

## I. Modifikasi akar batang dan daun

### 1. Modifikasi akar sebagai penyokong

#### SEBAGAI PENYOKONG

Akar-akar yang tumbuh dari bagian bawah batang ke segala arah dan seakan-akan menunjang batang ini jangan sampai rebah, karena batang tumbuhan yang mempunyai akar ini terdapat di atas tanah atau air, atau pada batang tanaman lain

a. akar tunjang (Prop Root)

b. akar gantung/ akar

Akar ini keluar dari bagian-bagian tanaman yang terdapat di atas tanah, bergantung di udara. Selama masih menggantung, akar ini hanya dapat menolong menyerap air dan zat gas dari udara dan seringkali mempunyai jaringan khusus untuk menimbun air yang disebut *velamen* (misalnya akar anggrek kalajengking (*Arahnis flosaeris*)). Akan tetapi jika akar ini telah mencapai dan masuk ke dalam tanah, bagian yang masuk tanah lalu berkelakuan seperti akar biasa (menyerap air dari dalam tanah), bagian yang di atas tanah seringkali berubah menjadi batang seperti yang terdapat pada pohon beringin (*Ficus benjamina* L.)

c. akar lilit

d. *buttress* root (akar banir)

#### SEBAGAI FUNGSI PENTING

##### 1. Akar parasit

Bisa berfungsi sebagai menyerap air dan gas dari udara (akar nafas), atau menyerap zat dan air dari tumbuhan lain (akar parasit).

##### 2. Akar nafas (pneumatophora)

Terdapat banyak lubang atau celah (*pneumathoda*) untuk jalan masuknya udara yang diperlukan dalam pernafasan karena tumbuhan ini biasanya hidup di tempat yang di dalam tanah sangat kekurangan oksigen, misalnya di hutan **bakau (*mangroove*)** pada tanaman bogem (*Sonneratia* sp.) dan kayu api (*Avicennia* sp.).

### 2. Modifikasi batang

Batang dapat memiliki fungsi tambahan, yang berakibat pada berubahnya bentuk (morfologi) dari bentuk dasar menjadi bentuk yang lain. Berikut adalah beberapa bentuk modifikasi batang.

1. **Bonggol**, pangkal batang atau batang bulat pendek yang berada tepat di bawah permukaan tanah. Bonggol yang memiliki fungsi tambahan sebagai tempat cadangan energi disebut sebagai **bonggol umbi** (*cormus*). Contoh tumbuhan yang memiliki: **pisang**, **suweg**.
2. **Geragih** (*stolo*), suatu cabang khusus yang menjalar di permukaan atau di bawah permukaan tanah dengan ruas yang panjang dan pada bukannya lalu muncul tunas daun atau akar. Contoh : **lili paris**, **kentang** misalnya pada arbei (stroberi), rumput grinting *Cynodon dactylon*, teki, pegagan, dan eceng gondok
3. **Rimpang** (*rhizom*), yaitu batang mendatar, gemuk, dan berada di permukaan tanah atau di bawah permukaan, dengan ruas-ruas pendek. Contoh: berbagai **temu-temuan**
4. **Umbi** batang (*tuber*), yang merupakan pembengkakan gerak atau rimpang karena bertambah fungsi sebagai **penyimpan** cadangan energi.
5. Batang membulat yang memiliki fungsi sebagai organ sukulen (penyimpan air) disebut sebagai *caudex*.

6. Cakram pada [umbi lapis](#), suatu bentuk batang yang sangat pendek dan menjadi penyangga dari pangkal daun sukulen. Contoh : [bawang-bawangan](#), [Amaryllis](#)

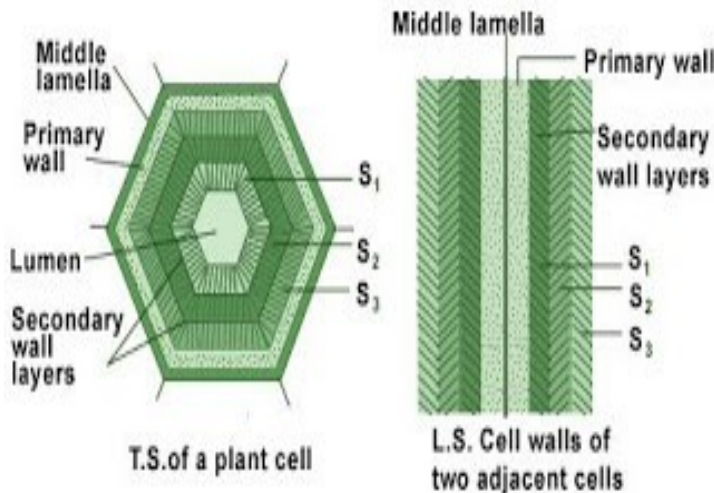
## II. SEL DAN JARINGAN

### 1. Komponen protoplasma terdiri atas :

- Sitoplasma**, yaitu bahan protoplasma yang menyelubungi badan protoplasma dan non protoplasma, mengandung atau berisi butiran-butiran yang bermacam-macam serta sistem membran.
- Inti Sel (Nukleus)**, suatu badan yang merupakan pusat sintesis dan pengaturan aktifitas/kegiatan sel, serta menentukan sifat-sifat hereditas suatu organisme.
- Plastid**, komponen protoplasma yang mempunyai struktur dan fungsi yang khusus.
- Mitokondria**, badan yang lebih kecil dari plastida mempunyai fungsi respirasi.

### 2. Bagian-bagian Dinding sel

Dinding sel terdiri dari Selulosa (sebagian besar), hemiselulosa, pektin, lignin, kitin, garam karbonat dan silikat dari Ca dan Mg.



Lapisan luar dinding sekunder  
Lapisan tengah dinding sekunder  
Lapisan dalam dinding sekunder

*Lamela tengah* adalah lapisan dinding [sel tumbuhan](#) yang kaya akan pektin. Lapisan ini merupakan lapisan terluar yang membentuk antarmuka antara sel-sel tumbuhan berdekatan dan menyatukan mereka.

Dinding sel primer *Dinding Sel Primer* umumnya tipis, memiliki lapisan yang fleksibel dan extensible terbentuk ketika sel berkembang.

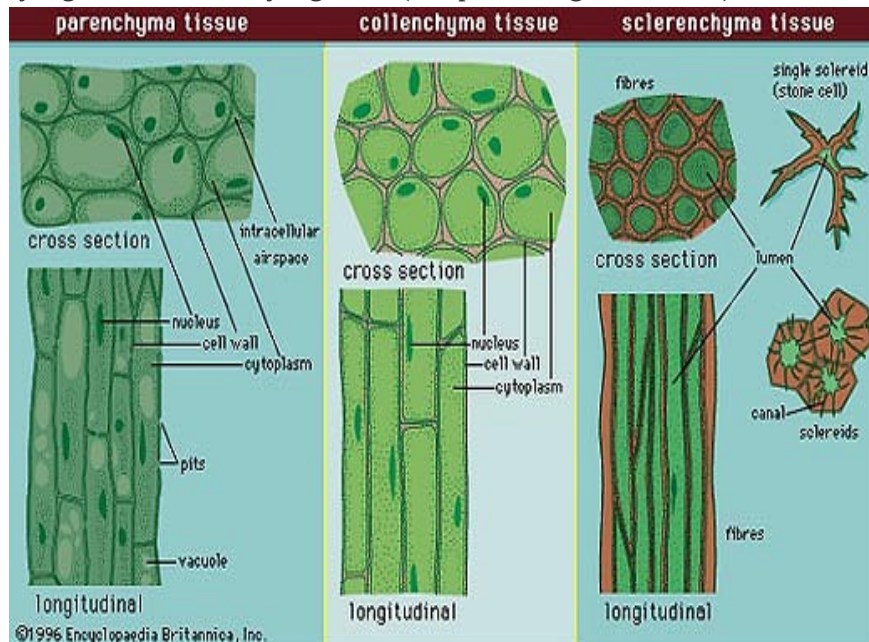
Dinding sel sekunder *Dinding sel sekunder* memiliki lapisan tebal yang terbentuk di dalam dinding sel primer setelah sel sepenuhnya tumbuh. Hal ini tidak ditemukan dalam semua jenis [sel](#). Beberapa sel, seperti sel-sel dalam melakukan xilem, memiliki dinding sekunder yang mengandung lignin, yang memperkuat dan melindungi dinding dari air.

### 3. Jaringan sederhana pada tumbuhan

- *Jaringan parenkim* Adalah kumpulan sel-sel yang umum membentuk jaringan yang tersebar luas di seluruh tumbuhan. Bentuk sel besar-besar, berdinding tipis dan biasanya mempunyai vakuola tengah. Ruang antar sel umumnya diisi gas, dan umumnya memiliki plastida dan berfungsi sebagai gudang makanan. Bila terkena cahaya maka plastida akan menunjukkan warnanya. Contoh klorofil
- *Jaringan kolenkim* Adalah sel-sel berdinding tebal yang khusus dikembangkan di sudut-sudut sel. Sel-sel ini memberi tunjangan mekanis bagi tumbuhan. Umumnya sel-sel ini

sering dijumpai pada tumbuhan yang tumbuh dengan cepat dan perlu diperkuat. Sel ini juga ada pada tangkai daun/petiole

- *Jaringan skelenkrim* Adalah kumpulan jenis sel-sel penunjang. Dinding sel-sel ini sangat tebal dan bisa bergabung dengan sel-sel tipe lain dan memberi tunjangan mekanis. Protoplas sel-sel sklerenkim mati setelah dinding sel terbentuk seluruhnya. Sel-sel ini terdapat pada batang dan bergabung dengan tulang daun, dan juga penutup luar pada biji yang keras dan buah yang keras (kelapa, kacang-kenari, dls.).



Gambar jaringan sederhana

#### 4. Pembuluh xilem dan floem, fungsi dan perbedaan

Pengertian Jaringan Pembuluh Jaringan pembuluh disebut juga jaringan angkut atau pengangkut (transportasi). Jaringan pengangkut terdiri atas xilem (pembuluh kayu) dan floem (pembuluh tapis). Jaringan pembuluh merupakan kompleks xylem-floem. Umumnya akar hanya mempunyai xylem, sedangkan batang mempunyai keduanya (xylem dan floem).

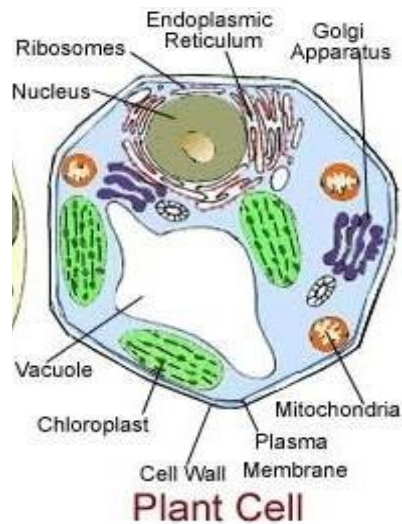
##### Fungsi jaringan pembuluh

Jaringan yang berperan untuk mengangkut air dan unsur hara dari akar sampai daun, serta mengangkut hasil fotosintesis dari daun keseluruh bagian tubuh tumbuhan

##### Perbedaan xilem dan floem

Nama Jaringan	Letak	Sifat Jaringan	Macam sel	Fungsi
xilem	Pada btng membentuk berkas di sebelah dalam floem	Primer, sekunder, mati	Trakea (pembuluh kayu), trakeid, serabut xilem, parenkim floem	Pengangkut air dan garam mineral
floem	Pada batng membentuk berkas disebelah luar xilem	Primer, dan sekunder ada yg hidup dan mati	Pembuluh tapis, sel pengiring, serabut floem, parenkim floem	Pengangkutan zat hasil fotosintesis

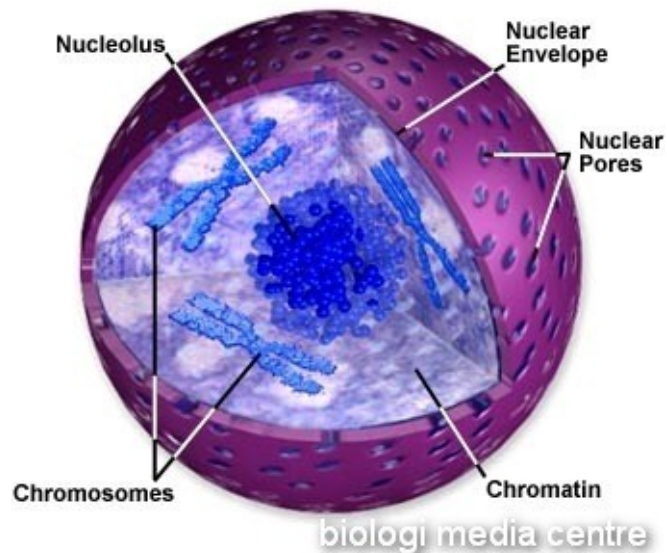
#### 5. Organel-organel pada sel tumbuhan



- **Inti(nukleus)**

Inti bertugas mengendalikan semua aktivitas sel mulai metabolisme hingga pembelahan sel.

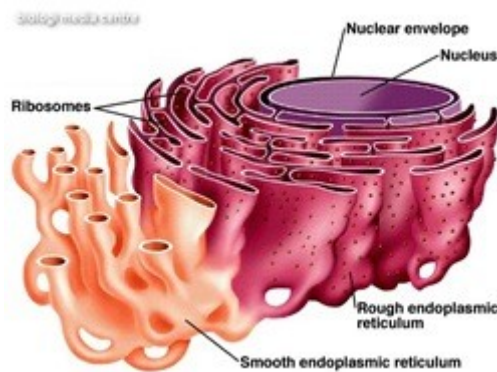
#### The Cell Nucleus



- **Retikulum**

#### Endoplasma

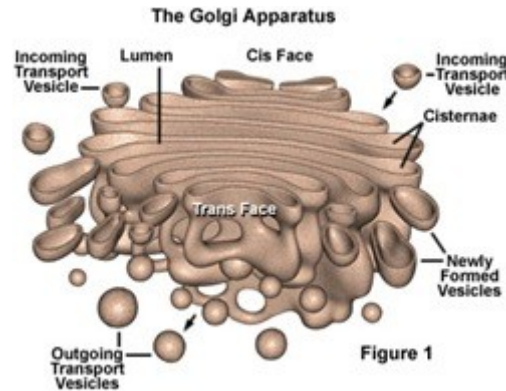
Organel ini berupa sistem membran yang berlipat-lipat, menghubungkan antara membran sel dengan membran inti, dan berperan dalam proses transpor zat intra sel.





### Badan Golgi

Organel ini berbentuk seperti kantong pipih, berfungsi dalam proses sekresi lendir, glikoprotein, karbohidrat, lemak, atau enzim, serta berfungsi membentuk lisosom. Karena fungsinya dalam hal sekresi, maka badan golgi banyak ditemui pada sel-sel penyusun kelenjar.



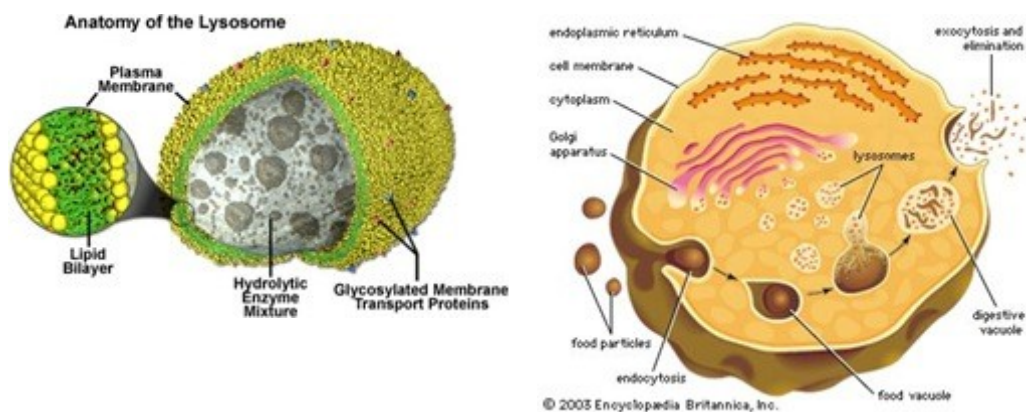
### Ribosom

Ribosom berfungsi sebagai tempat sintesis protein dan merupakan contoh organel yang tidak bermembran. Organel ini terutama disusun oleh asam ribonukleat, dan terdapat bebas dalam sitoplasma maupun melekat pada RE.



### Lisosom

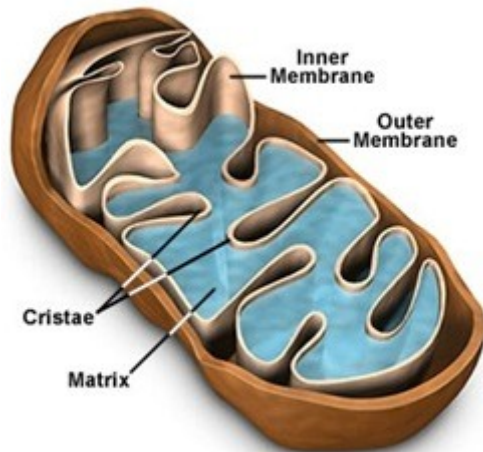
Berbentuk kantong-kantong kecil dan umumnya berisi enzim pencernaan (hidrolisis) yang berfungsi dalam peristiwa pencernaan intra sel.



### Mitokondria

Mitokondria adalah organel yang berfungsi sebagai tempat respirasi aerob untuk pembentukan ATP sebagai sumber energi sel. Organel yang hanya dimiliki oleh sel aerob ini memiliki dua lapis membran. Membran bagian dalam berlipat-lipat dan disebut krista, berfungsi memperluas permukaan sehingga proses pengikatan oksigen dalam respirasi sel berlangsung lebih efektif. Bagian yang terletak diantara membran krista berisi cairan yang disebut matriks banyak mengandung enzim pernafasan atau sitokrom.

### Mitochondria Structural Features

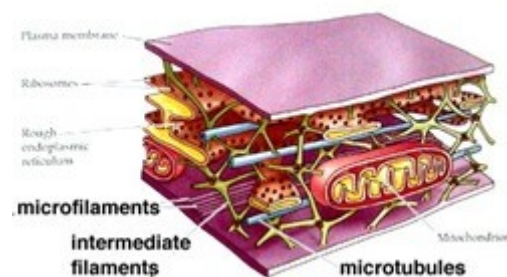


### Mikrotubulus dan Mikrofilamen

(sitoskeleton)

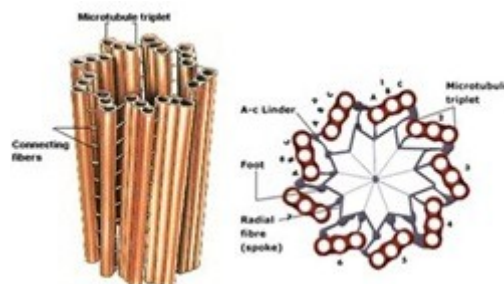
Mikrotubulus berbentuk seperti benang silindris, disusun oleh protein yang disebut tubulin. Sifat mikrotubulus kaku sehingga diperkirakan berfungsi sebagai 'kerangka' sel karena berfungsi melindungi dan memberi bentuk sel. Mikrotubulus juga berperan dalam pembentukan sentriol, silia, maupun flagela.

Mikrofilamen mirip seperti mikrotubulus, tetapi diameternya lebih kecil. Bahan yang membentuk mikrofilamen adalah aktin dan miosin seperti yang terdapat pada otot. Dari hasil penelitian diketahui ternyata mikrofilamen berperan dalam proses pergerakan sel, endositosis, dan eksositosis. Gerakan Amuba merupakan contoh peran dari mikrofilamen.



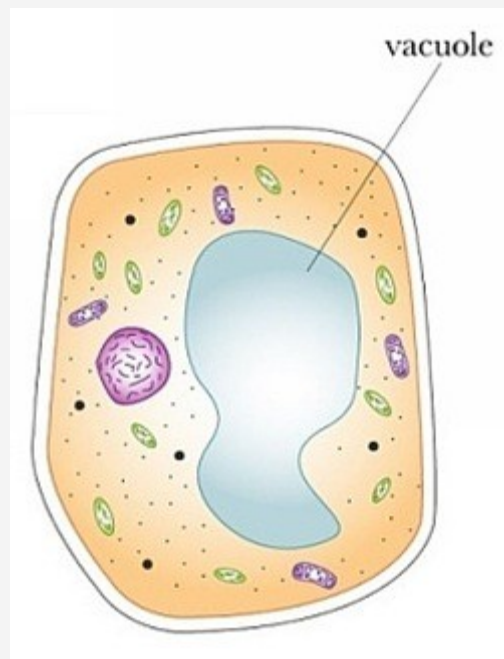
### Sentrosom

Sentrosom merupakan organel yang disusun oleh dua sentriole. Sentriole berbentuk seperti tabung dan disusun oleh mikrotubulus yang terdiri atas 9 triplet, terletak di dekat salah satu kutub inti sel. Sentriole ini berperan dalam proses pembelahan sel dengan membentuk benang spindel. Benang spindel inilah yang akan menarik kromosom menuju ke kutub sel yang berlawanan.



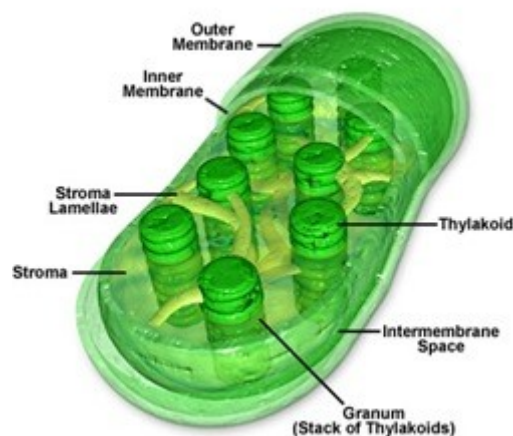
### Vakuola

Merupakan rongga yang terbentuk di dalam sel, dan dibatasi membran yang disebut tonoplas. Pada tumbuhan vakuola berukuran sangat besar dan umumnya termodifikasi sehingga berisi alkaloid, pigmen anthosianin, tempat penimbunan sisa metabolisme, ataupun tempat penyimpanan zat makanan. Pada sel hewan vakuolanya kecil atau tidak ada, kecuali hewan bersel satu. Pada hewan bersel satu terdapat dua jenis vakuola yaitu vakuola makanan yang berfungsi dalam pencernaan intrasel dan vakuola kontraktil yang berfungsi sebagai osmoregulator.



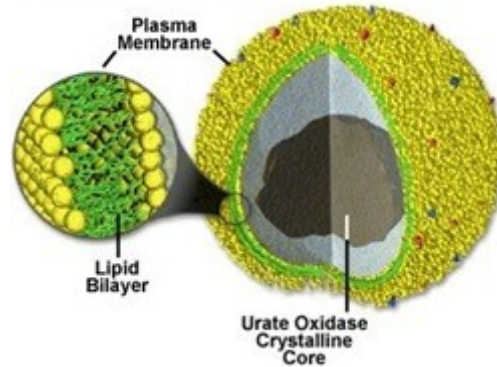
### Plastida

Merupakan organel yang umumnya berisi pigmen. Plastida yang berisi pigmen klorofil disebut kloroplas, berfungsi sebagai organel utama penyelenggara proses fotosintesis. Kromoplas adalah plastida yang berisi pigmen selain klorofil, misalkan karoten, xantofil, fikoerithrin, atau fikosantin, dan memberikan warna pada mahkota bunga atau warna pada alga. Plastida yang tidak berwarna disebut leukoplas, termodifikasi sedemikian rupa sehingga berisi bahan organik. Ada beberapa macam leukoplas berdasar bahan yang dikandungnya: amiloplas berisi amilum, elaioplas (lipoplas) berisi lemak, dan proteoplas berisi protein.



### Peroksisom atau Badan Mikro

Peroksisom merupakan kantong kecil yang berisi enzim katalase, berfungsi menguraikan peroksida ( $H_2O_2$ ) yang merupakan sisa metabolisme yang bersifat toksik menjadi air dan oksigen. Organel ini banyak ditemui pada sel hati. Glioksisom adalah badan mikro pada tumbuhan, berperan dalam proses pengubahan senyawa lemak menjadi sukrosa



### III. Xylem dan Floem

#### 1. Sistem aksial dan radial

- o Pada sistem aksial deretan sel yang sumbu panjang terletak sejajar sumbu batang dan akar
- o Pada sistem radial (sistem jari-jari empulur) selnya terletak dalam bidang horizontal yang arahnya radial pada batang dan akar.

#### 2. Sel-sel Penyusun xylem sekunder dan fungsinya

##### 1. Sistem aksial dan radial

Pada aksial deretan sel yang sumbu panjang terletak sejajar sumbu batang dan akar, sedangkan pada radial selnya terletak dalam bidang horizontal yang arahnya radial pada batang dan akar.

- 2. Lapisan tumbuh yakni penampang pada balok kayu yang tampak beberapa lapisan yang dibatasi oleh sejumlah garis berwarna gelap.

- 3. Kayu suban dan kayu galih berfungsi dalam pengangkutan dan cadangan makanan.

**kayu galih:** kayu yang terdapat paling dalam di tengah batang seringkali mudah dikenali karena warna yang berbeda.

**kayu suban:** bagian xilem sekunder didekat kambium pembuluh yang berfungsi dalam pengangkutan dan penyimpanan makanan dalam sel.

#### 3. Sel-sel penyusun floem sekunder dan fungsinya

Susunan sel pada floem sekunder sejalan dengan yang ada pada xilem sekunder.

Sel sekunder mengandung sel tapis, parenkim, serat dan sklereid dan diantaranya berdifferensiasi menjadi albumin.

Kulit kayu adalah semua jaringan diluar kambium, termasuk floem.



Bagian floem yang masih berfungsi dalam pengangkutan adalah bagian kulit kayu paling dalam.

Jumlah floem sekunder yg terbentuk lebih sedikit dari pada jumlah xilem sekunder.

#### 4. Floem primer

- Berdiferensiasi dari prokambium
- Protofloem terbentuk sewaktu organ yang ditempatinya mengalami pemanjangan.
  - Metafloem berdiferensiasi kemudian dan pada tumbuhan yang tidak mengalami penebalan sekunder merupakan satu-satunya floem yang berfungsi pada tumbuhan dewasa.

### IV. STRUKTUR PRIMER SEKUNDER AKAR BATANG

#### 1. Bagian-bagian akar primer

##### Tudung akar

Tudung akar terdapat di ujung akar dan melindungi promeristem akar serta membantu penembusan tanah oleh akar, terdiri atas sel hidup yang sering mengandung pati. Tudung akar berkembang terus menerus. Sel paling luar mati, terpisah dari yang lain dan hancur, lalu digantikan oleh sel baru yang dibentuk oleh pemula.

##### Epidermis

Sel epidermis akar berdinding tipis dan biasanya tanpa kutikula. Namun, kadang-kadang dinding sel paling luar berkutikula. Ciri khas akar adalah adanya rambut akar yang teradaptasi untuk menyerap airdan garam tanah. Rambut akar adalah sel epidermis yang memanjang ke luar, tegak lurus permukaan akar, dan berbentuk tabung.

##### Korteks akar

Pada umumnya korteks terdiri dari sel parenkim. Pada sejumlah besar monokotil yang tidak melepaskan korteksnya semasa akar masih hidup, banyak sklerenkim dibentuk. Sel korteks biasanya besar dan bervakuola besar. Plastid didalamnya menghimpun pati. Lapisan paling dalam berkembang menjadi endodermis dan satu atau beberapa lapisan korteks paling luar dapat berkembang menjadi eksodermis.

##### Eksodermis

Pada sejumlah besar tumbuhan, dinding sel pada lapisan sel terluar korteks akan membentuk gabus, sehingga terjadi jaringan pelindung baru, yakni eksodermis yang akan menggantikan epidermis. Struktur dan sifat sitokimiawi sel eksodermis mirip sel endodermis. Dinding primer dilapisi oleh suberin dan lapisan itu dilapisi lagi oleh selulosa. Lignin juga dapat ditemukan. Sel eksodermis mengandung protoplas hidup ketika dewasa.

##### Endodermis

Di daerah akar yang digunakan untuk penyerapan, dinding sel endodermis mengandung selapis suberin di dinding antiklinalnya, yakni pada dinding radial dan melintang. Rampingnya lapisan itu menyebabkannya diberi nama pita, dan dibubuhi nama *caspary*. Pita tersebut merupakan kesatuan antara lamella tengah dan dinding primer, tempat suberin dan lignin tersimpan. Jika sel terplasmolisis, maka protoplas melepaskan diri dari dinding, namun tetap melekat pada pita *caspary*.

##### Silinder Pembuluh

Silinder pembuluh terdiri dari jaringan pembuluh dengan satu atau beberapa lapisan sel di sebelah luarnya, yaitu *perisikel*. Jika bagian tengah tidak ditempati jaringan pembuluh, maka bagian itu diisi oleh parenkim empulur di bagian dalam, perisikel langsung berbatasan dengan protofloem dan protoxilem. Perisikel dapat mempertahankan sifat meristematisnya di dalamnya terbentuk akar lateral, felogen, dan sebagian dari cambium pembuluh

## **2. Pertumbuhan sekunder pada akar**

Terdiri atas pembentukan jaringan pembuluh sekunder oleh kambium pembuluh dan pembentukan periderm oleh folagen.

## **3. Letak ikatan pembuluh di monokotil**

Menyebar ke seluruh batang monokotil tetapi yang paling banyak terdapat di daerah mendekati kulit batang. Ikatan pembuluh floem berdampingan dengan xilem dan dikelilingi oleh seludang sklerenkima. Pada monokotil, tidak terdapat kambium sehingga pertumbuhan yg hanya terjadi hanya memanjang.

## **4. Macam-macam ikatan pembuluh**

### **a) Ikatan pembuluh kolateral**

floem bertempat disebelah luar xylem.

### **b) Ikatan pembuluh bikolateral :**

seperti kolateral namun terdapat floem disebelah dalam xilem sehingga ada floem external dan floem internal. Ikatan pembuluh seperti ini ditemukan pada beberapa familia seperti cucurbitaceae dan solanaceae

### **c) Ikatan pembuluh konsentris, amfikribal**

floem mengelilingi xilem (amfikribal). Ikatan pembuluh amfikribal sering terdapat pada paku dan juga terdapat sebagai ikatan pembuluh kecil pada bunga, buah, dan biji *Angiospermae*.

### **d) Ikatan pembuluh konsentris , amfivasal**

xilem mengelilingi floem, ditemukan pada beberapa dikotil, seperti pada ikatan pembuluh medula pada begonia dan pada monokotil seperti liliaceae.

### **e) Ikatan pembuluh radial**

pada akar, letak berkas xilem bergantian dan berdampingan dengan ber kas floem. Susunan itu disebut susunan radial

## **5. Pertumbuhan sekunder dan jenis tumbuh**

Terjadinya kambium pembuluh. Kambium dalam berkas pembuluh disebut kambium fasikuler, dan kambium yang di bentuk dalam pada daerah parenkim diantara dua berkas yang berdampingan disebut kambium interfasikular.

## **V. STRUKTUR DAN ORGAN REPRODUKSI**

### **1. Bagian-bagian pada daun**

Daun tersusun atas 3 sistem jaringan :

- a. Jaringandermal (epidermis)
- b. Jaringandasar (mesofil)

### c. Jaringan pembuluh

#### 2. Mikrosofil pada bunga

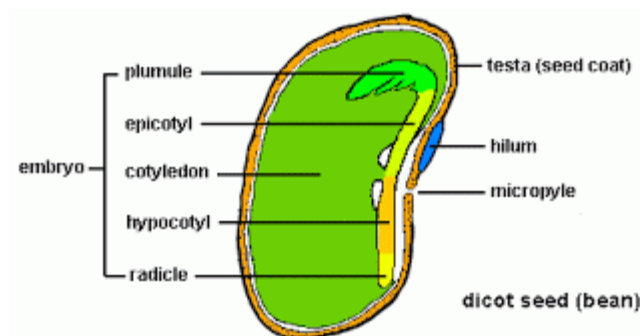
#### 3. Fungsi trikoma

Pada daun untuk mengurangi penguapan, mengurangi gangguan hewan dan manusia, meneruskan rangsang.

- Pada bunga (nektaria) mengeluarkan madu untuk menarik serangga membantunya penyerbukan.
- Pada biji untuk mencegah gangguan serangga yang akan merusak biji, menyerap air sehingga biji menjadi lekas berkecambah dan tumbuh.
- Pada batang untuk mengurangi penguapan dan untuk memanjat (kaktus, rotan).

#### 4. Bagian-bagian buah dan biji

##### Bagian-bagian biji



##### Kulit Biji (Testa)

Kulit biji terletak paling luar.

Lapisan testa terdiri dari :

*Sarkotesta* : Lapisan terluar

*Sklerotesta* : Lapisan bagian tengah, tebal dan keras

*Endotesta* : Lapisan terdalam, selaput tipis & berdaging

##### Sayap (Ala)

Merupakan pelebaran dari kulit luar sehingga membentuk sayap.

##### Bulu (Coma)

Merupakan penonjolan sel-sel kulit luar biji yang berupa rambut-rambut halus.

##### Salut Biji (Arillus)

Merupakan pertumbuhan dari tali pusar.

##### Salut Biji Semu (Arillodium)

Merupakan pertumbuhan di sekitar liang bakal biji (Micropyle).

##### Pusar Biji (Hilus)

Merupakan berkas perlekatan dengan tali pusar.

### Liang Biji (Microphyle)

Liang kecil berkas masuknya buluh serbuk sari kedalam bakal biji pada peristiwa pembuahan. Tepi liang ini sering tumbuh menjadi badan berwarna keputih-putihan dan lunak yang disebut karankula.

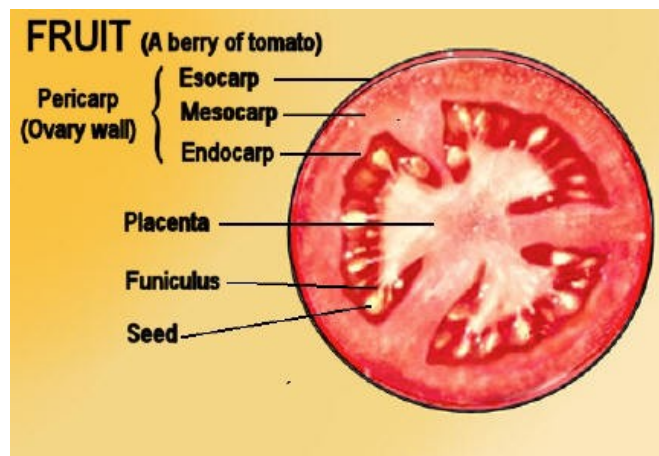
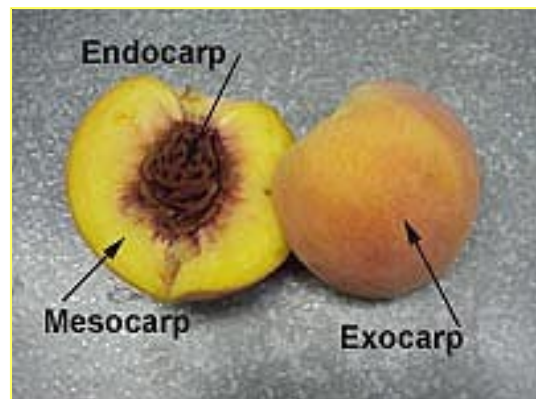
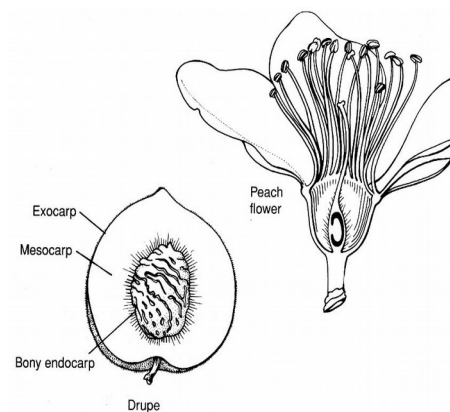
### Berkas-Berkas Pembuluh Pengangkutan (Chalaza)

Merupakan tempat pertemuan antara intergumen dengan nukleus.

### Tulang Biji (Raphe)

Terusan tali pusar pada biji. Biasanya terdapat pada biji yang berasal dari bakal biji.

### Bagian-bagian buah



1. **buah sejati** : Buah yang dibentuk oleh seluruh jaringan pada bakal buah contoh. mangga, pepaya, jeruk, tomat, kacang tanah

2. **Buah semu** : buah yang dibentuk dari bagian-bagian lain dari bunga bukan dari bakal buah contoh

- Nanas : dibentuk dari bakal buah dan daun bunga (kelopak)
- Jambu mete : dibentuk dari tangkai bunga yang membesar
- Apel : dibentuk dari dasar bunga yang menggembung
- Arbei : dibentuk dari dasar bunga yang menggembung
- Nangka : dibentuk dari daun bunga yang tumbuh menebal dan berdaging



## VI. FOTOSINTESIS DAN RESPIRASI

### 1. Respirasi, tahapan dan ATP yang dihasilkan dari setiap tahapan

Katabolisme disebut juga respirasi, merupakan proses pemecahan bahan organik menjadi bahan anorganik dan melepaskan sejumlah energi (reaksi eksergonik). Energi yang lepas tersebut digunakan untuk membentuk adenosin trifosfat (ATP), yang merupakan sumber energi untuk seluruh aktivitas kehidupan.

#### 1. *Glikolisis*

Glikolisis berlangsung di sitosol, merupakan proses pemecahan molekul glukosa yang memiliki 6 atom C menjadi dua molekul asam piruvat yang memiliki 3 atom C. Reaksi yang berlangsung di sitosol ini menghasilkan 2 NADH dan 2 ATP.

#### 2. *Daur Krebs*

Daur Krebs yang berlangsung di matriks mitokondria disebut juga daur asam sitrat atau daur asam trikarboksilat dan berlangsung pada matriks mitokondria. Asetil-KoA yang terbentuk pada dekarboksilasi oksidatif, memasuki daur ini. Pada akhir siklus dihasilkan 6 NADH, 2 FADH, dan 2 ATP.

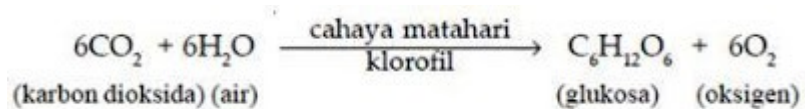
#### 3. *Rantai Transpor Elektron*

Rantai transpor elektron berlangsung pada krista mitokondria. Prinsip dari reaksi ini adalah: setiap pemindahan ion H (elektron) yang dilepas dari dua langkah pertama tadi antar akseptor dihasilkan energi yang digunakan untuk pembentukan ATP

Tabel berikut menjelaskan perhitungan pembentukan ATP per mol glukosa yang dipecah pada proses respirasi.

Proses	ATP	NADH	FADH
Glikolisis	2	2	-
Dekarboksilasi oksidatif	-	2	-
Daur Krebs	2	6	2
Rantai transpor elektron	34	-	-
Total	38	10	2

## 2. Fotosintesis dan faktor-faktor yang mempengaruhi



### **Reaksi fotosintesis**

1. **Cahaya**, merupakan sumber energy untuk fotosintesis. Energi cahaya yang diserap oleh tumbuhan tergantung pada :
  - a. intensitas sumber cahaya
  - b. panjang gelombang cahaya
  - c. lama penyinaran
2. **Klorofil**, merupakan pigmen penyerap energy cahaya. Untuk membuat klorofil diperlukan ion (zat) magnesium yang diserap dari tanah.
3. **Konsentrasi karbon dioksida**, pengaruhnya paling besar terhadap fotosintesis karena keberadaanya terbatas.
4. **Suhu**, mempengaruhi kerja enzim untuk fotosintesis. Jika suhu naik, kerja enzim akan

meningkat dua kali lipat (tapi) hanya pada suhu tertentu, dan jika suhu terlalu tinggi, justru akan merusak kerja enzim.

5. **Air**, jika kekurangan air, stomata menutup sehingga menghalangi masuknya karbon dioksida.

### 3. Fermentasi asam laktat

melangsungkan proses fermentasi yaitu proses pembebasan energi tanpa adanya oksigen, nama lainnya adalah **respirasi anaerob**.

#### Fermentasi Asam Laktat

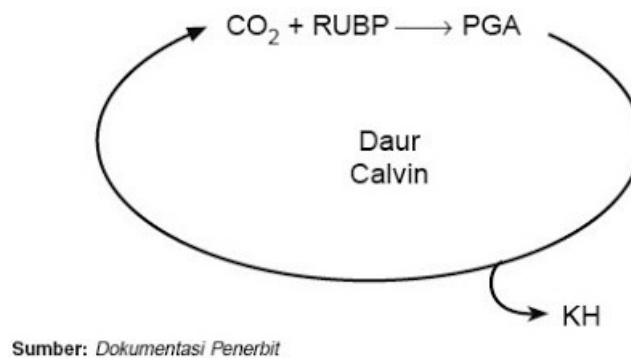
Fermentasi asam laktat yaitu fermentasi dimana hasil akhirnya adalah asam laktat. Peristiwa ini dapat terjadi di otot dalam kondisi anaerob.

Energi yang terbentuk dari glikolisis hingga terbentuk asam laktat :  
 $8 \text{ ATP} - 2 \text{ NADH}_2 = 8 - 2(3 \text{ ATP}) = 2 \text{ ATP}$ .

### 4. Siklus calvin (Rx gelap) Fotosintesis

Pengertian reaksi gelap adalah reaksi tahap kedua dari fotosintesis. Disebut reaksi gelap karena reaksi ini tidak memerlukan cahaya. Reaksi gelap terjadi di dalam stroma kloroplas. Reaksi gelap pertama kali ditemukan oleh Malvin Calvin dan Andrew Benson. Oleh karena itu, reaksi gelap fotosintesis sering disebut siklus Calvin-Benson atau siklus Calvin. Siklus Calvin berlangsung dalam tiga tahap, yaitu fase fiksasi, fase reduksi dan fase regenerasi.

Secara ringkas reaksi gelap atau siklus Calvin dijelaskan dalam skema pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Siklus Calvin Benson

Kapan glukosa terbentuk? Setiap 6 atom karbon yang memasuki siklus Calvin sebagai CO<sub>2</sub>, 6 atom karbon meninggalkan siklus sebagai 2 molekul PGAL atau G3P, kemudian digunakan dalam sintesis glukosa atau karbohidrat lain (perhatikan kembali siklus Calvin di atas). Reaksi endergonik antara 2 molekul G3P atau PGAL menghasilkan glukosa atau fruktosa. Pada beberapa tumbuhan, glukosa dan fruktosa bergabung membentuk sukrosa atau gula pada umumnya. Sukrosa dapat dipanen dari tanaman tebu atau bit. Selain itu, sel tumbuhan juga menggunakan glukosa untuk membentuk amilum atau selulosa.

Berdasarkan tipe pengikatan terhadap CO<sub>2</sub> selama proses fotosintesis terdapat tiga jenis tumbuhan, yaitu tanaman C<sub>3</sub>, tanaman C<sub>4</sub>, dan tanaman CAM.

## VII. BIOSINTESIS METABOLIT SEKUNDER

### 1. Jalur-jalur metabolit sekunder

metabolit sekunder ada tiga jalur, yaitu jalur asam asetat, jalur asam sikimat, dan jalur asam mevalonat.

#### a. Jalur asam asetat

Poliketida meliputi golongan yang besar bahan alami yang digolongkan bersarna berdasarkan pada biosintesisnya. Keanekaragaman struktur dapat dijelaskan sebagai turunan rantai poli- $\beta$ -keto, terbentuk oleh koupling unit-unit asam asetat (C2) via reaksi kondensasi, misalnya  $n \text{ CH}_3\text{CO}_2\text{H} [\text{CH}_3\text{CO}]_n -$

Termasuk poliketida adalah asam lemak, poliasetilena, prostaglandin, antibiotika makrolida, dan senyawa aromatik seperti antraknon dan tetrasiklina. Pembentukan rantai poli- $\beta$ -keto dapat digambarkan sebagai sederet reaksi Claisen, keragaman melibatkan urutan  $\beta$ -oksidasi dalam metabolisme asam lemak. Jadi, 2 molekul asetil-KoA dapat ikut serta dalam reaksi Claisen membentuk asetoasetil-KoA, kemudian reaksi dapat berlanjut sampai dihasilkan rantai poli- $\beta$ -keto yang cukup. Akan tetapi studi tentang enzim yang terlibat dalam biosintesis asam lemak belum terungkap secara rinci. Namun demikian, dalam pembentukan asam lemak melibatkan enzim asam lemak sintase seperti yang dibahas di atas.

#### b. Jalur asam sikimat

Jalur asam sikimat merupakan jalur alternatif menuju senyawa aromatik, utamanya L-fenilalanin, L-tirosina, dan L-triptofan. Jalur ini berlangsung dalam mikroorganisme dan tumbuhan, tetapi tidak berlangsung dalam hewan, sehingga asam amino aromatik merupakan asam amino esensial yang harus terdapat dalam diet manusia maupun hewan.

Zat antara pusat adalah asam sikimat, suatu asam yang ditemukan dalam tanaman *Illicium* sp. beberapa tahun sebelum perannya dalam metabolisme ditemukan. Asam ini juga terbentuk dalam mutan tertentu dari *Escherichia coli*.

contoh reaksi yang terjadi dalam biosintesis asam polifenolat tercantum dalam Gambar 3 — 7. Dalam biosintesis L-triptofan dan asam 4-hidroksibenzoat juga terjadi antara asam korismat.

#### c. Jalur asam mevalonat

Terpenoid merupakan bentuk senyawa dengan keragaman struktur yang besar dalam produk alami yang diturunkan dari unit isoprena (C5) yang bergandengan dalam model kepala ke ekor (head-to-tail), sedangkan unit isoprena diturunkan dari metabolisme asam asetat oleh jalur asam mevalonat (mevalonic acid : MVA).

### 2. Fungsi metabolit sekunder

Pada umumnya senyawa metabolit sekunder berfungsi sebagai mekanisme pertahanan diri, misalnya sebagai pelindung (protectant) dari gangguan hama untuk tumbuhan itu sendiri atau lingkungannya. Selain sebagai pelindung, dapat juga berfungsi sebagai penarik (attractant) atau penolak (repellent) dari serangga atau herbivora.

### 3. Upaya untuk meningkatkan metabolisme sekunder

#### 1. Metode konvensional



Adanya kenyataan mengenai ras kimia (chemical races) atau chemodemes., yaitu adanya perbedaan kandungan kimia dalam tumbuhan antar satu spesies yang memiliki fenotipe sama, namun secara genetik berbeda; seperti keidentikan bentuk luar tetapi berbeda dalam kandungan kimianya. Ekspresi genetik ini dinyatakan dalam metabolisme sekunder golongan

- a. Pemilihan bibit unggul perlu dilakukan. Bibit unggul dapat terjadi secara alami, namun yang sering dikerjakan adalah hibridisasi dan mutasi serta pemuliaan tumbuhan dengan penyerbukan silang atau metode lain yang sejenis.
- b. Budidaya tanaman merupakan upaya untuk meningkatkan produksi metabolit sekunder, serta memperoleh bahan dasar obat yang seragam.

## 2. Metode bioteknologi

Metode ini dapat ditempuh dengan berbagai cara, antara lain:

- a. Pembentukan tanaman transgenik, yaitu dengan memindahkan materi genetik dari tanaman satu ke tanaman lainnya. Dalam praktek sangat terbatas dilakukan, mungkin masih terbatas pada penelitian. Di sini juga mencakup teknik DNA rekombinan.
- b. Penerapan teknik kultur jaringan tanaman, baik dalam propagasi klonal, embriogenesis somatik, kultur suspensi sel dan kultur organ (akar berambut), serta sel amobil dalam produksi metabolit sekunder dsb. Di samping itu juga dapat dilakukan biotransformasi dengan kultur set, hal ini juga dapat dilakukan dengan sistem sel amobil.