang berbentuk rantai tidak bercabang, sedangkan amilopektin terdiri dari ± 100.000 molekul α -D-glukosa dengan rantai cabang membentuk struktur berupa jaring. Kedua jenis pati tersebut berbeda dalam daya larut di air dan daya urai oleh enzim.

g) Selulosa

Selulosa merupakan penyusun dinding sel yang penting. Terdiri dari molekul β -D-glukosa, sebuah molekul selulosa mengandung sekitar 6.000 molekul β -D-glukosa. Selulosa merupakan molekul makro yang panjang seperti rantai terpilin. Di antara molekul terbentuk ikatan intramolekuler membentuk struktur berupa serat yang agak kaku, tidak larut dalam air, dan tahan terhadap degradasi metabolik.

h) Hemiselulosa

Hemiselulosa banyak dijumpai dalam dinding sel. Seperti halnya selulosa, hemiselulosa juga merupakan rantai dari molekul-molekul yang kompleks. Hemiselulosa sebagian terbentuk oleh pentosa dan sebagian lagi oleh asam uronat.

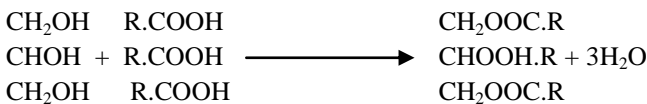
i) Lignin

Lignin berasosiasi dengan selulosa dan polisakarida lainnya dari dinding sel sekunder jaringan xilem, khususnya pada tumbuhan

berkayu. Kadar lignin dapat mencapai 25% dari kering kayu. Lignin merupakan sebuah polimer kompleks yang terdiri dari beberapa monomer koneforil alkohol. Lignin tidak dapat disebut sebagai karbohidrat, tetapi di dalam sel tumbuhan mempunyai hubungan yang dekat dengan polisakarida.

2) Lemak

Lemak adalah ester yang terbentuk oleh kondensasi dari tiga molekul asam lemak dengan satu molekul trihidroksil alkohol, gliserol sebagai berikut:



Gliserol + 3 molekul asam lemak lemak + 3 mol air

Tiga molekul asam lemak penyusunnya dalam hal ini tidak harus semuanya sama, tiga asam lemak yang berbeda satu sama lain dapat ikut berkondensasi dengan satu molekul gliserol.

a) Asam lemak terpenting yang terdapat dalam tumbuhan

- (1) Asam butirat: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2 \text{COOH}$
- (2) Asam kaproat: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4 \text{COOH}$
- (3) Asam palmitat: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14} \text{COOH}$
- (4) Asam stearat: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16} \text{COOH}$
- (5) Asam oleat: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7 \text{CH} = \text{CH} (\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$

Lemak tumbuhan disebut minyak karena pada suhu kamar biasanya dalam keadaan cair. Lemak ada dua jenis, yaitu sebagai berikut.

- (1) Lemak jenuh : mengandung asam lemak dengan rantai C panjang dan hanya memiliki sedikit ikatan ganda.
- (2) Lemak tidak jenuh : mengandung asam lemak dengan rantai C pendek dan memiliki ikatan ganda.

Lemak merupakan molekul yang kaya energi, yang diperoleh pada proses perombakan. Lemak seperti halnya karbohidrat dan protein merupakan senyawa-senyawa dasar dalam pembentukan molekul-molekul sel yang lebih kompleks. Lemak mempunyai fungsi yang penting, antara lain sebagai selaput pembatas (membran plasma), yaitu dalam mengatur masuk keluarnya (permeabilitas) zat-zat makanan (metabolisme).

b) Derivat lemak

Lilin secara kimia ada hubungannya dengan lemak. Komposisi penyusunnya sangat berbeda antara jenis yang satu dengan jenis yang lainnya. Di samping mengandung asam lemak, lilin tumbuhan juga mengandung rantai alkohol aldehyd dan keton yang keseluruhannya merupakan rantai yang terdiri dari 22–32 atom karbon. Lilin membentuk lapisan tipis pada permukaan sel dari daun atau bagian tumbuhan lainnya yang ada di permukaan.

c) Kutin dan suberin (zat gabus)

Kedua zat ini juga merupakan derivat dari lemak yang mempunyai peran dalam melindungi permukaan bagian-bagian tumbuhan. Suberin adalah sekresi dari sel-sel gabus dan kutin yang terdapat pada kutikula. Lilin, kutin, dan suberin tidak larut dalam air. Ketiga zat-zat tersebut berfungsi melindungi permukaan bagian tumbuhan terhadap air dan menahan penguapan.

d) Sterol

Suatu struktur cincin yang kompleks yang membentuk beberapa vitamin dan hormon pada binatang. Sterol yang sudah dikenal, antara lain stigmasterol, β -sitosterol, kolesterol, dan ergosterol. Ergosterol merupakan sterol yang penting karena oleh sinar ultra violet dapat diubah menjadi D_2 (kalsisterol). Kolesterol pada tumbuhan ternyata dapat ditemukan, misal pada kentang *Dioscorea spiculiflora* dan algae merah. Digitalin, sterol yang terdapat dalam *Digitalis purpurea* digunakan untuk pengobatan penyakit jantung.

e) Fosfolipida

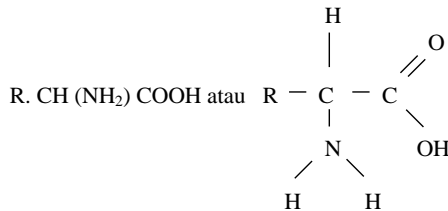
Fosfolipida merupakan lipid yang mengandung fosfat dan asam lemak yang membentuk ester dengan gliserol. Struktur fosfolipid dapat diwakili oleh asam fosfatidik. Asam fosfatidik pada umumnya tidak diakumulasikan dalam tumbuhan, tetapi sebagai intermediat dari asam-asam fosfolipid sejenis lecitin. Fosfat yang terdapat pada asam fosfatidik diesterkan dengan gugusan hidroksil dari etanolamin, $HO - CH_2 - CH_2 - NH_2$ (serin), **gliserolfosfatidil** di mana sebuah gliserol lain diesterkan dengan fosfat dan inositol fosfatidil, yang mengandung ikatan ester antara fosfat dan gula inositol.

Fosfolipid mengandung bagian yang tidak larut dalam air (asam lemak) dan bagian yang larut dalam air (choline, etanolamin, serine,

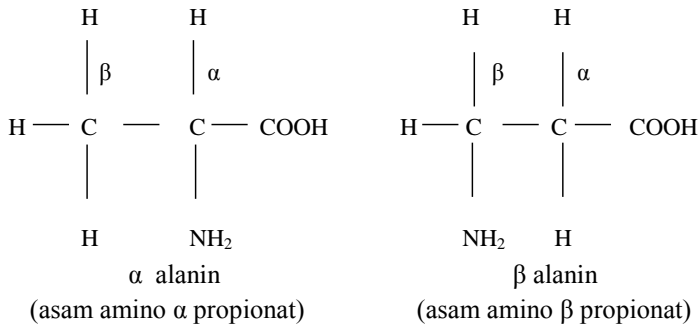
inositol, dan gliserol). Mereka merupakan penyusun penting dari plasma membran yang terdapat pada inti, kloroplas, mitokondria, sitoplasma (tonoplas dan plasmolema), dan endoplasmik retikulum.

3) Protein

Di samping unsur-unsur C, H, dan O, protein selalu mengandung unsur N dan ada pula yang mengandung S. Protein adalah hasil kondensasi unit-unit senyawa bermolekul kecil, yaitu asam amino dengan struktur dasar sebagai berikut:



Asam amino alami pada umumnya mempunyai bentuk asam amino α , yaitu memiliki gugus amino (NH_2) terletak pada atom karbon α (atom karbon yang terdekat dengan gugus COOH). Contoh:



20 asam amino penting:

- a) Asam amino alifatik
 - (1) Glisin
 - (2) Alanin
 - (3) Valin
 - (4) Leusin
 - (5) Isoleusin
- b) Asam amino basa
 - (1) Arginin
 - (2) Lisin

- c) Asam amino asam (dan amidanya)
 - (1) Asam aspartat
 - (2) Asam glutamat
 - (3) Asparagin
 - (4) Glutamin
- d) Asam amino yang mengandung sulfur
 - (1) Sistein
 - (2) Metionin
- e) Asam amino terhidroksi
 - (1) Serin
 - (2) Treonin
- f) Asam amino heterosiklik
 - (1) Prolin
 - (2) Triptofan
 - (3) Histidin
- g) Asam amino aromatik
 - (1) Tirosin
 - (2) Fenilalanin

Fungsi protein bagi organisme sebagai:

- a) bahan pembentuk (penyusun) organisme.
- b) katalisator (enzim), yaitu mempercepat reaksi.
- c) bagian penting dari nukleoprotein (di antara gen).

Ketiga fungsi protein tersebut berperan sangat penting dalam organisme. Selain merupakan bagian dari pewaris bagi generasi berikutnya, juga berperan sebagai penyusun dan penentu aktivitas.

4) Asam-asam organik

Pada sel tumbuhan dalam jumlah besar asam-asam organik *alifatik* terlarut dalam protoplasma dan vakuola. Asam-asam organik yang terkumpul dalam vakuola menyebabkan cairan vakuola menjadi agak asam dengan pH antara 5,5–6,5. Asam-asam organik tumbuhan yang berat atom karbon antara dua dan enam, sebagian besar dihasilkan dari siklus-siklus pada respirasi **aerobik**. Asam-asam organik, seperti asam piruvat, suksinat, fumarat, malat, oxaloasetat, ketoglutarat, sitrat, dan isositrat merupakan intermediat dari proses respirasi dan merupakan prekursor dari berbagai senyawa penting dalam tumbuhan. Di samping itu asam-asam organik mempunyai peran penting dalam mempertahankan keseimbangan ion, status nutrisi, dan tumbuh.

Asam-asam glikolat, gliksilat dan oksalat banyak terdapat dalam tumbuhan. Mereka berbeda pada taraf oksidasi dari atom karbon yang pertama, berturut-turut adalah alkohol, aldehida, dan asam. Asam glikolat dan gliksilat terdapat banyak dalam protoplasma sel-sel daun terutama dalam kloroplas. Diprediksi senyawa itu mempunyai hubungannya dengan fotosintesis dan respirasi.

Asam oksalat dengan Ca membentuk kristal-kristal Ca oksalat yang banyak terdapat dalam vakuola. Kristal-kristal ini dapat menyebabkan rasa gatal, misalnya terdapat pada buah nanas.

Asam malonat dalam keadaan bebas, hanya terdapat pada beberapa jenis Leguminoceae. Asetil CoA yang memfiksasi karbondioksida akan membentuk senyawa malonyl CoA yang merupakan prekursor penting dalam sintesis asam lemak.

Struktur molekul dari beberapa asam tumbuhan:

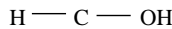
a) Asam 2 karbon



b) Asam 3 karbon



Piruvat

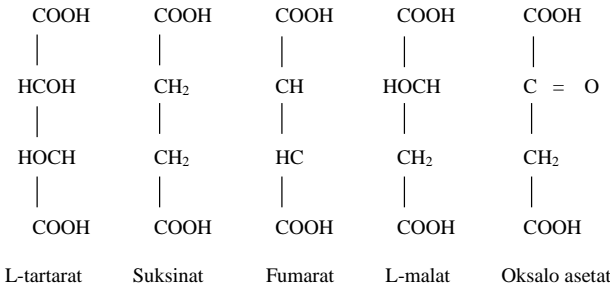


D – gliserat

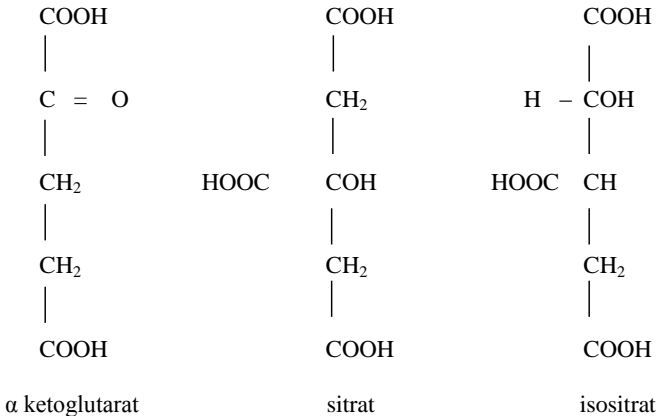


Malonat

c) Asam 4 karbon



d) Asam 5 karbon



5) Nukleoprotein dan asam nukleat

Nukleoprotein adalah asam nukleat yang terikat pada protein. Nukleoprotein terdapat pada semua bagian sel hidup, dari bakteri, tumbuhan bersel satu sampai binatang yang telah tinggi perkembangannya. Pada virus, nukleoprotein merupakan penyusun tunggal yang terkonsentrasi sangat tinggi dalam kromosom. Gen sebagai pembawa sifat adalah nukleoprotein. DNA merupakan asam nukleatnya, sedangkan histon yang kaya lisin dan arginin merupakan proteinnya.

2. Sifat Fisika Sel (Protoplasma)

Protoplasma terdiri dari berbagai jenis unsur dan senyawa baik organik maupun anorganik yang heterogen. Ukuran-ukuran partikel yang terlarut dalam protoplasma berkisar antara 0,001–0,1 mikron sehingga termasuk

larutan koloid. Senyawa organik yang menyusun matriks (protoplasma berbentuk cair), seperti karbohidrat, protein, dan lemak berupa suspensi ukuran lebih besar dari 0,1 mikron, sedangkan ion-ion yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mikron berupa larutan murni. Keadaan komposisi tersebut menyebabkan protoplasma memiliki sifat fisika sebagai berikut.

a. *Gerak Brown*

Gerak Brown, yaitu gerak dari molekul-molekul protoplasma yang tidak beraturan karena adanya molekul air.

Gerak ini diteliti oleh Robert Brown (1827), seorang ahli Botani bangsa Skotlandia di dalam larutan koloid. Gerak Brown ini biasanya terjadi dalam larutan koloid dan tergantung pada temperatur dan ukuran partikel.

b. *Larutan koloid protoplasma*

Larutan koloid protoplasma dapat memantulkan cahaya bila arah datangnya sinar tepat mengenai sistem koloid, peristiwa pemantulan cahaya tersebut disebut **Efek Tyndall**.

c. *Cyklosis*

Cyklosis, yaitu gerakan berupa arus yang terjadi pada protoplasma yang berbeda dalam keadaan sol.

Cyklosis ini disebabkan oleh:

- 1) Tekanan hidrostatik
- 2) Temperatur
- 3) pH
- 4) Kekentalan (viskositas)
- 5) Umur sel

d. *Gerak Amoeboid*

Gerak Amoeboid adalah gerakan protoplasma pada sel (terutama pada satu sel: amoeba, protozoa, serta leukosit) yang disebabkan oleh perubahan fungsi sehingga sitoplasma memanjang keadaannya.

e. *Terjadi tegangan permukaan*

Tegangan permukaan terjadi karena tertariknya molekul-molekul pada permukaan oleh molekul di bawahnya yang bergerak bebas dengan kekuatan pada setiap arah yang sama. Akibat tarikan tersebut molekul permukaan

menjadi terikat sehingga terjadi tegangan yang disebut **tegangan permukaan**.

f. Absorpsi

Absorpsi dapat meningkatnya konsentrasi substansi pada permukaan suatu larutan.

1. Setelah mempelajari uraian materi kegiatan belajar ini dengan cermat, coba Anda diskusikan dengan teman-teman Anda apa sebenarnya perbedaan antara sel-sel tumbuhan dan sel-sel hewan.
2. Cobalah Anda bersama teman-teman, masing-masing berlatih membuat soal.
3. Selanjutnya, soal-soal tersebut saling Anda tukar dan silakan dibuat jawabannya secara individual.
4. Untuk mendapatkan kepuasan dalam memahami isi materi kegiatan belajar ini, diskusikan jawaban tersebut dengan teman-teman Anda.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan perbedaan antara sel prokariotik dengan sel eukariotik!
- 2) Sebutkan sifat-sifat kimia dan fisika sel!
- 3) Jelaskan secara rinci sifat-sifat kimia dan fisika dari sel tersebut!
- 4) Jelaskan fungsi protein dalam suatu organisme!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab latihan tersebut di atas, silakan Anda baca kembali tentang sel tumbuhan dan sifat-sifat kimia dan fisika tumbuhan.



RANGKUMAN

Secara umum di alam kita jumpai dua kelompok sel, yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel secara keseluruhan tersusun dari zat-zat kimia, yaitu atom dan molekul-molekul. Sel dapat berbeda bentuk, susunan, sifat, dan fungsinya. Walaupun demikian, fungsi dari sel-sel tersebut tidak jauh dari sifat-sifat atom atau molekul penyusunnya.

Keadaan zat-zat kimia dalam sel tidak statis, mereka selalu berubah-ubah akibat adanya proses-proses kimia. Sifat fisika sel (protoplasma) ditunjukkan dengan adanya gerak Brown, efek Tyndall, cyklosis, gerak Amuboid, terjadinya tegangan permukaan, dan absorpsi.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Komponen penyusun terbanyak dalam sel tumbuhan adalah
 - A. air
 - B. protein
 - C. lemak
 - D. karbohidrat

- 2) Sebuah molekul selulosa mengandung sekitar
 - A. 2000 molekul α -D-glukosa
 - B. 100.00 molekul α -D-glukosa
 - C. 2000 molekul β -D-glukosa
 - D. 6000 molekul β -D-glukosa

- 3) Asam piruvat merupakan contoh asam organik dengan struktur molekul asam
 - A. 2 karbon
 - B. 3 karbon
 - C. 4 karbon
 - D. 5 karbon

- 4) Di bawah ini merupakan contoh monosakarida, *kecuali*
 - A. eritrosa
 - B. sedoheptulosa
 - C. selobiosa
 - D. ribosa

- 5) Di bawah ini merupakan contoh garam yang terdapat dalam protoplasma, *kecuali*
- NaCl
 - NaOH
 - MgCl₂
 - CaSO₄
- 6) Asam-asam organik tambahan yang beratom karbon antara dua dan enam, sebagian besar dihasilkan dari siklus-siklus pada respirasi
- aerobik
 - anaerobik
 - klimaterik
 - cahaya

Pilihlah:

- Jika (1) dan (2) benar
 - Jika (1) dan (3) benar
 - Jika (2) dan (3) benar
 - Jika (1), (2), dan (3) benar
- 7) Contoh asam lemak terpenting yang terdapat dalam tumbuhan adalah
- Asam butirat
 - Asam palmitat
 - Asam stearat
- 8) Zat-zat yang merupakan derivat lemak adalah....
- lilin
 - kutin
 - glisin
- 9) Senyawa-senyawa terpenting dalam metabolisme dasar, yang membentuk dasar organik dari benda hidup, antara lain
- lemak, asam lemak, dan gliserin
 - asam amino dan protein
 - asam anorganik
- 10) Oligosakarida terbentuk dari kondensasi
- dua monosakarida
 - tiga monosakarida
 - empat monosakarida

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

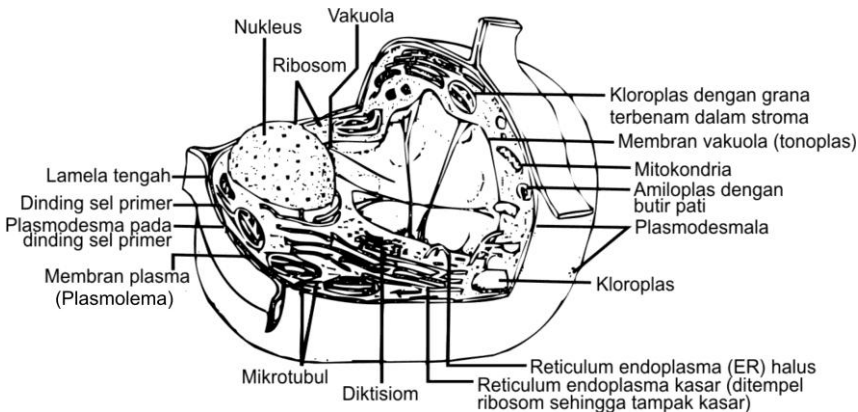
KEGIATAN BELAJAR 3

Organel-organel Sel Tumbuhan

A. PENGERTIAN ORGANEL

Sel merupakan unit terkecil dari suatu kehidupan. Tumbuhan tingkat tinggi tubuhnya tersusun oleh sejumlah sel, baik sel hidup maupun sel mati. Sel-sel yang hidup mempunyai persamaan dan perbedaan dalam struktur dan fungsinya. Persamaannya adalah adanya dinding sel yang berisi plasma dan terbungkus oleh membran plasma.

Struktur sel yang lengkap dapat dilihat pada gambar berikut:



Sumber: Cecile Duray-Bito dalam Salisbury, (1992).

Gambar

Sel Tumbuhan pada Umumnya Didasarkan pada Berbagai Organel Sel yang Tampak dalam Mikrograf Electron

Perlu diingat bahwa tidak semua sel mempunyai bagian-bagian (organel) seperti itu. Sel yang sama pada fase perkembangan yang berbeda akan menunjukkan perbedaan struktur.

Apabila dirinci bagian-bagian sel tumbuhan adalah sebagai berikut:

1. Sel = dinding sel + protoplasma
2. Protoplasma = sitoplasma + nukleus + vakuola

3. Sitoplasma = membran plasma + mesoplasma + membran vakuola
4. Mesoplasma = bahan dasar + inklusion (bahan ergastik)
5. Bahan dasar = elektroplasma + endoplasma

Meskipun diketahui bahwa tidak ada 2 sel yang sama, namun sel-sel penyusun tubuh tumbuhan masih dapat dikelompokkan ke dalam jaringan dan sistem jaringan, yaitu fungsinya sama atau saling mendukung.

Ada yang memandang sel sebagai satuan terpisah, ada pula yang memandang sel sebagai bagian dari jaringan (jaringan adalah kelompok sel yang fungsi dan strukturnya sama) atau bagian dari sistem jaringan (kelompok jaringan dengan fungsi serupa).

Klasifikasi terhadap sel tumbuhan agak sulit dilakukan, tetapi atas dasar fungsinya dapat dibuat pengelompokan berikut:

Tabel
Pengelompokan Sel Tumbuhan berdasarkan Fungsinya

| No. | Tipe Sel | Fungsi | Terdapat pada |
|-----|-----------------|---------------------------|---------------------|
| 1. | Meristem | Pembelahan sel | Jaringan meristem |
| 2. | Parenkhim | Fungsi umum, fotosintesis | Korteks, daun |
| 3. | Kolenkhim | Penguat, umum | Batang, daun |
| 4. | Serabut | Penguat | Jaringan pengangkut |
| 5. | Trakea, trakeid | Transpor | Xilem |
| 6. | Sklereid | Pelindung | Kulit biji |
| 7. | Buluh tapis | Transpor | Floem |
| 8. | Sel penutup | Pengatur transpirasi | Daun, buah |
| 9. | Gamet | Reproduksi | Polen, sel telur |

Komponen sel tumbuhan eukariotik, terdiri dari berikut ini.

1. Dinding Sel, terbagi menjadi:
 - a. Dinding primer (+ $\frac{1}{4}$ selulosa) tebalnya sekitar 1–3 μm .
 - b. Dinding sekunder ($\frac{1}{2}$ selulosa + $\frac{1}{4}$ lignin) tebalnya 4 μm atau lebih.
 - c. Lamela tengah (lapisan perekat di antara sel, sebagian besar terdiri dari pektin).
 - d. Plasmodesmata (perluasan membran plasma yang menembus dinding) diameternya 30–100 nm.
 - e. Ceruk sederhana dan ceruk terlindungi.

2. Protoplasma (isi sel, tidak termasuk dinding sel): berdiameter 10–100 μm , terdiri dari berikut ini.
 - a. Sitoplasma (sitoplasma + nukleus = protoplasma)
 - 1) Membran plasma (plasmolema) tebal 0,01 μm (10nm)
 - 2) Sistem endomembran
 - a) Retikulum endoplasma (RE): tebal 7,5 nm (tiap membran; sistem bermembran dua yang beragam tebalnya).
 - b) Perangkat Golgi (terdiri dari diktiosom; diameter 0,5–2,0 μm ; tebal membran 7,5 nm).
 - c) Selimut atau selaput inti (membran dua unit); tebal 25–57 nm.
 - d) Membran vakuola (tonoplas); tebal 7,5 nm (lihat tentang vakuola di bawah).
 - e) Benda mikro; diameter 0,3–1,5 μm .
 - f) Sferosom dan butir protein; diameter 0,5–2,0 μm (dikelilingi oleh setengah membran unit).
 - 3) Rangka sel
 - a) Mikrotubul; tebal 24–25nm; lubang di tengah 12 nm.
 - b) Mikrofilamen tebal 5–7 nm.
 - c) Bahan berprotein lain.
 - 4) Ribosom, diameter 15–25 nm (lebih besar dari pada prokariot)
 - 5) Mitokondria (terbungkus membran); berukuran 0,5–1,0 μm kali 1–4 μm .
 - 6) Plastida (organel terbungkus membran)
 - a) Proplastid (plastida belum matang).
 - b) Leukoplas (plastida tanpa warna), amiloplas (berisi butir pati, kadang protein; proteinoplas); elaioplas (berisi lemak); etioplas; dan plastid penyimpan makanan lain.
 - c) Kloroplas, berukuran 2–4 μm kali 5–7 μm (dapat mengandung butir pati).
 - d) Kromoplas (sering berwarna merah, jingga, kuning).
 - 7) Sitosol (cairan tempat sebagian besar struktur di atas berada).
 - b. Nukleus (sitoplasma + nukleus = protoplasma) diameter 5–15 μm atau lebih (lihat selimut inti)
 - 1) Nukleoplasma (bahan aktif dan berserat di nukleus).
 - 2) Kromatin (kromosom yang menjadi jelas terlihat selama pembelahan sel).
 - 3) Nukleolus; diameter 3–5 μm .

- c. Vakuola (dari tidak ada sama sekali sampai menguasai 95% volume sel, kadang lebih).
- d. Bahan ergastik (termasuk bahan yang boleh dikatakan murni, sering ditemukan di plastida atau vakuola)
 - 1) Kristal (misalnya kalsium oksalat).
 - 2) Tanin.
 - 3) Lemak dan minyak (ditemukan elaioplas atau butir lipid).
 - 4) Butir pati (ditemukan amiloplas dan kloroplas; lihat di atas).
 - 5) Butir protein.
- e. Flagela dan silia; tebal 0,2 μm panjang 2–150 μm dijumpai pada sel cendawan, sel tumbuhan, dan beberapa sel protista, tapi jarang pada hewan.

1. Dinding Sel

Dinding sel terdiri dari dinding primer, lamela tengah, dan dinding sekunder.

Dinding primer adalah lapisan yang terbentuk selama pembentangan, tipis dengan ketebalan sekitar 1–3 μm , terdiri dari 9–25% selulosa, 25–50% hemiselulosa. Zat pektat 10–35%, 10% protein dan mengandung lemak.

Dinding sekunder merupakan lapisan yang ditambahkan setelah proses pembentangan dinding sel selesai, dapat berlapis-lapis terutama terdiri dari selulosa, yaitu 41–45%, 30% hemiselulosa dan 22–28% lignin, tidak mudah ditekan dan bentuknya tidak berubah disebabkan oleh lignin yang lebih kaku dari pada selulosa.

Bahan pektat merekatkan sel-sel yang berdekatan menjadi satu dalam membentuk lamela tengah, cocok untuk peranan ini karena bahan pektat tersebut berada dalam bentuk gel. Pektin dapat dirombak oleh enzim tertentu, seperti halnya terjadi pada proses pemasakan buah.

Benang-benang sitoplasma yang halus disebut **plasmodesmata** (tunggal: plasmodesma), dapat menembus dinding-dinding sel yang berdekatan melalui bidang noktah primer, menghamburkan protoplas sel yang berdampingan. Plasmodesma ini merupakan lamela yang dibatasi oleh membran sel dari sel yang berdampingan dan diisi oleh **benang retikulum endoplasma** yang berdiameter sekitar 40 nm. Plasmodesmata penting karena dapat menyatukan banyak sel dalam jaringan atau tumbuhan ke dalam satu fungsi secara keseluruhan.

Dinding sel yang berhubungan langsung dengan udara luar (jaringan pelindung) sering dilapisi kutin dan suberin sehingga merupakan lapisan

kutikula. Lapisan ini juga tidak seluruhnya tertutup rapat sehingga masih memungkinkan senyawa kimia melewatinya (seterusnya masuk melalui **ektodesmata**, yaitu plasmodesma yang menghadap keluar). Fungsi dinding sel adalah untuk memberikan kekuatan mekanik sehingga sel mempunyai bentuk tetap, dapat mengadakan imbibisi air serta meneruskan air dan senyawa yang larut di dalamnya ke protoplas.

2. Protoplas

Protoplas merupakan bagian yang hidup dari sel meskipun di dalamnya juga terdapat berbagai senyawa anorganik. Berupa koloid yang tidak berwarna, berisi granula dan tetes-tetes kecil. Adanya granula tersebut menunjukkan gerak Brown yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah sel itu masih hidup atau telah mati. Protoplas serta semua bagiannya dibungkus oleh membran, yang berbatasan dengan dinding sel, dan disebut membran sel atau membran plasma. Protoplas terdiri dari air (10–90%) serta bahan organik (karbohidrat, lemak, protein, asam nukleat, fosfatida, serta berbagai unsur kimia antara lain berbagai ion anorganik atau dalam berbagai ikatan).

Membran yang membatasi bagian-bagian protoplas terdiri dari senyawa lipoprotein, yang membentuk 2 lapisan protein monomolekul dan mengapit 2 lapisan fosfolipid bimolekul. Selain fosfolipid juga dijumpai kolesterol dan serebrosid. Membran ini sifatnya diferensial permeabel, artinya dapat melarutkan senyawa kimia tertentu dan tidak melakukan senyawa lainnya.

Di antara membran plasma dan membran vakuola terdapat **mesoplasma** yang tersusun oleh **bahan dasar** dan **inklusion**. Bahan dasar ini merupakan cairan dengan pH sekitar 7.0. Kekentalannya bervariasi, semakin keluar semakin kental. Endoplasma relatif lebih encer. Pada bahan dasar ini dapat dilihat adanya arus plasma dan dianggap sebagai tempat terjadinya arus itu. Pada bahan dasar ini terdapat berbagai organel sel yang pada umumnya tersusun oleh membran. Organel itu bermacam-macam ukurannya, bentuk serta jumlahnya, baik pada sel itu sendiri atau di antara sel-sel. Ada yang dapat dilihat dengan mikroskop cahaya, ada yang harus dengan mikroskop elektron.

3. Retikulum Endoplasma (RE)

Bila diamati, bahan dasar berupa struktur yang terdiri dari anyaman pipa bermembran disebut **retikulum endoplasma**. Retikulum endoplasma

dibedakan dalam 2 macam, yaitu kasar dan halus. Retikulum endoplasma kasar karena dilengkapi oleh ribosom atau poliribosom. Fungsi retikulum endoplasma, yakni mengangkut atau mensekresikan lipid atau gula, sintesis minyak-minyakan, dan sintesis protein. Fungsi lainnya adalah mengangkut enzim tertentu dan protein lainnya adalah menembus membran plasma dan keluar dari sitoplasma dalam proses sekresi.

4. Diktiosom

Disebut pula **alat golgi**, berbentuk pipa dengan diameter yang lebih besar dari pada retikulum endoplasma, tetapi lebih pendek. Jumlahnya juga lebih sedikit dan tidak ditempel ribosom. Menghasilkan vesikula yang dilepaskan ke dalam plasma, untuk membentuk membran plasma dan dinding sel.

5. Benda Mikro

Terdiri dari peroksisom dan glioksisom. Peroksisom berfungsi menguraikan asam glikolat yang dihasilkan dari fotosintesis dan mendar ulang molekul lain kembali ke kloroplas. Glioksisom berperan menguraikan lemak menjadi karbohidrat selama dan sesudah perkecambahan biji.

6. Sferosom

Berbeda dengan organel lainnya, sferosom terbungkus oleh membran selapis. Lebih dari 98% terdiri dari lipid, diduga sebagai tempat menyimpan lipid, ukuran bervariasi, bentuknya bulat, selalu bergerak akibat arus plasma atau gerak Brown.

7. Mikrotubula

Terdapat dalam nukleus dan plasma. Di dalam nukleus berfungsi membentuk benang spindel yang mengatur gerak kromatid pada pembelahan sel. Fungsinya dalam plasma belum jelas, diduga mengatur arah rangkaian molekul selulosa pada saat penebalan dinding.

8. Ribosom

Terdiri dari protein dan ribosom RNA, bebas dalam bahan dasar atau melekat pada retikulum endoplasma. Ribosom dapat mengelompok membentuk poliribosom atau polisom. Apabila dalam bentuk polisom diprediksi sedang membentuk protein.

9. Mitokondria

Bentuknya seragam untuk semua sel memiliki ukuran lebih kecil dari plastida, tetapi lebih besar dari sferosom. Terbungkus membran rangkap dan berbentuk elips. Pada permukaan luarnya berlubang-lubang, sedangkan permukaan dalamnya membentuk tonjolan-tonjolan atau krista yang masuk ke dalam stroma. Jumlah krista bervariasi, semakin aktif sel mengadakan respirasi, maka semakin banyak krista dalam mitokondria. Substrat mitokondria adalah asam piruvat untuk dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2 pada respirasi. Mitokondria terbentuk dari mitokondria yang telah ada karena mampu membuat DNA dan RNA sendiri maka sifatnya autonom.

10. Plastida

Plastida adalah organel berdiameter 4–6 μ , berbentuk lensa terdapat pada semua sel tumbuhan. Plastida terbentuk dari hasil pembelahan plastida terdahulu atau sebagai hasil diferensiasi proplastida. Tergantung pada isinya, plastida dibagi menjadi **kloroplas** (mengandung klorofil), **amiloplas** (amilum) atau **kromoplas** (karotenoid). Semua plastida dapat saling bertukar tipe, tetapi plastida suatu sel selalu sama tipenya. Plastida tersusun oleh membran rangkap yang membungkus cairan koloid transparan yang disebut **stroma**. Pada stroma inilah terletak amilum (pada amiloplas sel penyusun jaringan penimbun) atau karotenoid (pada kromoplas sel penyusun bagian tubuh yang berwarna, misalnya bunga, umbi atau akar) plastida terpenting adalah kloroplas karena menjadi tempat berlangsungnya fotosintesis.

11. Nukleus dan Nukleolus

Umumnya setiap sel hanya mengandung 1 nukleus, kecuali sel buluh tapis tidak mempunyai nukleus. Bentuknya membulat, terbungkus membran nukleus, yang terdiri dari lapisan tunggal dengan banyak lubang. Plasma nukleus berbutir-butir merupakan sistem koloid, mengandung kromatin yang pada pembelahan sel berubah menjadi kromosom. Fungsi kromosom ini adalah untuk membentuk m-RNA yang mengatur sintesis protein. Di dalam plasma nukleus terdapat nukleolus yang jumlahnya setiap sel khas untuk setiap jenis. Fungsi nukleolus adalah untuk sintesis r-RNA dan ribosom. Plasma nukleus mempunyai pH di atas 7.0 karena mengandung histon protein yang lebih banyak gugus basanya.

12. Vakuola

Karakteristik sel tumbuhan di samping memiliki dinding sel dan plastid, juga adanya vakuola. Bentuk dan kekakuan yang dimiliki oleh jaringan-jaringan yang hanya memiliki dinding primer (seperti pada daun dan batang muda), disebabkan oleh karena adanya air bersama zat yang terlarut di dalamnya sehingga menimbulkan tekanan di dalam vakuola. Vakuola mempunyai beberapa fungsi di antaranya berperan dalam turgiditas dan bentuk sel, sebagai tempat menyimpan dan penimbunan, sebagai lisosom, dan berperan pada homeostasis.

Coba sekarang Anda diskusikan dengan teman-teman mengenai fungsi dari organel-organel dalam sel tumbuhan. Buatlah kesepakatan pemahaman terhadap fungsi organel-organel tersebut.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Gambarkan secara skematis struktur sel tumbuhan beserta bagian-bagiannya!
- 2) Sebutkan lima macam bagian dari dinding sel!
- 3) Sebutkan macam-macam organel yang terdapat dalam sel tumbuhan!
- 4) Jelaskan secara rinci fungsi masing-masing organel yang terdapat dalam sel tumbuhan!
- 5) Jelaskan peran vakuola sel bagi sel tersebut!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab latihan tersebut di atas, silakan Anda pelajari kembali bahasan tentang struktur sel dan komponen-komponen sel tumbuhan.

**RANGKUMAN**

Sel merupakan unit terkecil dari suatu kehidupan. Sel terdiri dari dinding sel dan protoplasma. Dinding sel tersusun dari dinding primer, lamela tengah, dan dinding sekunder, sedangkan protoplasma terdiri dari sitoplasma, nukleus, dan vakuola. Protoplasma merupakan bagian yang hidup dari sel, terdiri dari 10–90% air serta bahan-bahan organik.

**TES FORMATIF 3**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Struktur sel pada sel yang sama, tetapi fase perkembangannya berbeda, akan menunjukkan adanya perbedaan. Secara rinci bagian sel tumbuhan yang disebut sitoplasma terdiri dari
 - A. dinding sel + protoplasma
 - B. membran plasma + mesoplasma + membran vakuola
 - C. elektroplasma + endoplasma
 - D. sitoplasma + endoplasma + elektroplasma
- 2) Sel tipe trakea dalam jaringan tumbuhan berfungsi untuk
 - A. reproduksi
 - B. penguat
 - C. pelindung
 - D. transpor
- 3) Besarnya jumlah krista pada mitokondria sangat bervariasi, tergantung aktivitas sel melakukan respirasi. Semakin banyak sel melakukan respirasi jumlah krista dalam mitokondria semakin
 - A. sedikit
 - B. banyak
 - C. sama saja
 - D. tidak normal bentuknya
- 4) Organel yang berfungsi menguraikan lemak menjadi karbohidrat selama dan sesudah perkecambahan biji adalah
 - A. glioksisom
 - B. diktiosom
 - C. peroksisom
 - D. ribosom

- 5) Pada umumnya, sel-sel pada tumbuhan hanya mengandung satu nukleus, akan tetapi ada beberapa sel yang tidak mempunyai nukleus, yaitu sel
- meristem
 - parenkim
 - kolenkim
 - pembuluh tapis
- 6) Vakuola yang terdapat dalam sel tumbuhan mempunyai fungsi seperti tersebut di bawah ini, *kecuali*
- mengatur turgiditas sel
 - untuk penyimpanan
 - pada homeostasis
 - organ digesti
- 7) Sel yang berperan untuk mengatur proses respirasi pada tumbuhan terdapat pada jaringan
- daun
 - buah
 - bunga
 - akar
- 8) Berdasarkan kandungannya, plastida yang dijumpai dalam tumbuhan, yaitu
- kloroplas
 - kromoplas
 - klorofil
 - karotenoid

Pilihlah:

- Jika (1) dan (2) benar
 - Jika (1) dan (3) benar
 - Jika (2) dan (3) benar
 - Jika (1), (2), dan (3) benar
- 9) Kromoplas terdapat pada bagian tumbuhan
- bunga
 - umbi
 - akar sel

- 10) Plastida yang merupakan organel berbentuk lensa dalam sel tumbuhan, mengandung
- (1) kloroplas
 - (2) amiloplas
 - (3) kromoplas

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) B
- 2) D
- 3) C
- 4) C
- 5) B
- 6) D
- 7) C
- 8) A
- 9) A
- 10) D

Tes Formatif 2

- 1) A
- 2) D
- 3) B
- 4) C
- 5) B
- 6) A
- 7) D
- 8) A
- 9) A
- 10) D

Tes Formatif 3

- 1) B
- 2) D
- 3) B
- 4) A
- 5) D
- 6) D
- 7) A
- 8) A
- 9) D
- 10) D

Daftar Pustaka

- Bonner, J and J. E. Varner. (1965). *Plant Biochemistry*. New York: Academic Pres.
- Delving, R. M and F. H. Witham. (1983). *Plant Physiology*. Golden Art: Printing Corporation Cuenzon City.
- Mayer, A. M and A. P, Mayber. (1975). *The Germination of Seeds*. 2th ed. Pergamun Press.
- Pandey, S. N and B. K. Sinha. (1976). *Plant Physiology*. New Delhi: Vikas Publish Hous Pvt. Ltd.
- Salisbury, F. B and C. W. Ross. (1985). *Plant Physiology*. 3th ed. California: Wadswort Publishing Company.
- Thomas, M., S. L Ranson and J. A. Richardson. (1973). *Plant Physiology*. 5th ed. London: Longman Group Limited.