

# Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

## A. PENDAHULUAN

**Pertumbuhan** adalah:

- 1) Proses perubahan dan pertambahan ukuran akibat pembelahan dan perbesaran sel.
- 2) Bersifat irreversibel dan tetap.
- 3) Kuantitatif (dapat diukur).

**Perkembangan** adalah:

- 1) Proses perubahan bentuk dan pendewasaan akibat perubahan struktur dan fungsi sel.
- 2) Kualitatif (tidak dapat diukur).

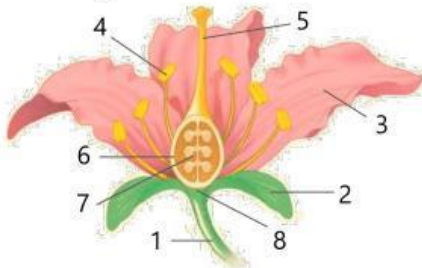
## B. PEMBUNGAAN DAN PEMBUAHAN

**Pembungaan** adalah proses pembentukan bunga sebagai alat reproduksi generatif.

**Proses pembungaan:**

- 1) **Induksi/evokasi**, perubahan jaringan meristem vegetatif menjadi generatif.
- 2) **Inisiasi**, pembentukan kuncup bunga.
- 3) **Inisiasi menuju anthesis**, diferensiasi bagian-bagian bunga dan pembentukan mikrospora dan megaspora.
- 4) **Anthesis**, mekarnya bunga dan matangnya mikrospora dan megaspora.

**Struktur bunga:**



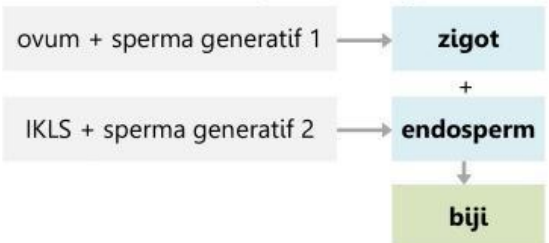
- 1) **Tangkai bunga** (petiola/pedisella), berfungsi menyangga bunga.
- 2) **Kelopak bunga** (kaliks/sepal), berfungsi melindungi bunga saat kuncup.
- 3) **Mahkota bunga** (korolla/petal), berfungsi menarik perhatian serangga untuk membantu penyerbukan.
- 4) **Benang sari** (stament), adalah alat kelamin jantan penghasil serbuk sari (pollen) yang berasal dari mikrospora. Benang sari terdiri dari kepala (anthera) dan tangkai (filamen).
- 5) **Putik** (karpel), adalah alat kelamin betina penghasil ovum dan inti kandung lembaga sekunder (IKLS) yang berasal dari megaspora. Putik terdiri dari kepala (stigma), tangkai (stillus), dan buluh serbuk (tuba pollen).

- 6) **Ovarium**, yaitu bakal buah yang akan membesar menjadi buah setelah pembuahan.
- 7) **Ovulum**, yaitu bakal biji yang terdapat dalam ovarium yang mengandung sel kandung lembaga (embrio) yang akan menjadi biji.
- 8) **Dasar bunga** (reseptakel), tempat melekatnya mahkota bunga, benang sari dan putik.

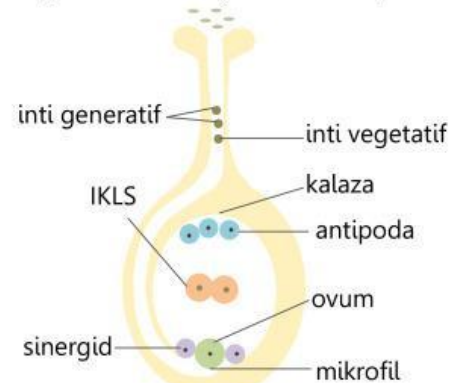
**Biji** adalah alat perkembangbiakan tumbuhan generatif yang dihasilkan dari penyerbukan.

**Pembuahan** adalah proses fertilisasi gamet jantan dan betina pada tumbuhan yang menghasilkan buah dan biji.

**Tumbuhan** melakukan pembuahan ganda.



**Proses pembuahan** terjadi di dalam putik.



**Mikrosporogenesis** (dalam buluh serbuk sari)

- 1) **Serbuk sari** yang dihasilkan benang sari jatuh ke atas putik (penyerbukan).
- 2) **Mikrosporosit** (sel induk, 2n) mengalami meiosis menjadi inti vegetatif (inti tabung, n) dan inti generatif (sperma, n).
- 3) **Inti vegetatif** berfungsi untuk membentuk buluh serbuk (tuba pollen), sedangkan sperma akan mengalami mitosis dalam buluh serbuk menjadi **inti sperma 1** (n) dan **inti sperma 2** (n).

**Megasporogenesis** (dalam ovulum)

- 1) **Megasporosit** (sel induk, 2n) mengalami meiosis menjadi **empat sel megaspora** (n). Kemudian tiga sel megaspora mati.

- 2) Sel megaspora yang tersisa mengalami mitosis inti (kariokinesis) tanpa pembelahan sel menjadi **sel kandung lembaga** yang mengandung **delapan inti**.
- 3) **Inti sel** kandung lembaga lalu bergerak:
  - a. Tiga inti menuju mikrofil menjadi **ovum** (n) dan **2 sinergid**.
  - b. Dua inti berada di tengah bergabung menjadi **IKLS** (2n).
  - c. Tiga inti menuju kalaza menjadi **antipoda**, kemudian mati.

#### Fertilisasi

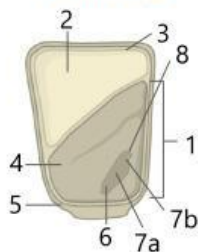
- 1) Inti sperma 1 yang sampai di mikrofil akan membuahi ovum, menjadi **zigot** (2n).  
Zigot adalah embrio yang akan menjadi calon tumbuhan.
- 2) Inti sperma 2 yang sampai di mikrofil akan membuahi IKLS, menjadi **endosperm** (3n).  
Endosperm adalah cadangan makanan sementara biji selama berkecambah.

**Kesatuan** zigot (embrio) dan endosperm (cadangan makanan) disebut **biji**.

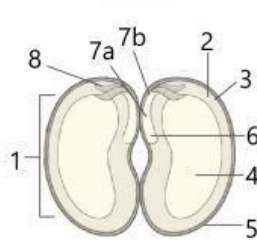
### C. PERKECAMBAHAN

**Perkecambahan** adalah proses pertumbuhan dan perkembangan embrio di dalam biji.

#### Monokotil



#### Dikotil



#### Struktur biji:

- 1) **Embrio**, zigot yang telah berkembang dan siap berkecambah.
- 2) **Endosperm**, cadangan makanan utama biji monokotil (berendosperm).
- 3) **Kotiledon**, cadangan makanan utama biji dikotil (tak berendosperm).
- 4) **Aleuron** (lapisan luar endosperm)
- 5) **Testa** (kulit biji)
- 6) **Radikula** (akar lembaga)
- 7) **Kaulikulus** (batang lembaga)
  - a. Hipokotil, sumbu embrio yang berada di bawah tempat munculnya kotiledon.
  - b. Epikotil, sumbu embrio yang berada di atas tempat munculnya kotiledon.
- 8) **Plumula** (daun lembaga)

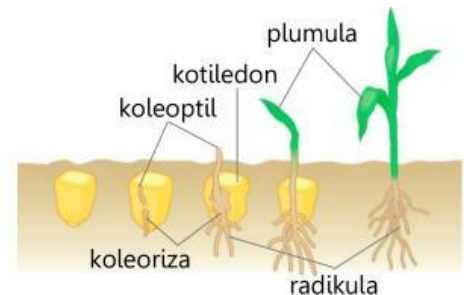
#### Proses perkecambahan:

- 1) Air masuk ke biji (imbibisi) dan testa pecah,
- 2) Pelepasan hormon giberellin oleh embrio memicu sintesis dan aktivasi enzim  $\alpha$  amilase dan protease oleh aleuron,
- 3) Hidrolisis cadangan makanan dalam kotiledon dan endosperm oleh air dan enzim,
- 4) Penghasilan energi dari respirasi aerob menggunakan glukosa dan oksigen.

#### Macam-macam perkecambahan:

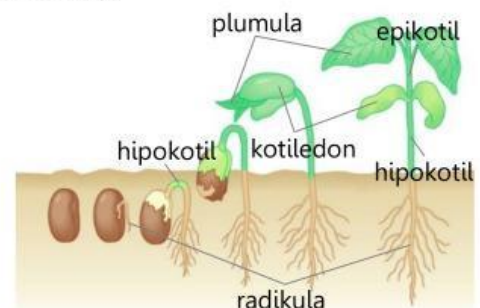
##### 1) Perkecambahan hipogeal

Adalah perkecambahan yang terjadi pada tumbuhan monokotil, dan kotiledon berada di bawah tanah.



##### 2) Perkecambahan epigeal

Adalah perkecambahan yang terjadi pada tumbuhan dikotil, dan kotiledon berada di atas tanah.



### D. PERTUMBUHAN

**Jaringan meristem** adalah jaringan embrionik tumbuhan yang belum terspesialisasi dan aktif membelah.

**Pertumbuhan tumbuhan** oleh jaringan meristem apikal dijelaskan teori titik tumbuh.

##### 1) Teori Histogen (Hanstein, 1868)

**Titik tumbuh** tersusun atas lapisan sel yang disebut **histogen** yang terdiri dari:

**dermatogen** → epidermis

**periblem** → korteks, endodermis

**plerom** → stele

## 2) Teori Tunika-Korpus (Schmidt, 1924)

**Titik tumbuh** terdiri atas zona **tunika** (luar) dan **korpus** (pusat).

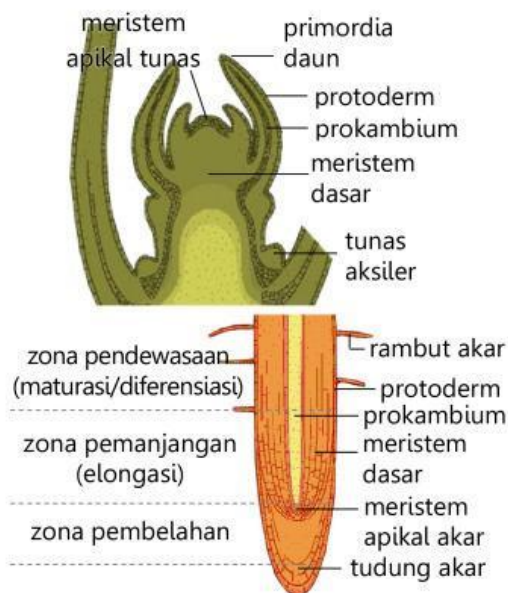
**tunika** → epidermis, korteks, endodermis

**korpus** → stele

Berdasarkan letaknya, jaringan meristem terdiri dari meristem apikal, lateral, dan interkalar.

**Jaringan meristem apikal** (ujung) adalah jaringan meristem primer yang:

- 1) Terletak di ujung akar dan ujung batang (bagian apikal).
- 2) Tempat **pertumbuhan primer**, yaitu pertambahan panjang.

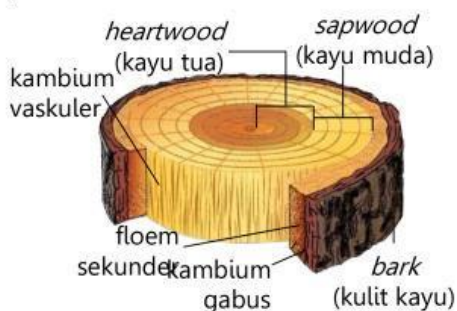


**Zonasi pertumbuhan:**

- 1) **Zona pembelahan**, sel meristem apikal giat melakukan pembelahan.
- 2) **Zona pemanjangan**, sel yang telah membelah membesar dan memanjang.
- 3) **Zona pendewasaan**, sel yang telah membelah terspesialisasi menjadi jaringan permanen.

**Jaringan meristem lateral** (samping) adalah jaringan meristem sekunder yang:

- 1) Terletak di akar dan batang (kambium).
- 2) Tempat **pertumbuhan sekunder**, yaitu perbesaran ukuran.



**Kambium** terdiri dari:

### 1) Kambium vaskuler

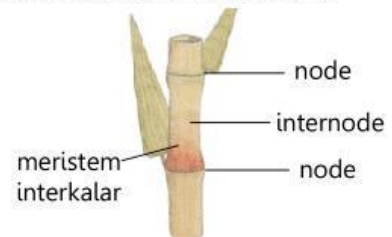
Adalah kambium yang memperbesar ukuran selama pertumbuhan sekunder.

Kambium memperbesar diameter batang dengan membentuk xilem sekunder dan floem sekunder (**lingkaran tahun**).

### 2) Kambium gabus (felogen)

Adalah kambium di bawah epidermis, yang menghasilkan lapisan kulit kayu (periderm) pengganti epidermis.

**Jaringan meristem interkalar** (antara) adalah bagian jaringan meristem apikal yang terpisah dan dapat membelah sewaktu-waktu.



Tumbuhan yang memiliki jaringan ini adalah famili **Gramineae** (rumput-rumputan).

## E. STRUKTUR ORGAN TUMBUHAN

**Organ tumbuhan** tersusun atas sistem jaringan tumbuhan permanen (dewasa).

**Jaringan permanen** terdiri dari:

### 1) Jaringan epidermis (pelindung)

Adalah jaringan paling luar yang berfungsi melindungi jaringan di bawahnya.

### 2) Jaringan parenkim (dasar)

Adalah jaringan dasar yang menyusun hampir seluruh bagian organ tumbuhan.

**Ciri-ciri sel parenkim:**

- Merupakan sel-sel hidup.
- Memiliki selulosa tipis rata.
- Masih dapat membelah meski dewasa.

### 3) Jaringan penyokong

Adalah jaringan mekanik yang menunjang bentuk tumbuhan.

**Jaringan penyokong** dibedakan menjadi:

#### a. Jaringan kolenkim

Adalah jaringan penyokong muda. Jaringan kolenkim terdapat di bagian tumbuhan yang masih mengalami pertumbuhan dan perkembangan.

**Ciri-ciri sel kolenkim:**

- Merupakan sel-sel hidup.
- Mengalami penebalan selulosa sudut.
- Mengandung kloroplas.

b. **Jaringan sklerenkim**

Adalah jaringan penyokong tua. Jaringan sklerenkim terdapat di bagian tumbuhan yang tidak mengalami pertumbuhan dan perkembangan.

**Ciri-ciri sel sklerenkim:**

- Merupakan sel-sel mati.
- Mengalami penebalan selulosa merata.
- Memiliki lignin (zat kayu).

Jaringan sklerenkim tersusun atas serabut sklerenkim dan sklereid (sel-sel batu).

4) **Jaringan vaskuler** (pembuluh angkut)

Adalah jaringan pengangkut air dan unsur hara, serta zat hasil fotosintesis.

**Jaringan pengangkut** terdiri dari:

- Xilem**, mengangkut air dan unsur hara dari akar ke daun.
- Floem**, mengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan.

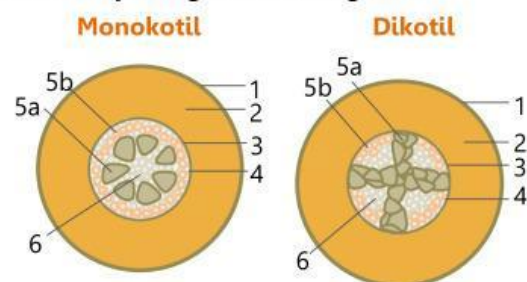
5) **Jaringan gabus**

Adalah jaringan yang tersusun atas sel-sel gabus (parenkim penutup luka) yang memanjang yang dihasilkan **kambium gabus** (felogen).

**Jaringan gabus** terdiri dari dua macam:

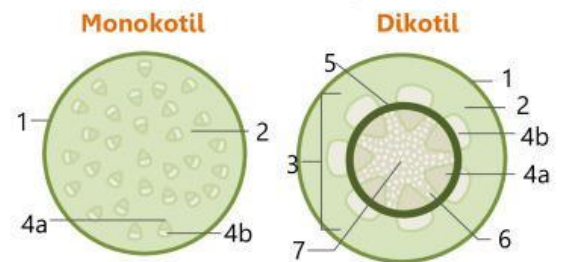
- Feloderm**, dibentuk ke arah dalam dan tersusun atas sel-sel hidup.
- Felem**, dibentuk ke arah luar dan tersusun atas sel-sel mati.

Fungsi jaringan gabus adalah melindungi jaringan di bawahnya dari kerusakan.

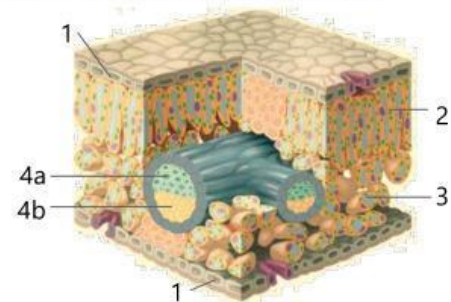
✎ **Struktur potongan melintang akar:**

- 1) **Epidermis**, lapisan terluar akar, di lapisan bawahnya terdapat kambium gabus.
- 2) **Korteks**, jaringan dasar yang terletak di sebelah dalam epidermis.
- 3) **Endodermis**, lapisan tempat terdapatnya **pita Caspary** yang bersifat impermeabel yang berfungsi menyeleksi air yang masuk.
- 4) **Perisikel**, lapisan sebelah dalam endodermis, tempat pembentukan kambium gabus dan rambut akar.

- 5) **Pembuluh angkut**, terdiri dari **xilem** (a, ke arah dalam), dan **floem** (b, ke arah luar).
- 6) **Empulur/pit**, jaringan dasar yang berada di sebelah dalam endodermis.

✎ **Struktur potongan melintang batang:**

- 1) **Epidermis**, lapisan terluar batang, dan di bawahnya terdapat kambium gabus.
- 2) **Korteks**, jaringan dasar yang terletak di sebelah dalam epidermis.
- 3) **Stele** (silinder pusat)
- 4) **Pembuluh angkut**, terdiri dari **xilem** (a, ke arah dalam), dan **floem** (b, ke arah luar).
- 5) **Kambium**
- 6) **Jari-jari empulur**, terbentuk akibat pertumbuhan sekunder.
- 7) **Empulur/pit**, jaringan dasar pengisi stele.

✎ **Struktur potongan melintang daun:**

- 1) **Epidermis**, lapisan terluar daun yang dilengkapi kutikula (zat lilin). Pada epidermis bawah, banyak terdapat stomata.
- 2) **Jaringan palisade** (pagar), jaringan penyokong yang memiliki banyak klorofil.
- 3) **Jaringan spons**, jaringan penyokong yang memiliki sedikit klorofil dan sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.
- 4) **Pembuluh angkut**, terdiri dari **xilem** (a, ke arah epidermis atas) dan **floem** (b, ke arah epidermis bawah).

**F. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TUMBUHAN**✎ **Faktor internal** yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan:

- 1) **Genetis**, sifat-sifat tumbuhan tertentu berasal dari pewarisan sifat induk tumbuhan.  
(dipelajari di Biologi 4)

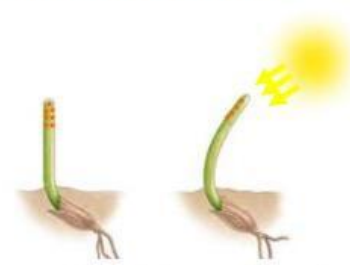
- 2) **Fisiologis**, sifat-sifat tumbuhan tertentu dipengaruhi oleh hormon dan vitamin.

**Hormon-hormon tumbuhan:**

| Hormon                    | Fungsi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Auksin (IAA)</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemanjangan sel.</li> <li>• Dominansi apikal (ujung).</li> <li>• Partenokarpi (pembuahan tanpa penyerbukan).</li> <li>• Partenogenesis (pembentukan buah tanpa biji).</li> <li>• Etiolasi (pertumbuhan tanpa cahaya).</li> <li>• Pembentukan xilem, floem, akar lateral dan serabut akar.</li> <li>• Menghambat absisi (gugur) daun dan buah.</li> <li>• Berlawanan dengan sitokinin.</li> </ul> |
| <b>Sitokinin</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembelahan sel.</li> <li>• Dominansi lateral (cabang).</li> <li>• Pembentukan daun, bunga dan buah.</li> <li>• Menghambat proses penuaan.</li> <li>• Berlawanan dengan auksin.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Giberellin</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertumbuhan raksasa.</li> <li>• Pembentukan bunga dan biji.</li> <li>• Proses perkecambahan biji.</li> <li>• Mengakhiri dormansi biji.</li> <li>• Partenokarpi (pembuahan tanpa penyerbukan).</li> </ul>                                                                                                                                                                                         |
| <b>Asam traumalin</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regenerasi sel.</li> <li>• Penyembuhan luka.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Asam absisat (ABA)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penghambat hormon-hormon pertumbuhan.</li> <li>• Meningkatkan absisi (gugur) daun dan proses penuaan.</li> <li>• Penutupan stomata.</li> <li>• Memperlambat pemanjangan dan pembelahan sel.</li> <li>• Memicu pembentukan gas etilen di seluruh sel tumbuhan.</li> <li>• Melakukan dormansi tumbuhan (masa tidur).</li> </ul>                                                                    |
| <b>Gas etilen</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proses pematangan buah.</li> <li>• Proses absisi daun.</li> <li>• Menghambat pembentukan akar, batang dan bunga.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Kalin</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organogenesis akar (rhizokalin), batang (kaulokalin), daun (filokalin), bunga (anthokalin).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

**Efek** yang ditimbulkan oleh hormon tumbuhan:

1) **Pertumbuhan akibat auksin**



**Proses pembengkokan arah tumbuh:**

- Auksin di ujung batang yang terkena cahaya akan menjadi inaktif.
- Pertumbuhan lalu dialihkan ke sisi yang tidak terkena cahaya.
- Pertumbuhan tersebut menyebabkan tumbuhan bengkok menuju cahaya.

2) **Etiolasi oleh auksin**

Etiolasi adalah pertumbuhan tanpa cahaya, namun menggunakan auksin.

**Etiolasi menghasilkan tumbuhan yang:**

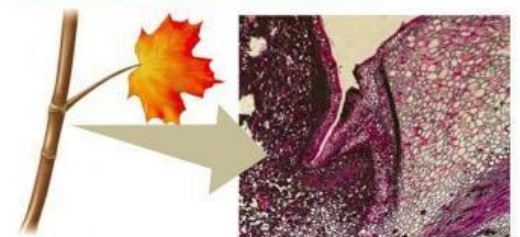
- Berbatang panjang, kurus dan lemah.
- Berdaun kecil dan tipis.
- Mengalami klorosis (defisiensi klorofil).

3) **Penyembuhan luka oleh asam traumalin**

**Dilakukan dengan:**

- Re-merismatik jaringan permanen.
- Pengeluaran getah di daerah luka.
- Pembentukan jaringan gabus oleh kambium gabus (felogen).

4) **Absisi daun oleh asam absisat**



Asam absisat akan melisis sel-sel pada tangkai daun sehingga daun akan kekurangan nutrisi dan mati.

**Vitamin** pada tumbuhan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan melalui pembentukan hormon dan koenzim.

Contoh: vitamin B12 (riboflavin), vitamin B1 (tiamin), vitamin B6 (piridoksin), vitamin C (asam askorbat).

**Faktor eksternal** yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan antara lain air, cahaya matahari, suhu, keadaan medium tumbuh dan nutrisi.

📌 **Air** berperan dalam:

- 1) Reaksi fotosintesis (reaksi gelap).
- 2) Mempengaruhi respirasi dan transpirasi.
- 3) Pelarut dan medium reaksi kimia tumbuhan.
- 4) Transportasi unsur hara dan hasil fotosintesis.
- 5) Menjaga turgiditas sel tumbuhan.
- 6) Perkecambahan biji (imbibisi).

📌 **Cahaya matahari** mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan, terutama pembungaan.

📌 **Tumbuhan** peka terhadap cahaya karena **pigmen fitokrom**.

📌 **Berdasarkan lama penyinaran** (fotoperiodisme), pembungaan tumbuhan terjadi jika:

| Jenis           | Penyinaran                    | Contoh                                                               |
|-----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Berhari pendek  | < 12 jam (sub-tropis utara)   | krisan, aster, dahlia, anggrek, stroberi, jagung, kedelai, ubi jalar |
| Berhari sedang  | 12 jam (tropis)               | kacang, tebu                                                         |
| Berhari panjang | > 12 jam (sub-tropis selatan) | kentang, gandum, bit, bayam, selada, lobak, kol, bunga sepatu        |
| Berhari netral  | tidak dipengaruhi             | padi, kapas, timun, tomat, mawar, anyelir, bunga matahari            |

📌 **Suhu/temperatur** akan mempengaruhi:

- 1) Jumlah air dan transpirasi (penguapan).
- 2) Proses metabolisme (fotosintesis dan respirasi) dan kerja enzim.
- 3) Dormansi biji dan tumbuhan.

📌 **Suhu optimal** suatu tumbuhan didasarkan atas suhu rata-rata iklim asal tumbuhan.

📌 **Keadaan medium tumbuh** tanaman (tanah, air, dsb.) dipengaruhi oleh pH dan oksigen.

- 1) **pH** yang optimal adalah netral.  
pH yang terlalu asam dapat diatur melalui pengapuran.
- 2) **Oksigen** dibutuhkan akar untuk respirasi dan penyerapan unsur hara dalam tanah, melalui aerasi medium tumbuh yang baik.

📌 **Nutrisi** (unsur hara) yang diperlukan oleh tumbuhan terbagi menjadi makronutrien dan mikronutrien.

📌 **Perubahan** pada daun akibat defisiensi nutrisi:

Daun sehat



Defisiensi air



Defisiensi N



Defisiensi P



Defisiensi Ca



Defisiensi K



Defisiensi Mg



| Unsur               | Sumber                                                      | Fungsi/penyusun                                  | Defisiensi                                                                            |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Makronutrien</b> |                                                             |                                                  |                                                                                       |
| <b>C</b>            | CO <sub>2</sub>                                             | reaksi fotosintesis, bahan dasar senyawa organik | pertumbuhan dan metabolisme terhambat                                                 |
| <b>H</b>            | H <sub>2</sub> O                                            |                                                  |                                                                                       |
| <b>O</b>            | H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>                            |                                                  |                                                                                       |
| <b>N</b>            | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | asam amino, asam nukleat, klorofil               | pertumbuhan terhambat, klorosis                                                       |
| <b>S</b>            | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                               | asam amino                                       | daun hijau pucat                                                                      |
| <b>P</b>            | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>                 | asam nukleat, fosfolipid, ATP                    | pertumbuhan terhambat, daun keunguan                                                  |
| <b>Ca</b>           | Ca <sup>2+</sup>                                            | dinding sel, aktivator enzim                     | pertumbuhan akar dan apikal terhambat, daun tidak terbentuk                           |
| <b>K</b>            | K <sup>+</sup>                                              | osmosis, keseimbangan ion, aktivator enzim       | pertumbuhan terhambat, tumbuhan lemah, daun menggulung, bercak-bercak dan tepi hangus |
| <b>Mg</b>           | Mg <sup>2+</sup>                                            | klorofil, aktivator enzim                        | gugur daun, klorosis                                                                  |

**Mikronutrien**

|           |                                                       |                                                             |                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Fe</b> | $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$                   | sintesis protein dan klorofil                               | klorosis, daun bergaris kuning                                      |
| <b>Cl</b> | $\text{Cl}^-$                                         | keseimbangan ion                                            | klorosis, daun mati                                                 |
| <b>Cu</b> | $\text{Cu}^{2+}$                                      | aktivator enzim                                             | pertumbuhan terhambat, klorosis, daun bintik-bintik                 |
| <b>Zn</b> | $\text{Zn}^{2+}$                                      | aktivator enzim, sintesis auksin, kloroplas                 | klorosis, daun merah tua                                            |
| <b>Mn</b> | $\text{Mn}^{2+}$                                      | aktivator enzim, sintesis klorofil                          | daun putih, berkas pembuluh berwarna gelap                          |
| <b>Mo</b> | $\text{MoO}_4^{2-}$                                   | fiksasi nitrogen, reproduksi tumbuhan                       | daun hijau pucat dan menggulung                                     |
| <b>B</b>  | $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ , $\text{B}(\text{OH})_4^-$ | perkecambahan, pembungaan, pembuahan, sintesis asam nukleat | pertumbuhan apikal dan lateral terhambat, daun menebal dan keriting |