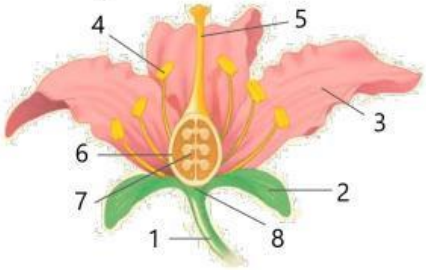
Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan

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.

ovum + sperma generatif 1 → **zigot**

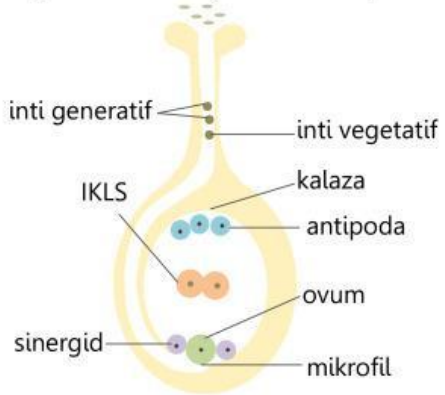
+

IKLS + sperma generatif 2 → **endosperm**

↓

biji

- **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.

LIVEWORKSHEETS

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 membuah IKLS, menjadi **endosperm** (3n).

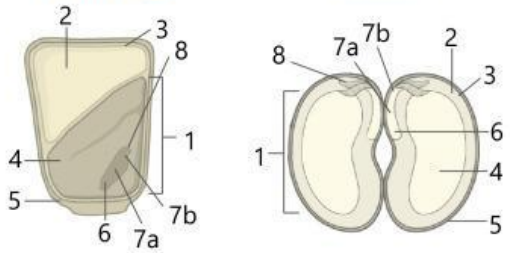
   Endosperm adalah cadangan makanan sementara biji selama berkecambah.

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

C. PERKECAMBAHAN

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

Monokotil **Dikotil**

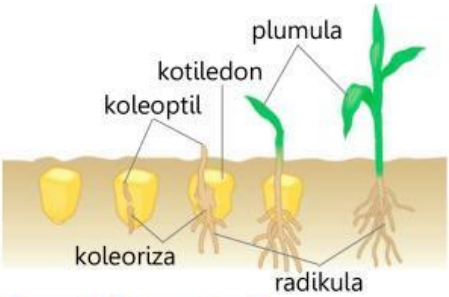


- **Struktur biji:**
  1) **Embrio**, zigot yang telah berkembang dan siap berkecambah.
  2) **Endosperm**, cadangan makanan utama biji monokotil (berendosperm).
  3) **Kotiledon**, cadangan makanan utama biji dikotil (tak berendosperm).
  4) **Aleuron** (lapisan luar endosperm)
  5) **Testa** (kulit 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 α 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.

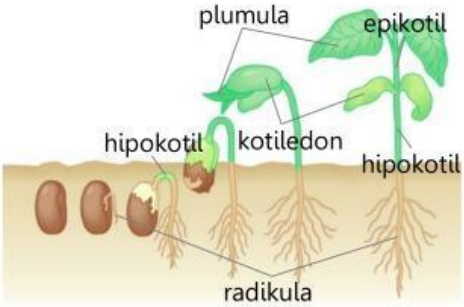
- **Macam-macam perkecambahan:**
  1) **Perkecambahan hipogeal**

     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

LIVEWORKSHEETS

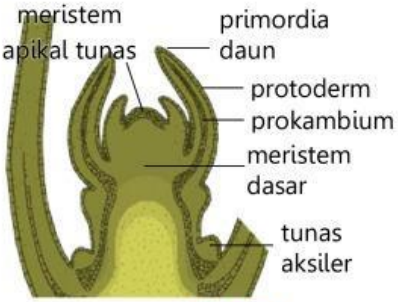
2) **Teori Tunika-Korpus** (Schmidt, 1924)

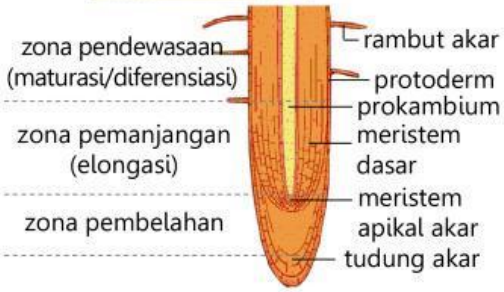
Titik tumbuh terdiri atas zona **tunika** (luar) dan **korpus** (pusat).

tunika → epidermis, korteks, endodermis

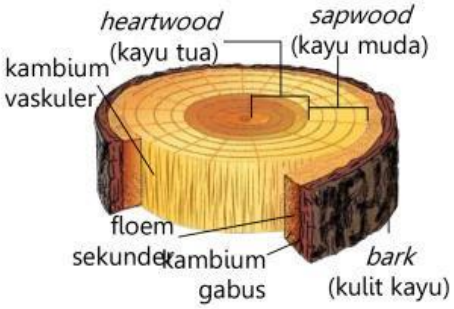
korpus → stele

- **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.

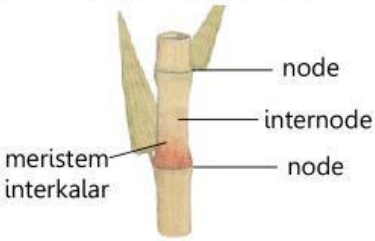


- **Kambium** terdiri dari:
  1) **Kambium vaskuler**

     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.

LIVEWORKSHEETS

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:

a. **Xilem**, mengangkut air dan unsur hara dari akar ke daun.

b. **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).

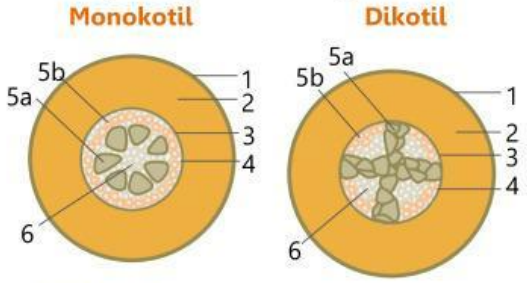
Jaringan gabus terdiri dari dua macam:

a. **Feloderm**, dibentuk ke arah dalam dan tersusun atas sel-sel hidup.

b. **Felem**, dibentuk ke arah luar dan tersusun atas sel-sel mati.

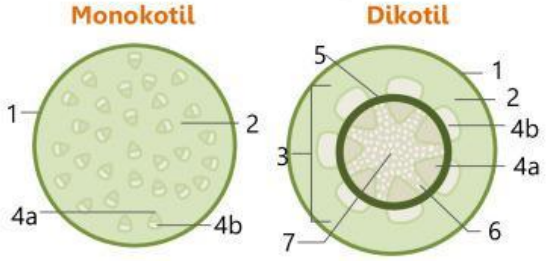
Fungsi jaringan gabus adalah melindungi jaringan di bawahnya dari kerusakan.

- **Struktur potongan melintang** akar:



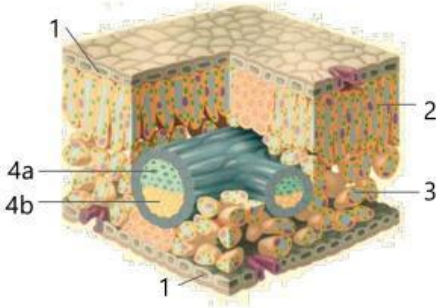
1) **Epidermis**, lapisan terluar akar, di lapisan bawahnya terdapat kambium gabus.
2) **Korteks**, jaringan dasar yang terletak di sebelah dalam epidermis.
3) **Endodermis**, lapisan tempat terdapatnya **pita Caspary** yang bersifat impermeabel yang berfungsi menyeleksi air yang masuk.
4) **Perisikel**,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

LIVEWORKSHEETS

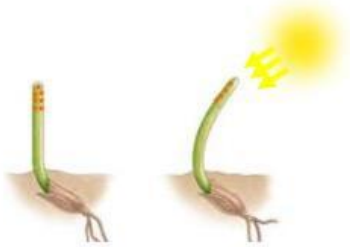
2) **Fisiologis**, sifat-sifat tumbuhan tertentu dipengaruhi oleh hormon dan vitamin.

- **Hormon-hormon** tumbuhan:

Hormon	Fungsi
Auksin (IAA)	• **Pemanjangan sel**. • **Dominansi apikal** (ujung). • **Partenokarpi** (pembuahan tanpa penyerbukan). • **Partenogenesis** (pembentukan buah tanpa biji). • **Etiolasi** (pertumbuhan tanpa cahaya). • **Pembentukan** xilem, floem, akar lateral dan serabut akar. • **Menghambat absisi** (gugur) daun dan buah. • **Berlawanan** dengan sitokinin.
Sitokinin	• **Pembelahan sel.** • **Dominansi lateral** (cabang). • **Pembentukan** daun, bunga dan buah. • **Menghambat proses penuaan**. • **Berlawanan** dengan auksin.
Giberellin	• **Pertumbuhan raksasa**. • **Pembentukan** bunga dan biji. • Proses **perkecambahan** biji. • **Mengakhiri dormansi** biji. • **Partenokarpi** (pembuahan tanpa penyerbukan).
Asam traumalin	• **Regenerasi sel**. • **Penyembuhan luka**.
Asam absisat (ABA)	• **Penghambat** hormon-hormon pertumbuhan. • **Meningkatkan absisi** (gugur) daun dan **proses penuaan**. • **Penutupan stomata**. • **Memperlambat** pemanjangan dan pembelahan sel. • **Memicu pembentukan** gas etilen di seluruh sel tumbuhan. • **Melakukan dormansi** tumbuhan (masa tidur).
Gas etilen	• **Proses pematangan buah.** • **Proses absisi daun.** • **Menghambat** pembentukan akar, batang dan bunga.
Kalin	• **Organogenesis** akar (rhizokalin), batang (kaulokalin), daun (filokalin), bunga (anthokalin).

- **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:

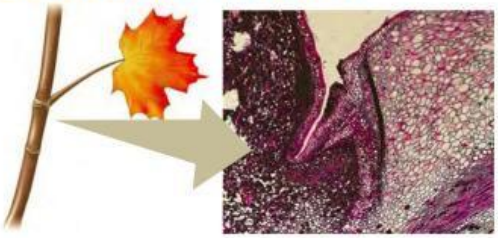
- Berbatang panjang, kurus dan lemah.
- Berdaun kecil dan tipis.
- Mengalami klorosis (defisiensi klorofil).

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).

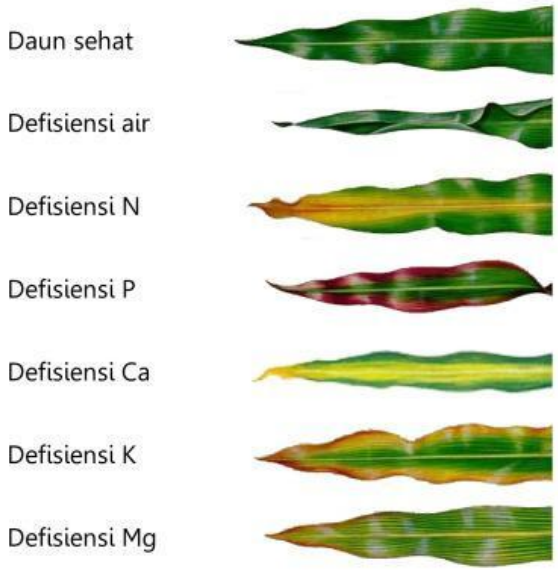
- **Faktor eksternal** yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan antara lain air, cahaya matahari, suhu, keadaan medium tumbuh dan nutrisi.

LIVEWORKSHEETS

- **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:



Unsur	Sumber	Fungsi/penyusun	Defisiensi
Makronutrien			
C	CO_2	reaksi fotosintesis, bahan dasar senyawa organik	pertumbuhan dan metabolisme terhambat
H	H_2O		
O	H_2O, O_2		
N	NO_3^-, NH_4^+	asam amino, asam nukleat, klorofil	pertumbuhan terhambat, klorosis
S	SO_4^{2-}	asam amino	daun hijau pucat
P	$H_2PO_4^-$	asam nukleat, fosfolipid, ATP	pertumbuhan terhambat, daun keunguan
Ca	Ca^{2+}	dinding sel, aktivator enzim	pertumbuhan akar dan apikal terhambat, daun tidak terbentuk
K	K^+	osmosis, keseimbangan ion, aktivator enzim	pertumbuhan terhambat, tumbuhan lemah, daun menggulung, bercak-bercak dan tepi hangus
Mg	Mg^{2+}	klorofil, aktivator enzim	gugur daun, klorosis

LIVEWORKSHEETS

Mikronutrien			
Fe	Fe^{2+}, Fe^{3+}	sintesis protein dan klorofil	klorosis, daun bergaris kuning
Cl	Cl^-	keseimbangan ion	klorosis, daun mati
Cu	Cu^{2+}	aktivator enzim	pertumbuhan terhambat, klorosis, daun bintik-bintik
Zn	Zn^{2+}	aktivator enzim, sintensis auksin, kloroplas	klorosis, daun merah tua
Mn	Mn^{2+}	aktivator enzim, sintesis klorofil	daun putih, berkas pembuluh berwarna gelap
Mo	MoO_4^{2-}	fiksasi nitrogen, reproduksi tumbuhan	daun hijau pucat dan menggulung
B	$H_2BO_3^-$, $B(OH)_4^-$	perkecambahan, pembungaan, pembuahan, sintesis asam nukleat	pertumbuhan apikal dan lateral terhambat, daun menebal dan keriting

LIVEWORKSHEETS