



MODUL BIOLOGI  
(KES 102)

Materi Pertemuan 2  
Sifat Fisika dan Kimia Sel

Disusun Oleh:  
Reza Fadhillah, S.TP., M.Si

UNIVERSITAS ESA UNGGUL  
2018

## 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.

## 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.

## Sel Tumbuhan

### 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).

## 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 (H<sub>2</sub>O)

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, CaSO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>CO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Sementara asam terdiri dari HCl dan HNO<sub>3</sub> dan basa terdiri dari NaOH dan KOH. Adapun kation dan anion yang terdapat dalam protoplasma, yaitu:

Kation : H<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>

Anion : OH<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

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 kekuatannya 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

HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

#### 4) Gas

Gas selain terkandung di udara, seperti O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> terdapat juga di dalam protoplasma. Contoh:

N<sub>2</sub>: merupakan senyawa inert yang tidak berperan dalam metabolisme.

CO<sub>2</sub>: 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<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

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 :  $CH_2OH (CHOH)_2 CH_2OH$
- (2) Sedoheptulosa :  $CH_2OH CO (CHOH)_4 CH_2OH$
- (3) Ribosa dan Xilosa :  $CH_2OH CO (CHOH)_2 CH_2OH$

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 berat atom 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 penyimpanan utama.

#### c) Asam gula

Asam gula merupakan derivat dari gula. Asam ini terbentuk apabila gugusan aldehida atau gugus terakhir ( $-CH_2OH$ ) dioksidir menjadi gugusan karboksil ( $-COOH$ ). 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 mioinositol 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 buahbuahan. 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  $\alpha$ -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  $\alpha$ -D-glukosa yang berbentuk rantai tidak bercabang, sedangkan amilopektin terdiri dari + 100.000 molekul  $\alpha$ -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  $\beta$ -D-glukosa, sebuah molekul selulosa mengandung sekitar 6.000 molekul  $\beta$ -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.

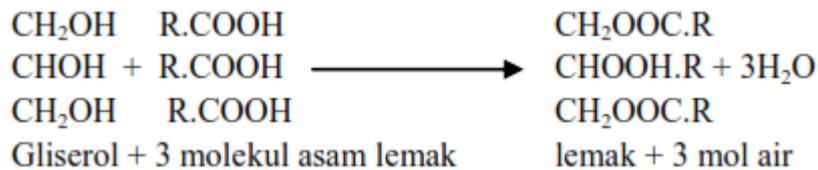
#### i) Lignin

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:



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 molekulmolekul 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 aldehid 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

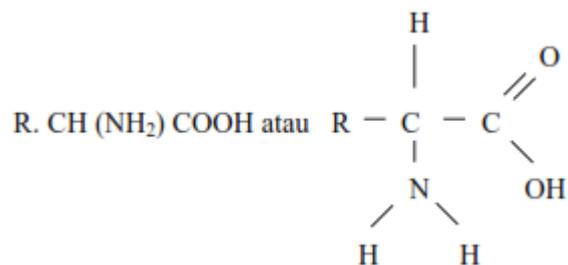
Suatu struktur cincin yang kompleks yang membentuk beberapa vitamin dan hormon pada binatang. Sterol yang sudah dikenal, antara lain stigmasterol,  $\beta$ -sitosterol, kolesterol, dan ergosterol. Ergosterol merupakan sterol yang penting karena oleh sinar ultra violet dapat diubah menjadi D2 (kalsisterol). 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

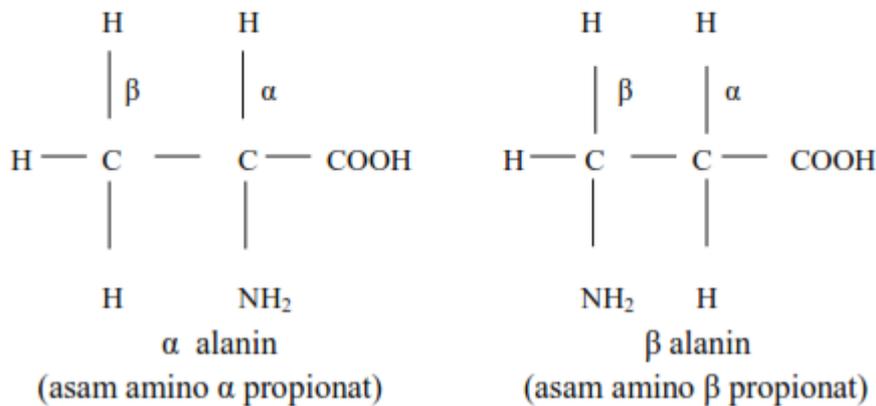
Fosfolipida merupakan lipid yang mengandung fosfat dan asam lemak yang membentuk ester dengan gliserol. Struktur fosfolipid dapat diwakili oleh asam fosfatidik. Asam fosfatidik pada umumnya tidak diakumulasikan dalam tumbuhan, tetapi sebagai intermediat dari asam-asam fosfolipid sejenis lecitin. Fosfat yang terdapat pada asam fosfatidik diesterkan dengan gugusan hidroksil dari etanolamin,  $\text{HO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$  (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  $\alpha$ , yaitu memiliki gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) terletak pada atom karbon  $\alpha$  (atom karbon yang terdekat dengan gugus  $\text{COOH}$ ). 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) Lysin

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.

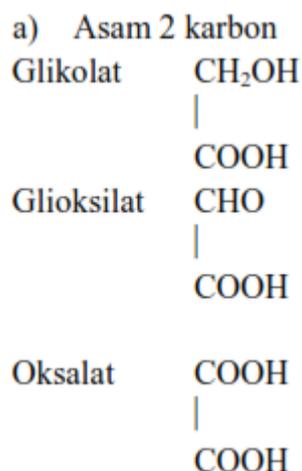
#### 4) Asam-asam organik

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 beratom 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.

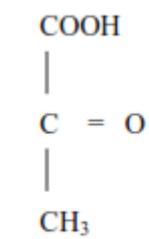
Asam-asam glikolat, gliksilat dan oksalat banyak terdapat dalam tumbuhan. Mereka berbeda pada taraf oksidasi dari atom karbon yang pertama, berturut-turut adalah alkohol, aldehida, dan asam. Asam glikolat dan gliksilat terdapat banyak dalam protoplasma sel-sel daun terutama dalam kloroplas. Diprediksi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

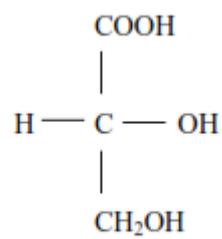
Struktur molekul dari beberapa asam tumbuhan:



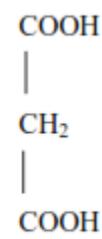
## b) Asam 3 karbon



Piruvat

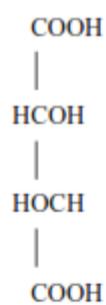


D – gliserat

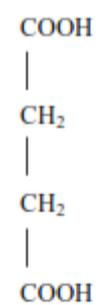


Malonat

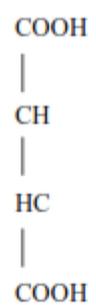
## c) Asam 4 karbon



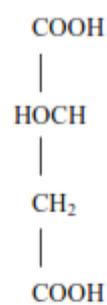
L-tartarat



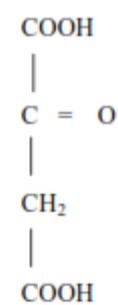
Suksinat



Fumarat

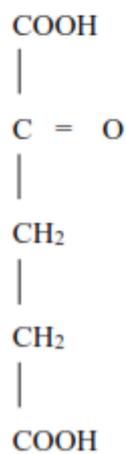


L-malat

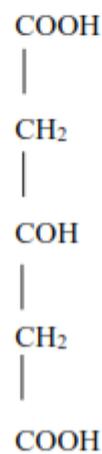


Oksalo asetat

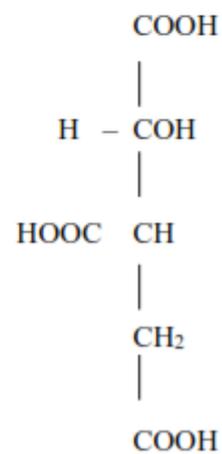
## d) Asam 5 karbon

 $\alpha$  ketoglutarat

HOOC



sitrat



isositrat

### 5) Nukleoprotein dan asam nukleat

Nukleoprotein adalah asam nukleat yang terikat pada protein. Nukleoprotein dan Asam Nukleat 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. Adsorpsi

Absorpsi dapat meningkatnya konsentrasi substansi pada permukaan suatu larutan.