

DASAR-DASAR BUDIDAYA TANAMAN

PKS103

Yuliyanto, S.Si.

Silabus Mata Kuliah :

- Pengertian budidaya tanaman dan nilai tanaman bagi manusia
- Prinsip-prinsip melakukan budidaya tanaman
- Reproduksi tanaman
- Fase pertumbuhan tanaman
- Persyaratan tumbuh tanaman
- Pengolahan tanah
- Pembibitan tanaman penanaman dan penyulaman
- Pengairan
- Pemupukan
- Pengendalian hama dan penyakit tanaman
- Pengendalian gulma
- Perlakuan khusus pada tanaman
- Pemanenan

PENGERTIAN DAN LINGKUP BUDIDAYA TANAMAN

1.1. Pengertian

Keperluan akan bahan pangan senantiasa menjadi permasalahan yang tidak putus-putusnya. Kekurangan pangan seolah olah sudah menjadi persoalan akrab dengan manusia. Kegiatan pertanian yang meliputi budaya bercocok tanam merupakan kebudayaan manusia paling tua.

Sejalan dengan peningkatan peradaban manusia, teknik budidaya tanaman juga berkembang menjadi berbagai sistem. Mulai dari sistem yang paling sederhana sampai sistem yang canggih.

Berbagai teknologi budidaya dikembangkan guna mencapai produktivitas yang diinginkan.

Istilah budidaya tanaman diturunkan dari pengertian kata budidaya dan tanaman.

Budidaya bermakna usaha yang memberikan hasil. Kata tanaman merujuk pada pengertian tumbuh-tumbuhan yang diusahakan manusia, yang biasanya telah melampaui proses domestikasi.

Budidaya tanaman adalah usaha untuk menghasilkan bahan pangan serta produk-produk agroindustri dengan memanfaatkan sumberdaya tumbuhan.

Cakupan obyek budidaya tanaman meliputi tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan.

Budidaya berdasarkan objek budidayanya:

- Budidaya tanaman, dengan obyek tumbuhan dan diusahakan pada lahan yang diolah secara intensif.
- Kehutanan, dengan obyek tumbuhan (biasanya pohon) dan diusahakan pada lahan yang setengah liar.

Budidaya tanaman memiliki dua ciri penting yaitu:

1. Selalu melibatkan barang dalam volume besar
2. Proses produksinya memiliki risiko yang relatif tinggi.

Dua ciri khas ini muncul karena pertanian melibatkan makhluk hidup dalam satu atau beberapa tahapnya dan memerlukan ruang untuk kegiatan itu serta jangka waktu tertentu dalam proses produksi.

1.2. Tindak Budaya Tanaman

Kegiatan pertanian (budidaya tanaman) merupakan salah satu kegiatan yang paling awal dikenal peradaban manusia dan mengubah total bentuk kebudayaan.

Para ahli prasejarah umumnya bersepakat bahwa pertanian pertama kali berkembang sekitar 12.000 tahun yang lalu dari kebudayaan di daerah "bulan sabit yang subur" di Timur Tengah, yang meliputi daerah lembah Sungai Tigris dan Eufrat terus memanjang ke barat hingga daerah Suriah dan Yordania sekarang. Bukti-bukti yang pertama kali dijumpai menunjukkan adanya budidaya tanaman biji-bijian (serealia, terutama gandum, kurma dan polong-polongan pada daerah tersebut.

Teknik budidaya tanaman lalu meluas ke barat (Eropa dan Afrika Utara, pada saat itu Sahara belum sepenuhnya menjadi gurun) dan ke Timur (hingga Asia Timur dan Asia Tenggara). Bukti-bukti di Tiongkok menunjukkan adanya budidaya jewawut (millet) dan padi sejak 6000 tahun sebelum Masehi.

Masyarakat Asia Tenggara telah mengenal budidaya padi sawah paling tidak pada saat 3000 tahun SM dan Jepang serta Korea sejak 1000 tahun SM. Sementara itu, masyarakat benua Amerika mengembangkan tanaman dan hewan budidaya yang sejak awal sama sekali berbeda.

Budidaya sayur-sayuran dan buah-buahan juga dikenal manusia telah lama. Masyarakat Mesir Kuno (4000 tahun SM) dan Yunani Kuno (3000 tahun SM) telah mengenal baik budidaya anggur dan zaitun.

Teknik budidaya tanaman pada zaman dahulu tidak dikelompokkan ke dalam teknik budidaya, karena pada saat itu belum melakukan tindak budidaya tanaman, karena sifatnya masih mengumpulkan dan mencari bahan pangan.

Suatu kegiatan dimasukkan ke dalam tindak budidaya dikatakan apabila telah melakukan 3 hal pokok yaitu;

1. Melakukan pengolahan tanah
2. Pemeliharaan untuk mencapai produksi maksimum
3. Tidak berpindah-pindah

Pada umumnya kegiatan budidaya tanaman terkait dengan tingkat pengetahuan manusia pada masa itu. Relevansi dari peradaban tersebut terwujud pada kesadaran untuk melaksanakan tindak budidaya. Tindak awal dari dimulainya teknik budidaya dimulai dengan menetapnya seorang peladang menempati suatu areal pertanaman tertentu.

Teknik budidaya yang sudah maju ditandai oleh adanya:

1. Lapang produksi
2. Pengelolaan yang berencana
3. Memiliki minat untuk mencapai produksi maksimum dengan menerapkan berbagai ilmu dan teknologi.

1.3. Aspek dan Lingkup Teknik Budidaya Tanaman

1.3.1. Aspek budidaya

Aspek budidaya meliputi tiga aspek pokok, yaitu:

1. Aspek pemuliaan tanaman
2. Aspek fisiologi tanaman
3. Aspek ekologi tanaman

Ketiga aspek ini merupakan suatu gugus ilmu tanaman (crop science) yang langsung berperan terhadap budidaya tanaman dan sekali gus terlihat pada produksi tanaman.

Hasil pemuliaan tanaman, berupa varietas yang memiliki berbagai sifat unggul.

Akan tetapi sifat unggul ini hanya akan muncul bila teknik budidaya yang dilakukan sesuai dengan sifat yang diinginkan varietas unggul tersebut.

Dengan kata lain keberhasilan dalam penggunaan varietas unggul sangat tergantung pada bagaimana pelaku budidaya telah melakukan tindak budidayanya secara benar.

Peningkatan produksi pangan tidak hanya mengandalkan penemuan-penemuan varietas-varietas baru yang mempunyai kelebihan-kelebihan tertentu, tetapi juga harus memperbaiki metoda atau teknik budidayanya serta mengusahakan cara bertanam yang benar.

Pemulia tanaman terus berupaya untuk menghasilkan berbagai modifikasi keunggulannya guna mencapai peningkatan kebutuhan manusia.

Aspek fisiologis dalam teknik budidaya tanaman mencakup segenap kelakuan tanaman dari taraf benih sampai taraf panen.

Ekologi tanaman merupakan seluruh faktor di luar tanaman utama (baik biotik maupun abiotik) yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

1.3.2. Lingkup budidaya tanaman

Lingkup dari budidaya tanaman terdiri dari bidang ilmu:

1. Pemuliaan tanaman
2. Teknologi benih
3. Pengolahan
4. Teknik budidaya
5. Pengendalian hama, penyakit dan gulma
6. Pemanenan

Seluruh lingkup budidaya tanaman berada dalam konteks yang padu.

Satu sama lain dan mempunyai hubungan timbal balik yang erat.

Kegiatan budidaya tanaman itu sendiri mengandung 3 faktor utama yaitu:

- a. Tanaman
- b. Lingkungan tumbuh atau lapang produksi dan teknik budidaya atau pengelolaan.
- c. Produk tanaman

Tanaman pertanian adalah tumbuh-tumbuhan yang dikelola manusia pada batas tingkat tertentu. Jumlah spesies yang termasuk kedalam tanaman pertanian ini cukup banyak mencapai 20.000 spesies lebih.

Meningkatnya peradaban dan kebudayaan manusia serta pemenuhan kebutuhan pangan, sandang dan papan akan menambah jumlah spesies yang termasuk ke dalam tanaman pertanian.

Tanaman mengalami dua tahap perkembangan yaitu tahap perkembangan vegetatif dan reproduktif.

Tahap perkembangan vegetatif meliputi perkecambahan benih, pemunculan dan pertumbuhan bibit dan menjadi tanaman dewasa.

Sedangkan tahap perkembangan reproduktif meliputi pembentukan bunga, pembenturan, pemasakan dan pematangan biji.

Lingkungan tumbuh tanaman dapat digolongkan ke dalam lingkungan abiotik berupa tanah atau medium/substrat lainnya dan iklim atau cuaca dan lingkungan biotik berupa makhluk hidup lainnya.

Tanah atau medium/substrat merupakan pemasok hara dan air yang diperlukan tanaman selain sebagai tempat hidup komponen biotik, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan.

Iklim terdiri dari unsur/unsur seperti udara, angin, suhu, kelembaban udara, cahaya matahari, dan hujan.

Lingkungan biotik meliputi hama, penyakit dan gulma yang merugikan dan makhluk lainnya yang menguntungkan tanaman.

Lingkungan tumbuh yang baik memungkinkan produksi tanaman yang baik juga. Tanaman dengan lingkungan tumbuhnya saling berinteraksi dan mempengaruhi satu sama lain.

1.3.3. Produk budidaya tanaman

Produk tanaman dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu:

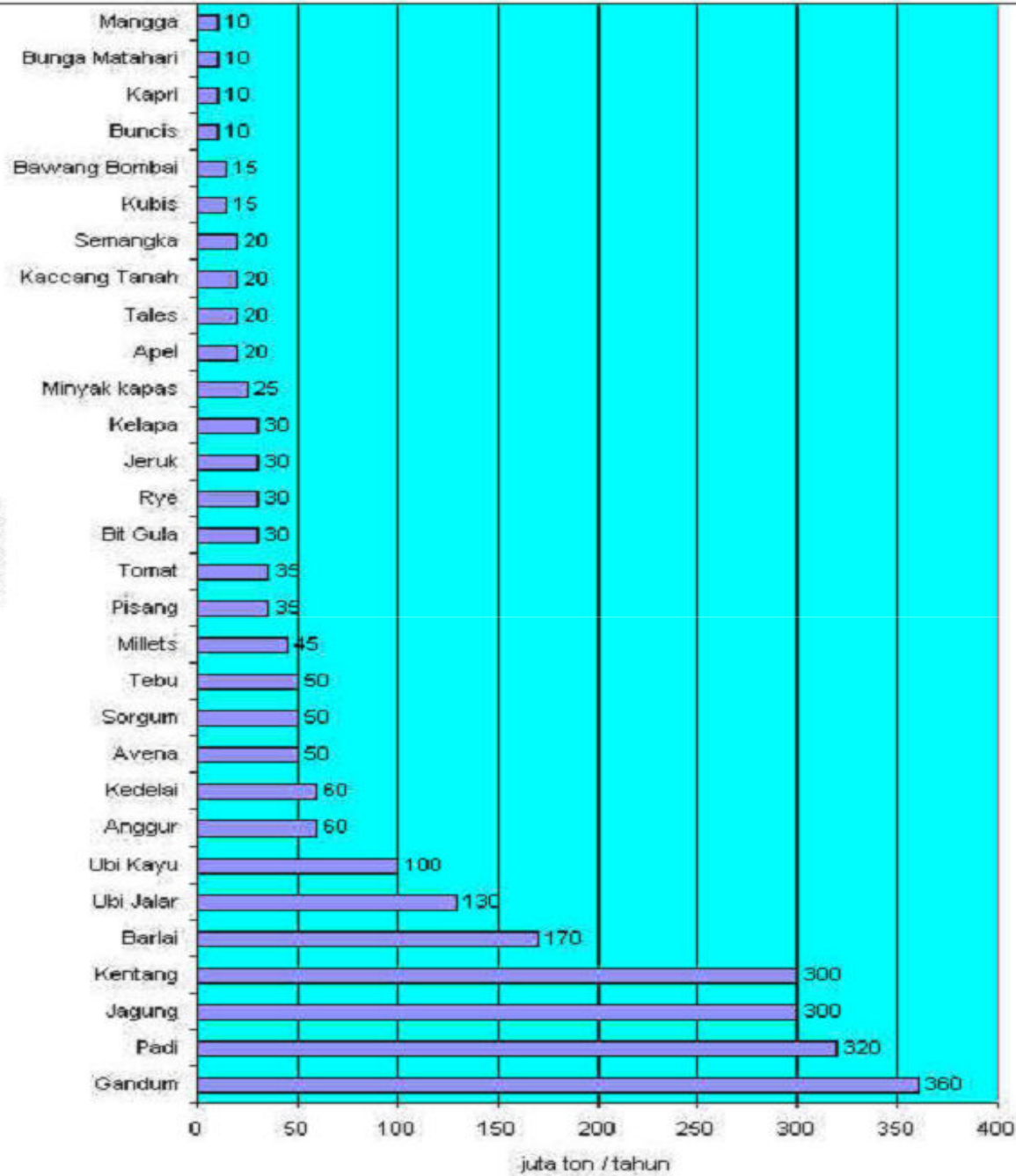
1. Produk dari teknik budidaya yang dapat digunakan langsung
2. Benih atau bibit yang merupakan produk pertanian untuk mempertahankan kelangsungan budidaya .

Kedua produk tanaman ini memiliki prinsip yang

Pengelolaan untuk menghasilkan benih/bibit mencakup dua prinsip yaitu:

- a. Prinsip genetis, dalam prinsip ini teknik budidaya diarahkan untuk menghasilkan benih/bibit yang bermutu genetik tinggi yakni; murni genetik, jelas varietas, atau benar tipe.
- b. Prinsip agronomis, prinsip ini mengarahkan teknik budidaya untuk menghasilkan benih bermutu fisiologis dan mutu fisik yang tinggi, selain hasilnya juga tinggi.

Komoditas



Produksi tahunan beberapa tanaman pertanian di dunia

Peningkatan produksi pertanian dunia sangat tergantung pada bagaimana pelaku pertanian melaksanakan teknik budidayanya.

Beberapa produk pertanian yang saat ini berhasil berkembang cukup berarti di Indonesia antara lain :

- a. Tepung, beras, ubi kayu, jagung, gandum
- b. Buah-buahan : jeruk, pisang, mangga, dll
- c. Sayur-sayuran: kubis, kentang
- d. Kacang-kacangan: kacang tanah, kedelai
- e. Ikan segar, udang, telur, susu, dairy produk
- f. Daging ayam, sapi, kerbau
- g. Makanan jadi, minuman

h. Tembak, hasil peternakan, pengolahan tembak

1.4. Potensi sumber daya alam Indonesia.

Indonesia secara alamiah adalah negara pertanian dengan budaya pertanian yang kuat. Bertani, beternak, berburu ikan dilaut adalah keahlian turun-menurun yang sudah mendarah daging. Teknologi dasar ini sudah dikuasai sejak jaman nenek moyang. Karena budaya pertanian yang telah mendarah daging maka usaha pada sektor pertanian kita sebenarnya dapat dipacu untuk memproduksi sebesar-besarnya.

Luasnya lahan, cadangan air yang melimpah, dan potensi wilayah yang tersedia mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi yang mendukung menjadi obsesi dalam menjadikan Indonesia sebagai pemasok hasil pertanian unggulan di kemudian hari.

Indonesia memiliki potensi sumberdaya yang tidak akan pernah habis, dan akan tetap ada sepanjang usia alam itu sendiri yakni manusia, sinar matahari, tanah, hutan, dan laut.

Oleh karenanya untuk mencapai cita-cita Indonesia sebagai negara agraris yang unggul hendaknya diperhatikan hal-hal berikut:

1. Sistem pertanian yang disesuaikan dengan kondisi biofisik daerah
2. Sistem usaha agribisnis
3. Teknik budidaya
4. Perbaikan proses produksi
5. Pemasaran produksi
6. Peningkatan akses masyarakat terhadap teknologi
7. Pendanaan usahanya dan upaya peningkatan pelanggan, sehingga masyarakat mampu

1.5. Peningkatan produktivitas

Perubahan ekonomi dan peningkatan pendapatan masyarakat tani ke arah yang lebih baik adalah salah satu tujuan terpenting dari budidaya yang dilakukan.

Peningkatan ekonomi itu harus dapat diwujudkan, terutama melalui peningkatan produktivitas pertanian.

Hal ini sangat berkaitan dengan rancangan perbaikan teknik budidaya di suatu daerah yang harus didasarkan pada faktor biofisik dan keadaan sosial, budaya, dan ekonomi setempat

Di samping itu perlu di pertimbangkan jaminan terhadap kelestarian lingkungan hidup. Setiap budidaya tanaman yang dilakukan disamping dapat meningkatkan produktivitas, juga harus dapat menekan/ mencegah penurunan kualitas lingkungan (environmental degradation) sehingga kenyamanan hidup masyarakat dapat terjaga secara lestari.

PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN

Pengertian dan Peranannya

Pengertian

Pertumbuhan (*growth*) dapat diartikan sebagai :

Perubahan secara kuantitatif selama siklus hidup tanaman yang bersifat tak terbalikkan (irreversible)

Bertambah besar ataupun bertambah berat tanaman atau bagian tanaman akibat adanya penambahan unsur-unsur struktural yang baru

Peningkatan ukuran tanaman yang tidak akan kembali sebagai akibat pembelahan dan pembesaran sel.

Misalnya : dalam ukuran sel, jaringan, organ

Perkembangan (*development*) diartikan sebagai:

Proses perubahan secara kualitatif atau mengikuti pertumbuhan tanaman/bagian-bagiannya.

Proses hidup yang terjadi di dalam tanaman yang meliputi pertumbuhan, diferensiasi sel, dan morfogenesis.

Misalnya : perubahan dari fase vegetatif ke generatif

Diferensiasi adalah :

Suatu situasi dimana sel-sel meristematik berkembang menjadi dua atau lebih macam sel/jaringan/organ tanaman yang secara kualitatif berbeda satu dengan yang lainnya.

Merupakan proses hidup yang menyangkut transformasi sel tertentu ke sel-sel yang lain menurut spesialisasinya (baik spesialisasi dalam hal proses biokimia, fisiologi, maupun struktural)

Misalnya : pembentukan jaringan xylem dan phloem

Morfogenesis merupakan :

Proses hidup yang menyangkut interaksi pertumbuhan dan diferensiasi oleh beberapa sel yang memacu terbentuknya organ..

Misalnya : pembentukan daun, buah, batang, bunga, akar

Sel meristematik adalah : sel muda yang masih aktif membelah

Jaringan meristematik : suatu jaringan yang sel-selnya masih aktif membelah

Pertumbuhan Tanaman (growth)

Pertumbuhan tanaman ditunjukkan oleh penambahan ukuran dan berat kering yang tidak dapat balik.

Pertambahan ukuran sel mempunyai batas yang diakibatkan hubungan antara volume dan luas permukaan. Pertambahan protoplasma berlangsung melalui suatu rentetan peristiwa yang meliputi antara lain pembentukan karbohidrat (proses fotosintesis), proses absorpsi, translokasi, metabolisme, respirasi.

Pertumbuhan tanaman terjadi manakala ada sel-sel dan atau jaringan meristem yang masih aktif. Pertumbuhan tanaman (letak jaringan meristem) terletak pada ujung suatu organ (Meristem apical)

Meristem apical biasanya tetap bersifat embrionik dan mampu tumbuh dalam waktu yang tidak terbatas, sehingga disebut juga Indeterminate meristem.

Misalnya : pada ujung batang, ujung akar.

Meristem lateral

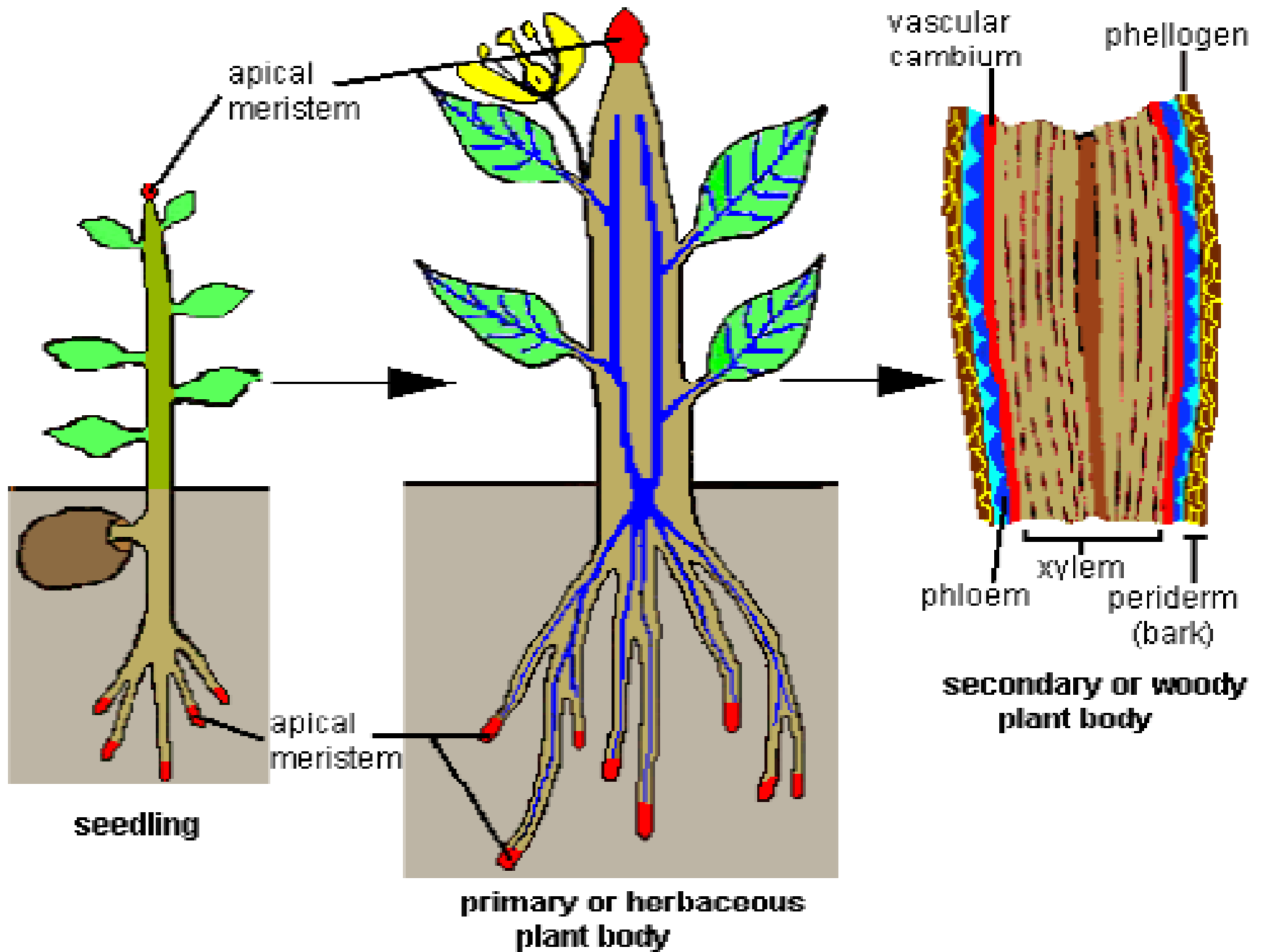
Meristem yang berkaitan dengan pertumbuhan membesar

Misalnya : pada jaringan kambium, jaringan kambium gabus (fello-gen)

Meristem intercalar

yaitu meristem yang terletak antara daerah-daerah jaringan yang telah terdiferensiasi.

Meristem seperti ini kebanyakan terdapat pada familia Gramineae. Pada organ-organ tumbuhan lain, misalnya bunga, akar, buah, pola pertumbuhannya agak berbeda dengan batang dan hanya bersifat embryionik dalam jangka waktu tertentu, sehingga disebut **Determinate meristem**.



Perkembangan Tanaman (development)

Perkembangan tanaman merupakan suatu kombinasi dari sejumlah proses yang kompleks, yaitu proses pertumbuhan dan diferensiasi yang mengarah pada akumulasi berat kering tanaman.

Proses diferensiasi mempunyai tiga syarat, yaitu

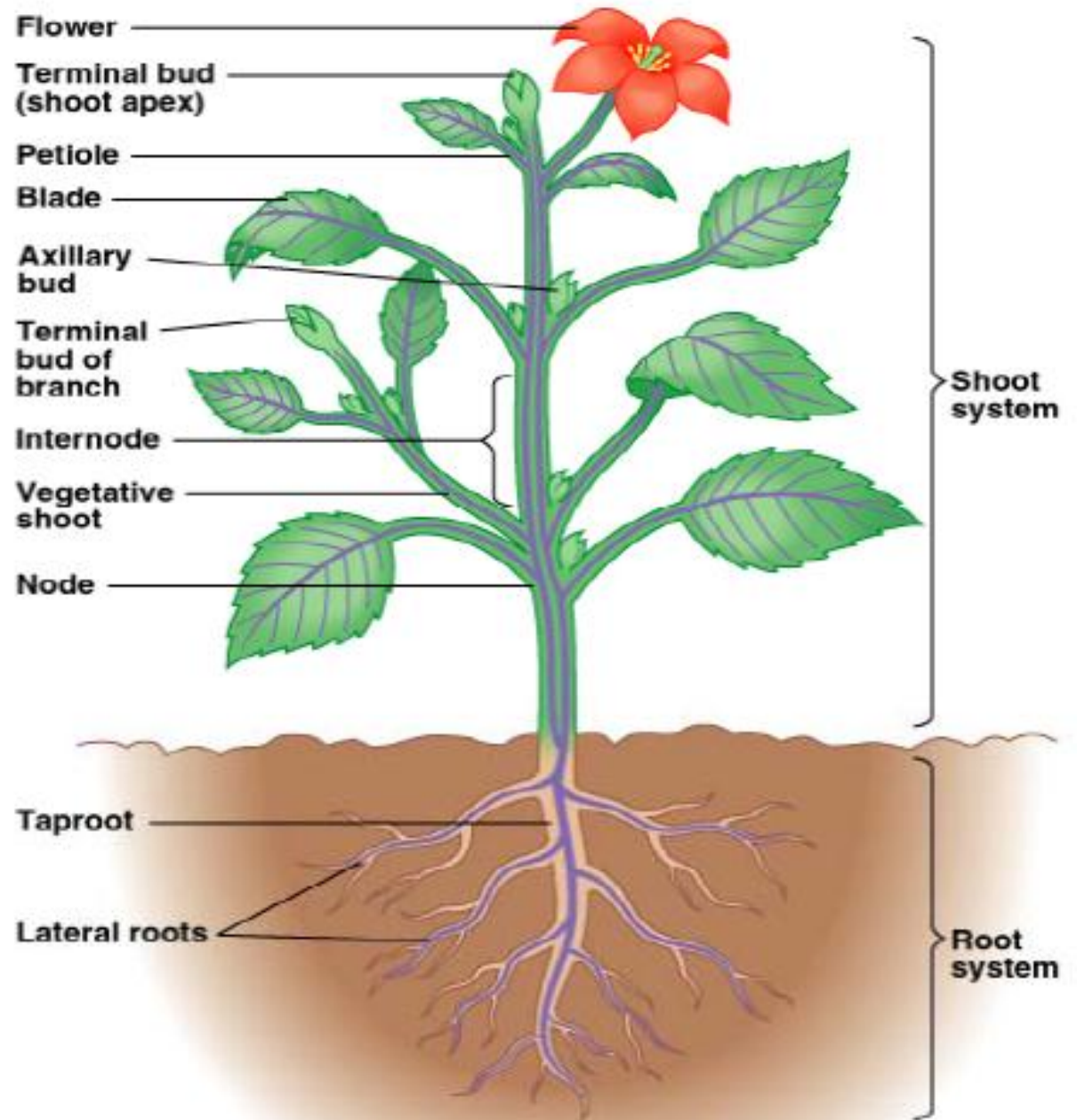
1. Hasil asimilasi yang tersedia dalam keadaan berlebihan untuk dapat dimanfaatkan pada kebanyakan kegiatan metabolisme
2. Temperatur yang menguntungkan
3. Terdapat sistem enzim yang tepat untuk perantara proses diferensiasi.

Fase-Fase Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman

Menurut **Michurin**, secara garis besar pertumbuhan dan perkembangan tanaman dibagi dalam 4 (empat) fase, yaitu :

1. Fase Embryonis
2. Fase Muda (Juvenil/Vegetatif)
3. Fase Dewasa (Mature/Reproduktif/Generatif)
4. Fase Menua dan Aging (Senil/Senescence)

Tubuh Tanaman



Fase Embryonis

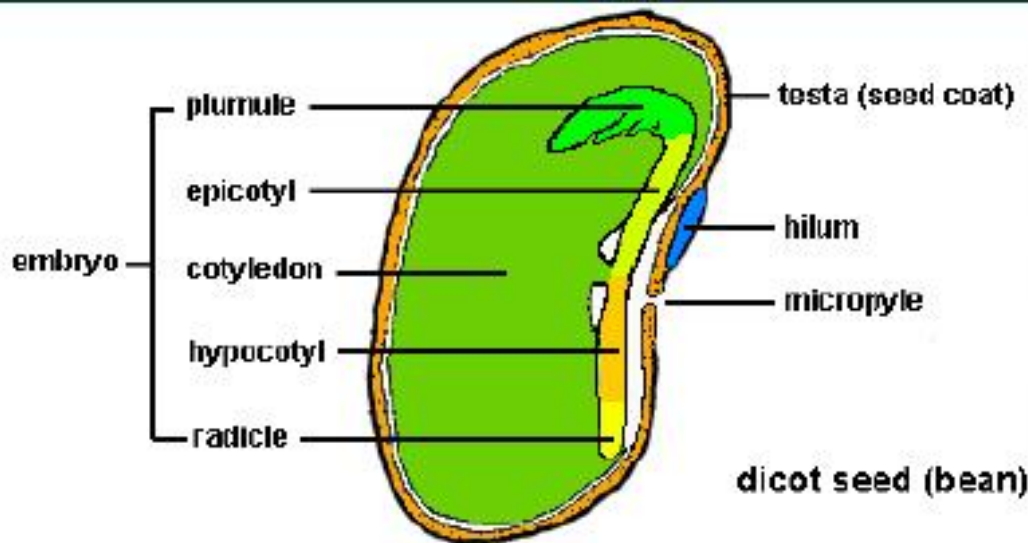
Fase embryonis dimulai dari pembentukan zygote sampai terjadinya embryo, yang terjadi di dalam bakal biji (ovule). Dari zygote diikuti dengan pembelahan sel, sesudah itu terjadi pengembangan sel.

Fase embryonis tidak terlihat senyara nyata (tidak tergambar dalam kurve) dalam pertumbuhan tanaman, karena berlangsungnya di dalam biji.

MORFOLOGI BIJI

biji – bakal biji (ovule) yg masak berisi embrio dg tempat cadangan makanan dan dilindungi oleh testa.

testa - pelindung, lapisan terluar biji; biasa disebut kulit biji.



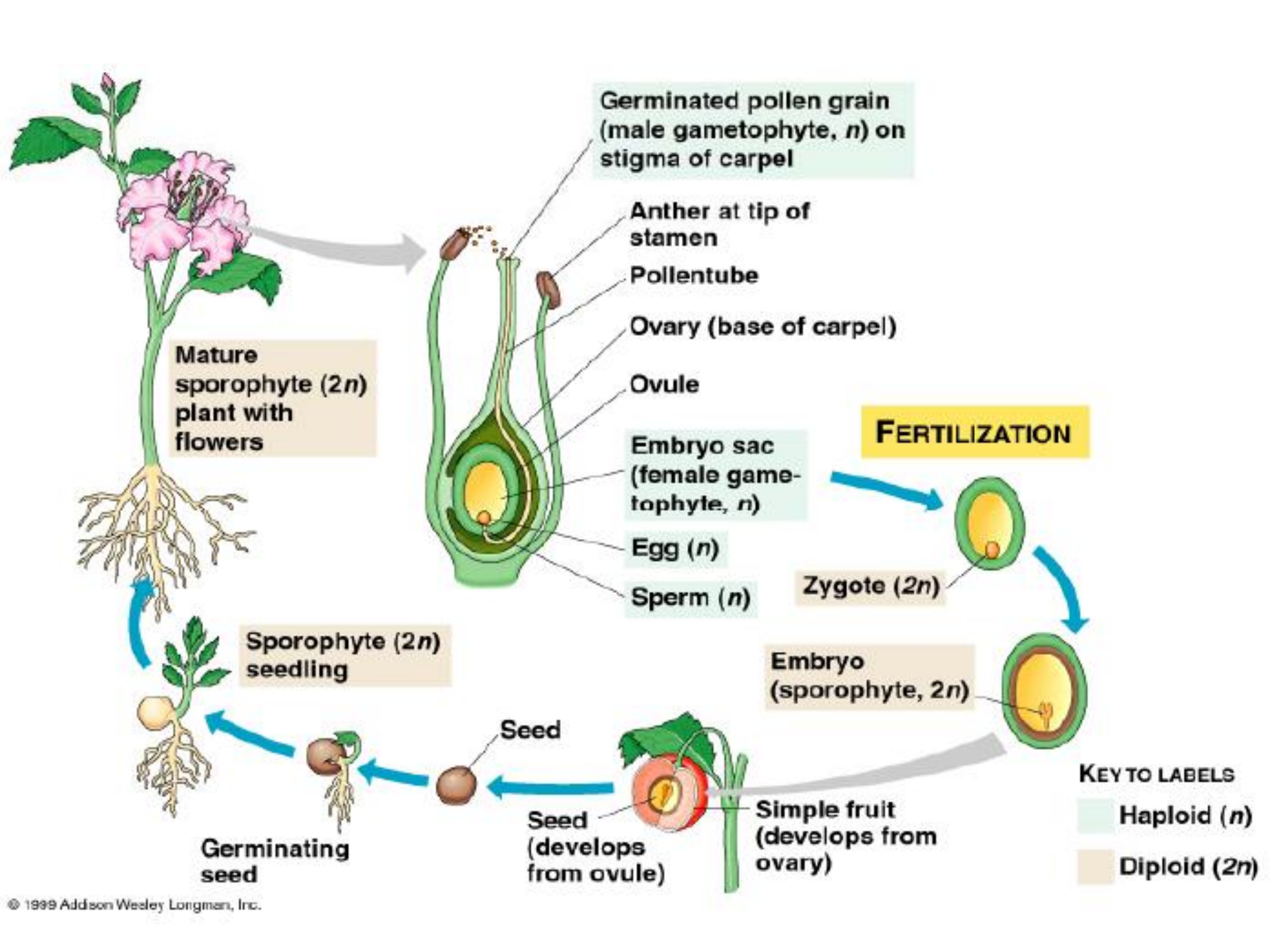
Fase Muda (Juvenil/Vegetatif)

Fase muda dimulai sejak biji mulai berkecambah, tumbuh menjadi bibit dan dicirikan oleh pembentukan daun-daun yang pertama dan berlangsung terus sampai masa berbunga dan atau berbuah yang pertama.

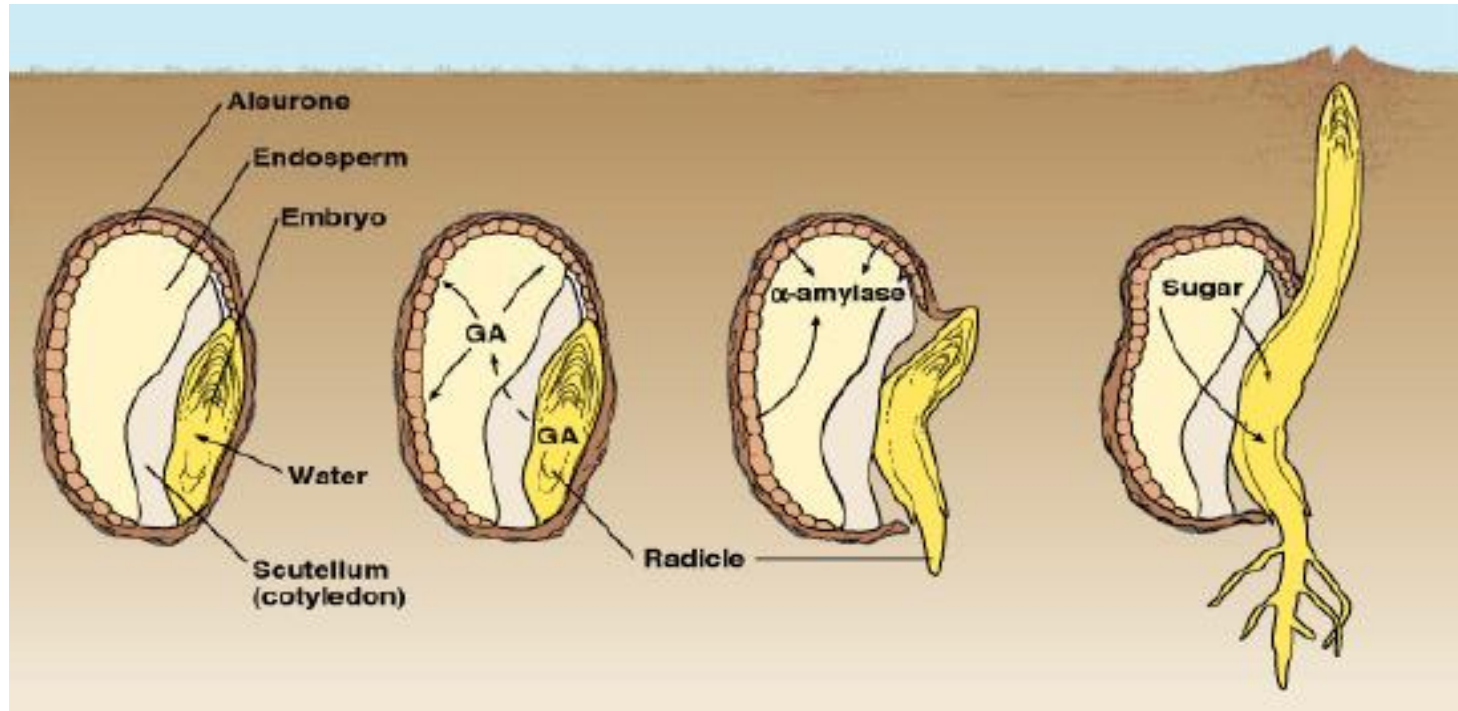
Perkecambahan merupakan satu rangkaian yang kompleks dari perubahan-perubahan morfologis, fisiologis, dan biokimia.

Proses perkecambahan meliputi beberapa tahap, yaitu :

1. Imbibisi Yaitu proses penyerapan air oleh benih sehingga kulit benih melunak dan terjadinya hidrasi dari protoplasma.
2. Perombakan cadangan makanan di dalam endosperm
3. Perombakan bahan-bahan makanan yang dilakukan oleh enzim.(amilase, protease, lipase)
 - Karbohidrat dirombak menjadi glukosa
 - Protein dirombak menjadi asam amino
 - Lemak dirombak menjadi asam lemak dan gliserol.



Gibberellin mengaktifkan produksi enzim α amilase



1. Embrio menyerap air dan proses perkecambahan dimulai
2. Gibberellin berdifusi dari embrio menuju lapisan aleuron
3. Sel-sel dalam lapisan aleuron merespon dengan melepaskan enzim pencernaan seperti α amilase
4. Enzim mencerna pati di dalam endosperm menjadi gula dan molekul lain yang diperlukan embrio untuk tumbuh

- 5. Translokasi makanan ke titik tumbuh Setelah penguraian bahan-bahan karbohidrat, protein, dan lemak menjadi bentuk-bentuk yang terlarut kemudian ditranslokasikan ke titik tumbuh.**
- 6. Pembelahan dan pembesaran sel Assimilasi dari bahan-bahan yang telah diuraikan tadi di daerah meristematis menghasilkan energi bagi kegiatan pembentukan komponen dan pertumbuhan sel-sel baru.**
- 7. Munculnya radikel dan plumula**
Akhirnya radikel dan plumula muncul dari kulit benih.

Perkecambahan Benih

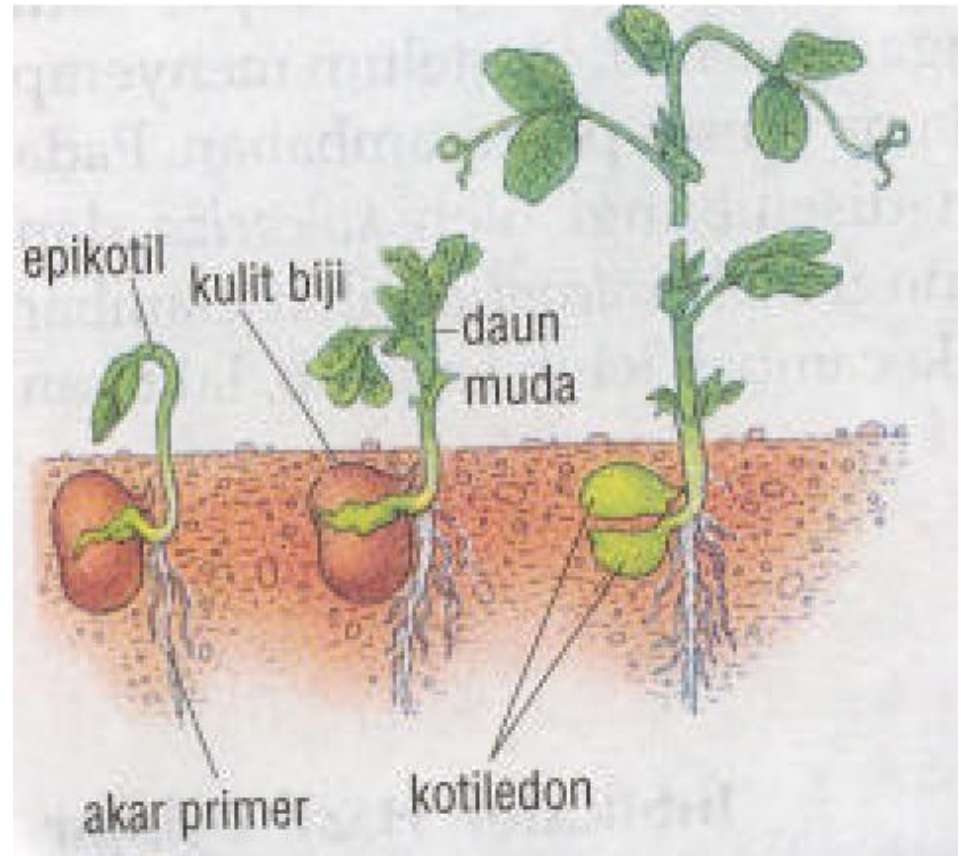
Perkecambahan merupakan proses pertumbuhan dan perkembangan embrio. Hasil perkecambahan ini adalah munculnya tumbuhan kecil dari dalam biji.

Proses pertumbuhan embrio saat perkecambahan benih adalah plumula tumbuh dan berkembang menjadi pucuk dan radikula tumbuh dan berkembang menjadi akar.

Berdasarkan letak kotiledon pada saat perkecambahan dikenal dua tipe perkecambahan yaitu hipogeal dan epigeal.

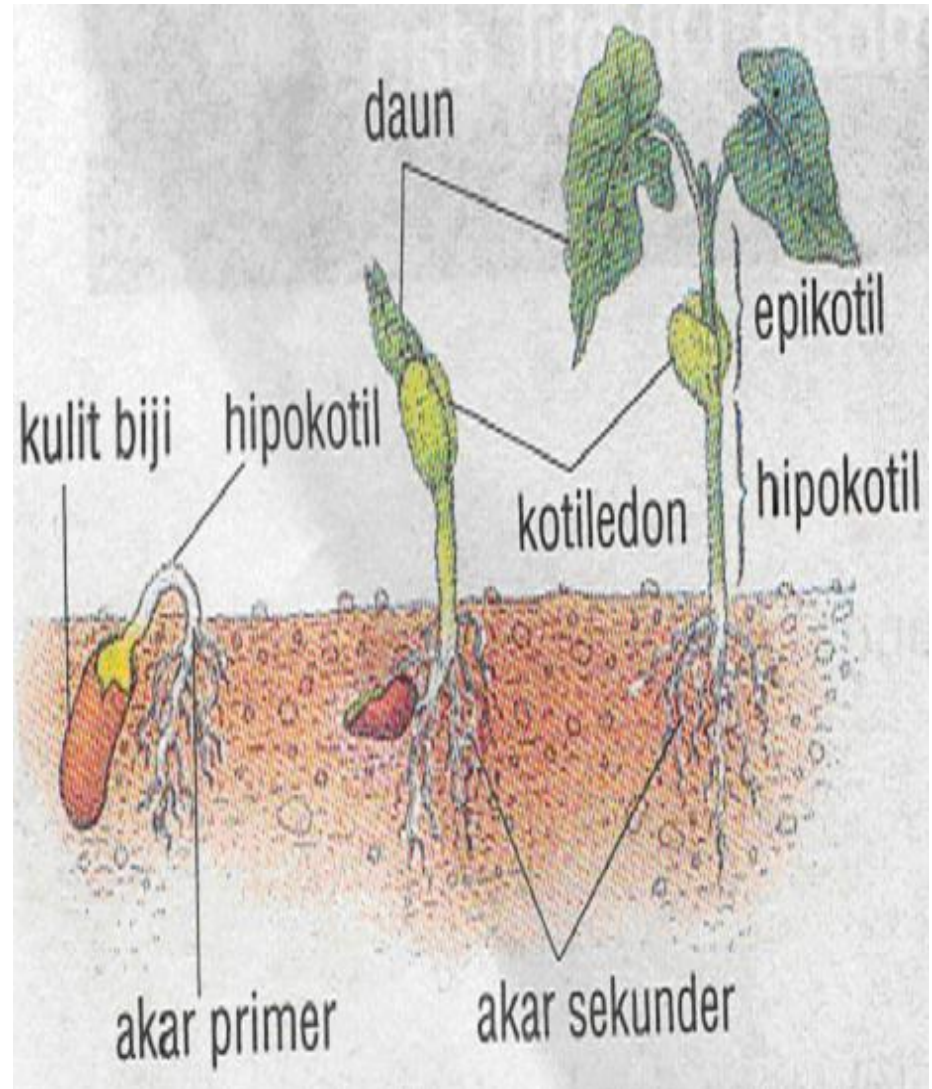
Hipogeal

Pada perkecambahan ini terjadi pertumbuhan memanjang dari epikotil yang menyebabkan plumula keluar menembus kulit biji dan muncul di atas tanah kotiledon tetap berada di dalam tanah, contohnya kecambah jagung.



Epigeal

Pada perkecambahan ini hipokotil tumbuh memanjang akibatnya kotiledon dan plumula terdorong ke permukaan tanah, sehingga kotiledon berada di atas tanah, contoh pada kacang hijau.

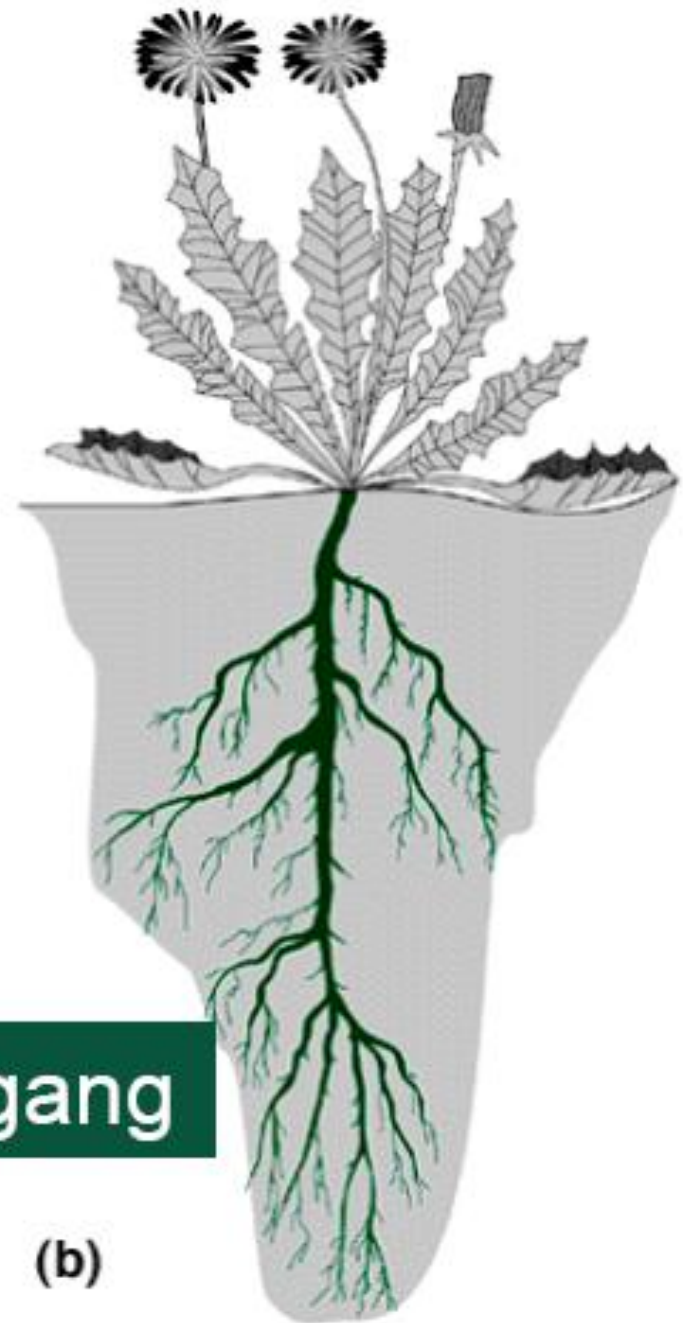


Root Systems



serabut

(a)

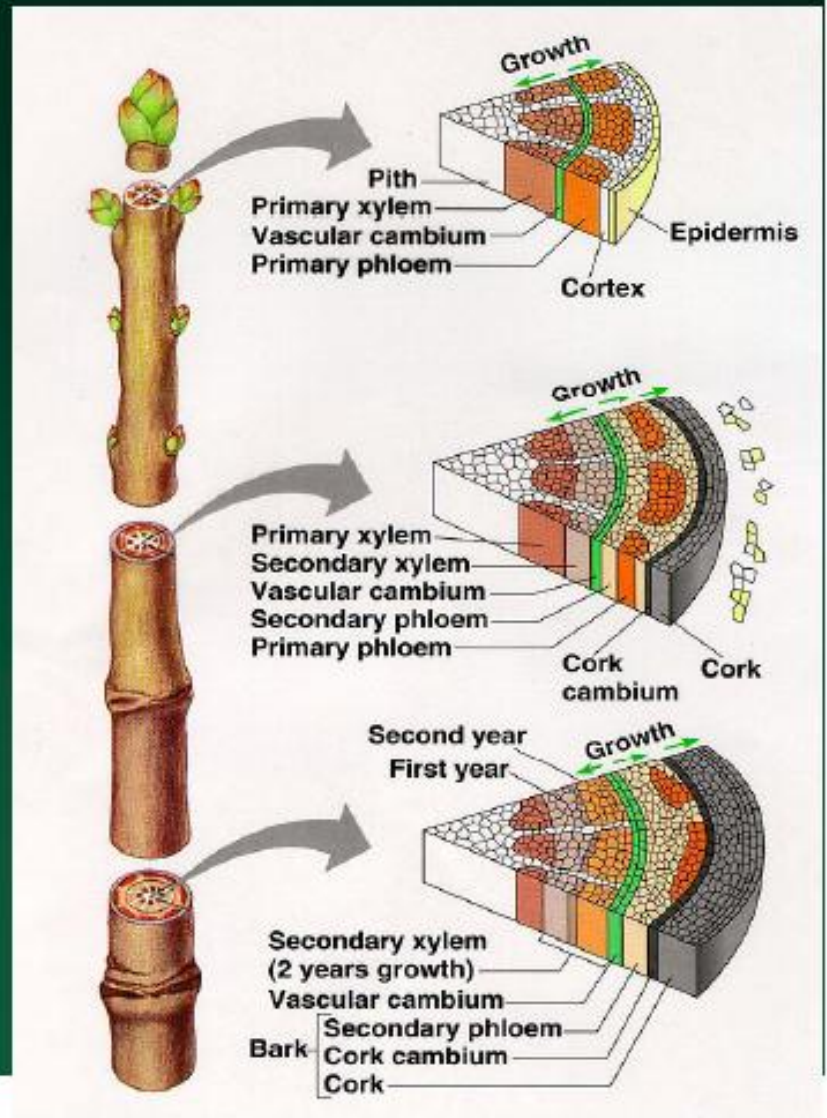
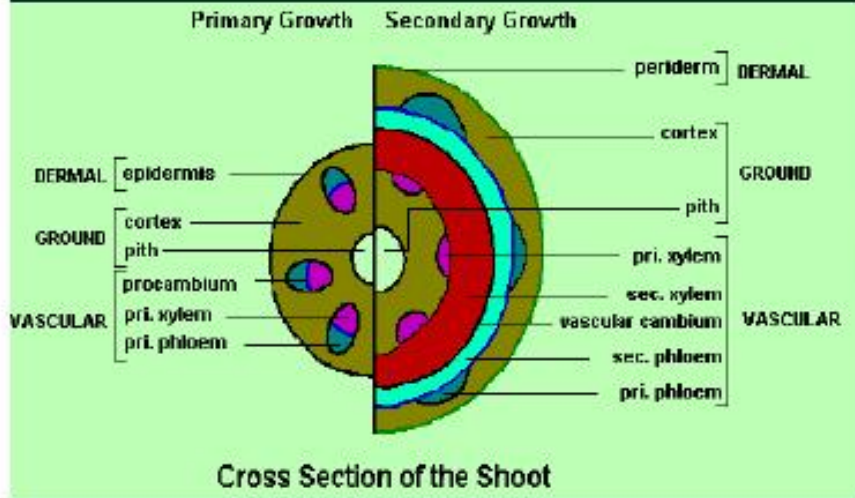


tunggang

(b)



Pertumbuhan Batang



Menua dan Aging (Senil/Senescence)

Beberapa faktor luar dapat menghambat atau mempercepat terjadinya senescence, misalnya :

1. Peningkatan suhu, keadaan gelap, kekurangan air, dapat mempercepat terjadinya senescence daun
2. Penghapusan bunga atau buah akan menghambat senescence tanaman
3. Pengurangan unsur-unsur hara dalam tanah, air, peningkatan suhu, berakibat menekan pertumbuhan tanaman yang berarti mempercepat senescence

Macam-macam bentuk senescence

Senescence pada tanaman dapat mengikuti beberapa pola :

1. Senescence yang meliputi keseluruhan tubuh tanaman (overall senescence).

Akar dan bagian tanaman di atas tanah mati semua. Tanaman mati sesudah menyelesaikan satu siklus kehidupannya.

2. Senescence yang meliputi hanya bagian tanaman di atas tanah (top senescence).

Bagian tanaman di atas tanah mati, sedangkan bagian tanaman yang berada di dalam tanah tetap hidup

3..Senescence yang meliputi hanya daun-daunnya (deciduous senescence).

Tanaman menggugurkan semua daun-daunnya, sementara organ tanaman lain tetap hidup.

4. Senescence yang meliputi hanya daun-daun yang terdapat di bagian bawah suatu tanaman. (progressive senescence)

Tanaman hanya menggugurkan daun-daunnya yang terdapat di bagian bawah saja (daun-daun yang tua), sedang daun-daun yang lebih atas dan organ tanaman lain tetap hidup.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan

Pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman dapat dibagi atas dua faktor yaitu lingkungan dan genetik.

Lingkungan tumbuh tanaman sendiri dapat dikelompokkan atas lingkungan biotik (tumbuhan lain, hama, penyakit dan manusia), dan abiotik (tanah dan iklim)

Genetik

Gen adalah faktor pembawa sifat menurun yang terdapat di dalam makhluk hidup. Gen berpengaruh setiap struktur makhluk hidup dan juga perkembangannya,

Walaupun gen bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhinya.

Setiap jenis (spesies) memiliki gen untuk sifat tertentu.

Curah hujan

Curah hujan dapat dinyatakan dalam:

- 1) mm per tahun yang menyatakan tingginya air hujan yang jatuh tiap tahun.
- 2) banyaknya hari hujan per tahunnya yang menyatakan distribusi atau meratanya hujan dalam setahun.

Besarnya curah hujan mempengaruhi kadar air tanah, aerasi tanah, kelembaban udara dan secara tidak langsung juga menentukan jenis tanah sebagai tempat media tumbuh tanaman.

Tinggi dari permukaan laut.

Ketinggian tempat menentukan suhu udara, intensitas cahaya matahari dan mempengaruhi curah hujan, yang pada gilirannya mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Perbedaan ketinggian tempat dari permukaan laut menyebabkan perbedaan suhu lingkungan. Setiap kenaikan 100 m dari permukaan laut, suhu akan turun sekitar $0,5^{\circ}$ C.

Kondisi ini tentunya akan mempengaruhi jenis tumbuhan yang hidup pada ketinggian tertentu.

Misalnya kita menemukan banyak tanaman kelapa (*Cocos nuciferae*) pada daerah pantai, kemudian enau (*Arenga pinata*) hidup di pegunungan basah, rotan pada daerah hutan hujan tropis, dan banyak contoh lainnya.

Kelapa Sawit ???

Keadaan Tanah

Tanah merupakan komponen hidup dari lingkungan yang penting dalam mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanahlah yang menentukan penampilan tanaman.

Kondisi kesuburan tanah yang relatif rendah akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman dan akhirnya akan mempengaruhi hasil.

Pengaruh keadaan tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

- 1) Keadaan fisik tanah, yang ditentukan oleh struktur dan tekstur tanah, karenanya pengaruhnya terhadap aerasi dan drainase tanah
- 2) Keadaan kimia tanah yang ditentukan oleh kandungan zat hara di dalam tanah.
- 3) Keadaan biologi tanah yang ditentukan oleh kandungan mikro/makro flora dan fauna tanah yang bertindak sebagai resiklus hara dalam tanah (dekomposisi).

Data kesuburan kimia, fisika dan biologi suatu lahan merupakan data awal yang harus diketahui sebelum melakukan budidaya tanaman.

Pengelolaan lingkungan menimbulkan beberapa persoalan pada erosi tanah, pergantian iklim, pola drainase dan pergantian dalam komponen biotik pada ekosistem.

Kesuburan tanah → zat hara tanah

Pengaruh zat hara pada pertumbuhan tanaman digambarkan oleh Liebig dengan hukum minimumnya yang berbunyi :

“pertumbuhan atau hasil optimum ditentukan oleh faktor atau hara yang berada pada keadaan minimum”.

Dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman terdapat 3 fungsi tanah yang utama yaitu:

1. Memberikan unsur-unsur mineral, melayaninya baik sebagai medium pertukaran maupun sebagai tempat persediaan.
2. Memberikan air dan sebagai tempat cadangan air dimuka bumi
3. Sebagai tempat berpegang dan bertumpu untuk tegak.

Hara (nutrisi tanaman) dan air

Hara dan air memegang peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Salah satu fungsi dari kedua bahan ini adalah sebagai bahan pembangun tubuh makhluk hidup.

Pertumbuhan yang terjadi pada tanaman (sampai batas tertentu) disebabkan oleh tanaman mendapatkan hara dan air.

Bahan baku pada proses fotosintesa adalah hara dan air yang nantinya akan diubah tanaman menjadi makanan.

Tanpa kedua bahan ini pertumbuhan tidak akan berlangsung. Hara dan air umumnya diambil tanaman dari dalam tanah dalam bentuk ion.

Unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dibagi atas dua kelompok yaitu hara makro dan mikro.

Hara makro adalah hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar sedangkan hara mikro dibutuhkan dalam jumlah kecil.

Hara makro yaitu : Carbon, Hidrogen, Oksigen, Nitrogen, Sulfur, Posfor, Kalium, Calsium, Ferrum.

Hara mikro yaitu : Boron, Mangan, Molibdenum, Zinkum (seng) Cuprum (tembaga) dan Klor.

Jika tanaman kekurangan dari salah satu unsur tersebut diatas maka tanaman akan mengalami gejala defisiensi yang berakibat pada penghambatan pertumbuhan.

Suhu /temperatur udara

Suhu udara mempengaruhi kecepatan pertumbuhan maupun sifat dan struktur tanaman.

Tumbuhan dapat tumbuh dengan baik pada suhu optimum. Untuk tumbuhan daerah tropis suhu optimumnya berkisar 22 - 37° C.

Suhu optimum berkisar antara 25 - 30° C dan suhu maksimum 35 - 40° C.

Tetapi suhu kardinal (minimum, optimum, dan maksimum) ini sangat dipengaruhi oleh jenis dan fase pertumbuhan tanaman.

Cahaya matahari

Cahaya matahari (radiasi surya) mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui tiga sifat yaitu intensitas cahaya, kualitas cahaya (panjang gelombang) dan lamanya penyinaran (panjang hari).

Pengaruh ketiga sifat cahaya tersebut terhadap pertumbuhan tanaman adalah melalui pembentukan klorofil, pembukaan stomata, pembentukan antocyanin (pigmen merah) perubahan suhu daun atau batang, penyerapan hara, permeabilitas dinding sel, transpirasi dan gerakan protonlasma

Hormon tumbuhan

Hormon (zat tumbuh) adalah suatu senyawa organik yang dibuat pada suatu bagian tanaman dan kemudian diangkut ke bagian lain, yang konsentrasinya rendah dan menyebabkan suatu dampak fisiologis.

Diferensiasi tanaman juga diatur oleh hormon (yaitu fitohormon).

Saat ini dikenal hormon tumbuh seperti auksin, giberelin, sitokinin, asam absisi, etilen, asam traumalin, dan kalin.

Auksin

Merupakan zat tumbuh yang pertama ditemukan. Pengaruh auksin terutama pada perpanjangan atau pembesaran sel. Sifat dasar auksin yang mempengaruhi perpanjangan sel ini sering digunakan sebagai pengukur kecepatan pertumbuhan tanaman.

Beberapa respons pertumbuhan dapat ditunjukkan dan dikendalikan oleh auksin. Fototropisme yang merupakan peristiwa pembengkokan ke arah cahaya dari kecambah yang sedang tumbuh, dapat didasarkan oleh penyebaran auksin pada bagaian tersebut yang tidak merata.

Auksin berfungsi untuk:

- merangsang perpanjangan sel
- merangsang pembentukan bunga dan buah
- memperpanjang titik tumbuh.

Senyawa auksin bila terkena matahari akan berubah menjadi senyawa yang justru akan menghambat pertumbuhan. Hal inilah yang menyebabkan batang membelok ke arah datangnya sinar bila diletakkan mendatar, karena bagian yang tidak terkena sinar pertumbuhannya lebih cepat dari bagian yang terkena sinar sinar.

Giberelin

Mula-mula zat ini ditemukan pada Giberella fujikuroi, yaitu jenis jamur parasit pada tanaman padi. Hormon ini ditemukan pertama sekali di Jepang.

Bila auksin hanya merangsang pembesaran sel, maka giberelin merangsang pembelahan sel.

Terutama untuk merangsang pertumbuhan primer.

Bedanya dengan auksin adalah bahwa giberelin mempengaruhi perkecambahan dan mengakhiri masa dorman biji, sedangkan auksin tidak.

Giberelin dapat bergerak ke dua arah sedangkan auksin hanya ke satu arah.

Giberelin berfungsi untuk:

- menggiatkan pembelahan sel
- mempengaruhi pertumbuhan tunas
- mempengaruhi pertumbuhan akar

Kinin atau sitokinin

Zat ini mempercepat pembelahan sel, membantu pertumbuhan tunas dan akar. Sitokinin dapat menghambat proses proses penuaan (senescence).

Salah satu macam sitokinin adalah kinetin yang terdapat dalam air kelapa muda dan dalam ragi.

Lingkungan biotik yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman diantaranya adalah organisme pengganggu tanaman dan allelopati (zat kimia yang dihasilkan tumbuhan dan mengganggu tumbuhan lainnya).

Pengukuran pertumbuhan

Pertumbuhan tanaman dapat diukur dengan berbagai cara antara lain:

1. Pertumbuhan panjang ranting
2. Pertambahan luas daun
3. Pertambahan diameter dahan atau batang
4. Pertambahan volume terutama pada buah
5. Pertambahan bobot segar dan kering

Fotosintesis & Respirasi

Fosintesis berasal dari kata foton artinya cahaya, dan síntesis yang berarti penyusunan.

Berdasarkan arti dari dua kata tersebut diatas maka fotosintesis adalah peristiwa penyusunan zat organik (gula) dari zat anorganik (air, karbondioksida), dengan pertolongan energi cahaya.

Karena bahan baku yang digunakan adalah zat carbon maka fotosíntesis dapat disebut juga asimilasi zat karbon.

Fotosintesis : suatu proses penyusunan karbohidrat oleh klorofil dengan bantuan cahaya matahari.



2 fase utama fotosintesis :

Fase pertama : penguraian molekul H_2O dengan bantuan cahaya dan klorofil \rightarrow Reaksi Fotokimia \rightarrow menghasilkan ATP dan NADPH_2 , selanjutnya diikuti fase ke-2

Fase kedua : reaksi gelap (reaksi Termokimia = Reaksi Black man) \rightarrow Reaksi fiksasi CO_2 . Reaksi ini memerlukan ATP dan NADPH_2 (Nicotinamid Adenin Dinukleotida Phospat) \rightarrow Siklus Calvin

Faktor-faktor yang menentukan laju fotosintesis

1. Intensitas cahaya.

Laju fotosintesis akan meningkat sampai tingkat kompensasi cahaya yaitu tingkat cahaya pada saat pengambilan CO_2 sama dengan pengeluaran CO_2 (laju pertukaran karbon=0)

2. Konsentrasi karbondioksida.

Semakin banyak karbondioksida di udara, maka semakin banyak juga jumlah bahan yang dapat digunakan tumbuhan untuk melangsungkan fotosintesis.

3. Suhu

Enzim-enzim yang bekerja dalam proses fotosintesis hanya dapat bekerja pada suhu optimalnya.

Umumnya laju fotosintensis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu hingga batas toleransi enzim.

4. Kadar air

Kekurangan air atau cekaman kekeringan menyebabkan stomata tertutup, menghambat masuknya karbondioksida sehingga dapat mengurangi laju fotosintesis.

5. Kadar fotosintat (hasil fotosintesis).

Jika kadar fotosintat seperti karbohidrat berkurang, laju fotosintesis akan naik.

Bila kadar fotosintat bertambah atau bahkan sampai jenuh, laju fotosintesis akan berkurang.

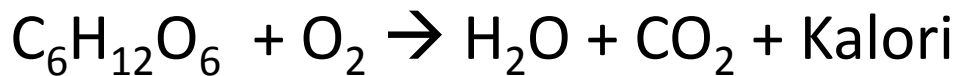
6. Tahap pertumbuhan

Penelitian menunjukkan bahwa laju fotosintesis jauh lebih tinggi pada tumbuhan yang sedang berkecambah ketimbang tumbuhandewasa. Hal ini mungkin dikarenakan tumbuhan berkecambah memerlukan lebih banyak energi dan makanan untuk tumbuh.

Respirasi secara sederhana merupakan proses perombakan senyawa organik menjadi senyawa anorganik dan menghasilkan energi.

Respirasi dibagi atas dua yaitu respirasi aerob dan anaerob.

Respirasi aerob adalah suatu proses metabolisme tanaman dengan menggunakan oksigen. Reaksi proses ini dapat dituliskan melalui persamaan reaksi sebagai berikut:



Respirasi anaerobik adalah reaksi pemecahan karbohidrat untuk mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen.

Respirasi anaerobik dapat terjadi pada:

1. Jaringan yang kekurangan oksigen misalnya akar tanaman yang terendam air
2. Biji yang berkulit tebal dan sulit untuk ditembus oksigen

Faktor yang menentukan laju respirasi

1. Suhu

Seluruh reaksi kimia yang terjadi pada makhluk hidup sangat dipengaruhi suhu. Perubahan suhu akan menimbulkan perubahan dalam reaksi biokimia tanaman, begitu juga dengan respirasi,

Peningkatan suhu sebesar 10°C , akan meningkatkan laju reaksi 2 - 3 kali lipat.

2. Ketersediaan oksigen dan karbondioksida

Ketersediaan oksigen ditempat terjadinya respirasi aerob sangat penting. Apabila oksigen tidak tersedia maka respirasi tidak berlangsung, dan seluruh proses respirasi terhenti dan bahan-bahan racun tertimbun sehingga tanaman menjadi mati.

Kadar karbondioksida yang tinggi (mencapai 10%) juga akan menghambat laju respirasi semakin rendah. Kondisi inilah yang selalu dimanfaatkan oleh pedagang hortikultura agar produk hortikulturanya tetap segar.

3. Cahaya

Ada 3 ciri dari cahaya yang mempengaruhi fotosintesis, yaitu intensitas cahaya, kualitas cahaya, dan lamanya penyinaran.

4. Pengurangan atau penambahan air

Biji kering mempunyai tingkat respirasi yang rendah, jika dilakukan penambahan air akan mengaktifkan enzim dan hal ini berarti respirasi meningkat

5. Pengaruh mekanis dan zat kimia

Pelukaan, gosong terbakar, merupakan contoh-contoh yang dapat meningkatkan laju respirasi.

Senyawa racun seperti sianida, arsenit sebagainya juga dapat membunuh tanaman yang berakibat pada penghambatan enzim respirasi

6. Umur serta macam jaringan

Setiap macam jaringan memiliki laju respirasi yang berbeda satu sama lain. Laju respirasi dari jaringan muda lebih cepat dibandingkan dengan jaringan tua.

Jaringan yang sedang aktif tumbuh juga memiliki laju respirasi yang tinggi.

7. Kandungan hara dalam tanah.

Mg dan N merupakan bagian dari klorofil, jadi langsung berpengaruh pada fotosintesis. Unsur besi (Fe) adalah bagian dari sitokrom, jadi penting bagi reaksi terang.

Sedangkan unsur P penting bagi fotosintesis karena merupakan bagian ATP/ADP. Mn penting karena merupakan bagian dari enzim.

HARA TANAMAN DAN TANAH SEBAGAI PENYEDIA HARA

Sampai saat ini telah diketahui lebih dari 100 unsur kimia. Dari lebih seratus ini hanya sekitar 17 yang merupakan hara esensial bagi tanaman.

Unsur hara esensial adalah unsur-unsur yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman.

Apabila unsur tersebut tidak tersedia bagi tanaman maka tanaman akan menunjukkan gejala kekurangan unsur tersebut dan pertumbuhan tanaman akan merana / siklus hidupnya akan terganggu.

Berdasarkan jumlah yang diperlukan kita mengenal adanya unsur hara makro dan unsur hara mikro.

Unsur hara makro diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang lebih besar (0,5 - 3% berat tubuh tanaman).

Sedangkan unsur hara mikro diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang relatif kecil (beberapa ppm/ part per million dari berat keringnya).

Tubuh tanaman terdiri atas 3 unsur :

C = 43,6 % ; O = 44,4 % dan H = 6,2 %.

Unsur tersebut diambil dari

- udara → CO₂ dan O₂
- Tanah → H₂O

Disamping itu tanaman juga memerlukan unsur lain yang diperlukan dalam pembentukan protein, lemak, zat organik.

Test : dengan analisa abu / pemeliharaan di air / pasir.

- Unsur makro → C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe
- Unsur mikro → Zn, Mn, Cu, B, Mo, Si, Ae, Cl.

Unsur C, H, dan O merupakan penyusun utama makromolekul, seperti: karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat.

Setelah C, H, dan O, nitrogen merupakan unsur hara makro terpenting.

Nitrogen merupakan komponen dari asam-asam amino (juga protein), klorofil, koenzim dan asam nukleat. Nitrogen sering merupakan unsur pembatas pertumbuhan.

FUNGSI UNSUR HARA MAKRO DAN MIKRO

UNSUR	Peranan	Akibat Kekurangan
N	<ul style="list-style-type: none"> - Merangsang pertumbuhan vegetatif - Merupakan bahan penyusun klorofil, protein dan lemak - Membuat tanaman lebih hijau 	<ul style="list-style-type: none"> - Daun hijau kekuningan sampai kuning seluruhnya - Pertumbuhan lambat dan kerdil
P	<ul style="list-style-type: none"> - Memacu pertumbuhan akar - Mempercepat pembungaan dan pembuahan - Sebagai bahan penyusun inti sel, lemak dan protein - Meningkatkan % pembentukan bunga menjadi buah 	<ul style="list-style-type: none"> - Perakaran sangat kurang dan tidak berkembang - Kekurangan P yang banyak menyebabkan daun, cabang dan batang berwarna ungu - Hasil tanaman merosot : seperti pada jagung → batang menjadi lemah dan anakan padi menjadi sedikit
K	<ul style="list-style-type: none"> - Memperlancar fotosintesa - Membantu pembentukan protein sebagai katalisator dalam transformasi pati, gula dan lemak - Meningkatkan kualitas rasa dan warna - Meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan hama, penyakit dan kekeringan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pertumbuhan lambat dan kerdil - Permukaan daun seperti terbakar pada tepi dan ujungnya, kemudian rontok sebelum waktunya - Daun mengkerut dan mengkilap - Selanjutnya bagian ujung dan tepi daun mulai menguning antara tulang daun, kemudian tampak bercak-bercak merah coklat dan mati

UNSUR	Peranan	Akibat Kekurangan
Ca	<ul style="list-style-type: none"> - Merangsang pembentukan bulu-bulu akar dan biji-bijian - Memperkuat jaringan tanaman 	<ul style="list-style-type: none"> - Daun-daun muda dan titik tumbuh keriput dan akhirnya mengering - Tanaman lemah
Mg	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan penyusun klorofil - Mengaktifkan enzim yang berperan pada metabolisme karbohidrat - Dapat meningkatkan kadar minyak tanaman penghasil minyak 	<ul style="list-style-type: none"> - Warna hijau tua dari daun-daun tua (bagian bawah ke atas) menghilang - Lapisan lilin daun berkurang, mengurangi daya kecambah biji.
S	<ul style="list-style-type: none"> - Sebagai penyusun utama ion sulfat - Menambah kandungan protein - Menambah pembentukan bintil-bintil akar tanaman kacang - Menambah butir-butir hijau daun sehingga lebih hijau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Daun berwarna hijau kekuningan, pertumbuhannya terhambat dan kerdil - Batang tanaman berserat, berkayu dan berdiameter kecil serta jumlah anakan terbatas - Pada tanaman tebu, rendemen gulanya rendah

Fungsi Unsur Hara Mikro

Unsur	Peranan	Akibat Kekurangan
B	<ul style="list-style-type: none">- Meningkatkan kualitas daun dan tanaman (sayuran dan Buah-buahan)- Meningkatkan produksi kacang-kacangan	<ul style="list-style-type: none">- Pada tanaman umbi-umbian pertumbuhannya kerdil, jaringan dalam akar jadi pecah dan memberikan warna coklat yang disebut hati coklat atau hitam
Cl	<ul style="list-style-type: none">- Meningkatkan kualitas dan produksi- Bila berlebihan akan menurunkan kualitas (daya bakar turun)	<ul style="list-style-type: none">- Pertumbuhan tidak normal- Timbul warna tembaga pada daun- Pada percobaan kultur jaringan Cl menekan perkembangan akar
Cu	<ul style="list-style-type: none">- Penting dalam pengaturan sistem enzim tanaman dan pembentukan klorofil	<ul style="list-style-type: none">- Pada jagung, daun muda kuning sampai pucat dan tertekan- Timbul bercak hijau kebiruan, khlorotik, mengeriting dan bungan tidak berbentuk
Fe	<ul style="list-style-type: none">- Sangat penting dalam pembentukan klorofil	<ul style="list-style-type: none">- Timbul warna kekuningan pada daun muda, tulang daun menjadi kuning kemudian putih- Pertumbuhan tanaman terhenti, daun gugur dan akhirnya mati mulai dari pucuk (die back)

Unsur	Peranan	Akibat Kekurangan
Mn	<ul style="list-style-type: none"> - Penting dalam penyusunan klorofil dan proses fotosintesa - Perkecambahan biji 	<ul style="list-style-type: none"> - Warna daun muda berubah, beberapa jaringan daun mati - Pertumbuhan menjadi kerdil dan pembentukan biji kurang baik
Mo	<ul style="list-style-type: none"> - Penting dalam proses fiksasi Nitrogen dan untuk tanaman kacang-kacangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Timbul gejala klorosis di tulang daun - Pada tanaman polong-polongan, daun menjadi kuning pucat dan tumbuh tertekan - Kekurangan Mo mengganggu fiksasi N, asimilasi nitrogen dan reduksi nitrat menjadi asam amino dan protein
Zn	<ul style="list-style-type: none"> - Penting dalam pengaturan sistem enzim tanaman dan dalam pembentukan klorofil 	<ul style="list-style-type: none"> - Terlihat pada daun muda, ada klorosis di antara tulang daun dan perlambatan pertumbuhan tunas - Pada padi terjadi pemutihan (white bud) di tengah daun - Pada kacang-kacangan, jaringan di antara urat daun menguning dan hanya daun yang hijau - Tanaman kerdil dan polong sedikit.

BEBERAPA GAMBARAN DEFISIENSI DAN TOKSISITAS HARA MINERAL PADA TANAMAN BUDIDAYA



4. Nitrogen deficiency in corn, beginning on older leaves and progressing upward.



1. Progressive N deficiency in corn (normal leaf on right). Note yellowing down the midrib.



5. Potassium deficiency in corn, with yellowing and necrosis progressing from older to younger leaves.



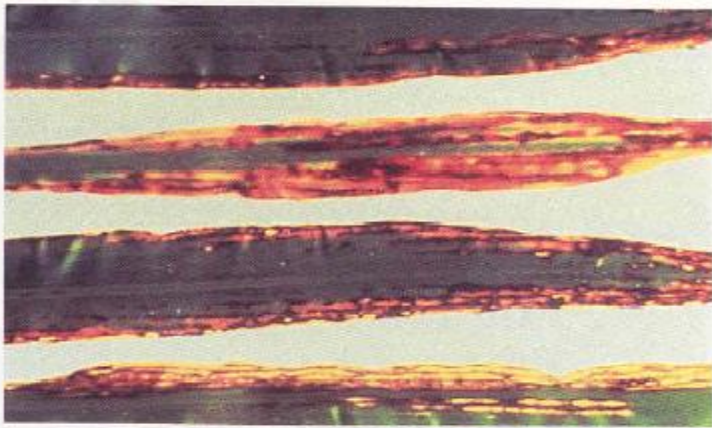
10. Iron deficiency in corn. Interveinal areas of young leaves are pale green to white.



17. Potassium deficiency in corn caused by soil compaction and restricted root growth.



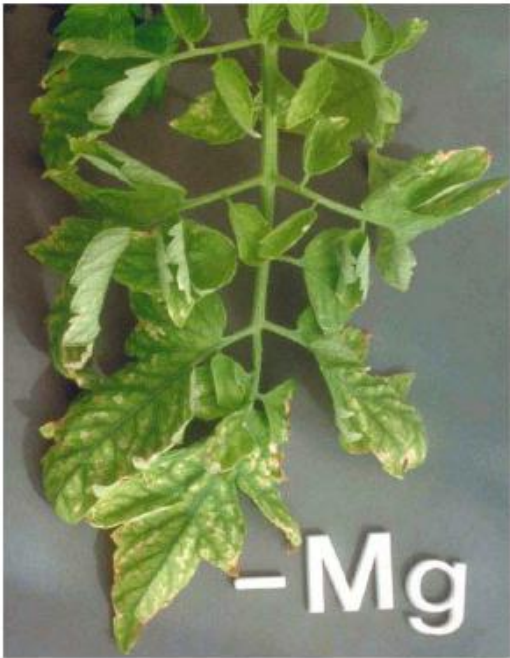
20. Phosphorus deficiency in rice.



35. Close-up of sorghum leaves with excess P and with Mg, K, and Mn deficiencies (top to bottom). Note the difficulty in resolving color differences on plants with these nutrient disorders.



36. Calcium deficiency in top leaves of greenhouse-grown sorghum plants. Note serrated, torn, and slightly yellow-white leaves.



Defisiensi
Mg pada
tomat



Defisiensi
B pada
pepaya



Defisiensi Fe
pada kacang (kiri)
dan tomat
(kanan)





Defisiensi Mn
pada tomat (kiri)
dan kedelai
(kanan)



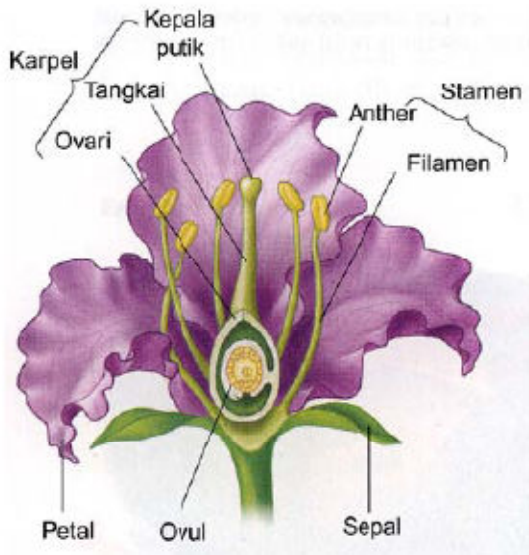
Defisiensi Mo pada kacang



Defisiensi Zn pada jagung

REPRODUKSI PADA TUMBUHAN

REPRODUKSI PADA TUMBUHAN



Gambar. Struktur bunga (Campbell, 2006).

Reproduksi (re = ulang, produksi = hasil), mengandung arti perkembangbiakan. Dispersal, artinya pemencaran alat-alat perkembangbiakan.

Perkembangbiakan pada umumnya dibedakan dalam dua cara berikut ini:

1. Perkembangbiakan aseksual
2. Perkembangbiakan seksual

PERKEMBANGBIAKAN ASEKSUAL (VEGETATIF)

Reproduksi aseksual (vegetatif) yaitu, terjadinya calon individu baru tanpa peleburan gamet jantan dan gamet betina.

1. **Vegetatif alamiah**, pada perkembangbiakan ini calon individu baru terjadi tanpa peleburan 2 buah gamet dan tanpa campur tangan manusia.
2. **Vegetatif buatan**, merupakan perkembangbiakan dengan bantuan campur tangan manusia.

PERKEMBANGBIAKAN SEKSUAL (GENERATIF)

Generatif (seksual), yaitu terjadinya calon individu baru didahului dengan peleburan sepasang gamet.

Cara Perkembangbiakan generatif :

1. **Konyugasi** (peleburan dua sel yang belum terspesialisasi disebut zygospora).
2. **Fertilisasi** (peleburan sepasang gamet membentuk zigot).
3. **Partenogenesis** (ovum tidak dibuahi, dapat menjadi individu baru).
4. **Metagenesis** (pergiliran keturunan dimana reproduksi vegetatif bergantian dengan generatif).

PENYERBUKAN DAN PEMBUAHAN TUMBUHAN BERBIJI

Polinasi (penyerbukan) adalah jatuhnya serbuk sari yang berisi sperma ke tempat bakal biji yang berovum. Polinasi hanya terdapat pada tumbuhan yang mempunyai serbuk sari dan bakal biji, yaitu pada Angiospermae dan Gymnospermae.

PENYERBUKAN BERDASARKAN ASAL SERBUK SARI

1. Penyerbukan sendiri (*autogami*),
2. Penyerbukan sendiri yang terjadi selagi bunga belum mekar (*kleistogami*),
3. Penyerbukan tetangga (*geitonogami*),
4. Penyerbukan silang (*alogami*),
5. Penyerbukan **bastar**,

PENYERBUKAN BERDASARKAN FAKTOR PERANTARA

1. Penyerbukan dengan bantuan angin (*anemogami*), Ciri-ciri tumbuhannya ialah memiliki serbuk sari yang banyak, lembut, kering dan warna mahkota tidak perlu menarik perhiasan bunganya tidak ada dan kalau ada hanya kecil, sederhana dan ringan.
2. Penyerbukan dengan bantuan air (*hidrogami*)
3. Penyerbukan dengan bantuan hewan (*zoidogami*)
 - a. Penyerbukan dengan bantuan serangga (*entomogami*).
 - b. Penyerbukan dengan bantuan burung (*ornitogami*)
 - c. Penyerbukan dengan bantuan kelelawar (*kiropterogami*).
 - d. Penyerbukan siput (*malakogami*)
4. Penyerbukan dengan bantuan manusia (*antropogami*), karena di alam tidak adaperantara yang cocok dalam proses penyerbukannya

lanjutan ...

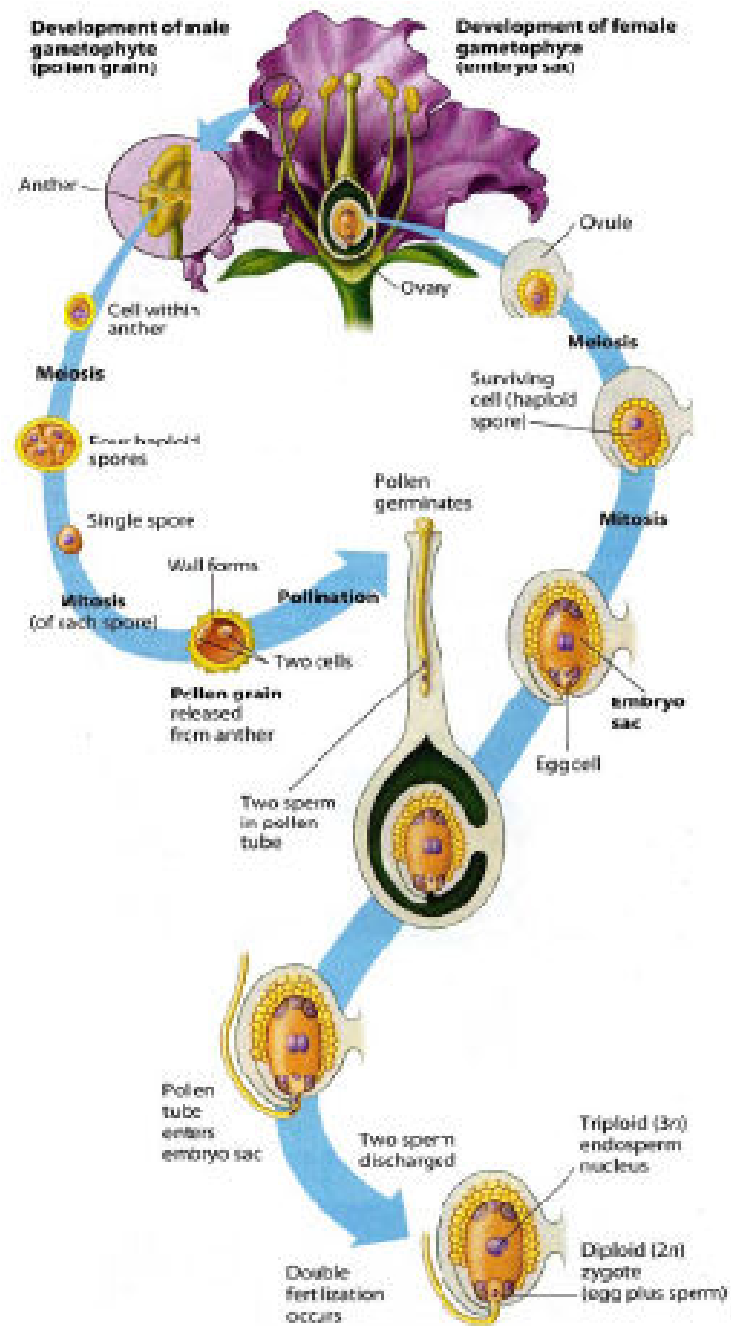
Faktor-faktor yang menyebabkan tumbuhan tidak dapat mengadakan penyerbukan sendiri (**autogami**) adalah:

1. **Dioseus** (*berumah dua*), yaitu serbuk sari dan putik terletak pada individu yang berbeda.
2. **Dikogami**, yaitu masaknya serbuk sari dan putik tidak bersamaan, dapat dibedakan atas:
 - a. **Protogini**, yaitu putik matang lebih dulu.
 - b. **Protandri**, yaitu serbuk sari suatu bunga masak lebih dulu.
 - c. **Herkogami**, yaitu serbuk sari tidak dapat jatuh ke kepala putik
 - d. **Heterostili**

PEMBUAHAN PADA TUMBUHAN

Pembuahan (fertilisasi) adalah peristiwa terjadinya peleburan antara gamet jantan dan betina.

- a. **Pembuahan tunggal** terjadi bila setiap pembuahan (satu kali pembuahan) menghasilkan embrio. Pembuahan tunggal terjadi pada tumbuhan *Gymnospermae*
- b. **Pembuahan ganda** terjadi dua kali pembuahan yang menghasilkan satu embrio dan endosperm (Gambar.). Pembuahan ganda pada terjadi pada tumbuhan *Angiospermae*



Gambar Perkembangan Gametofit Dan Pembuahan Ganda Pada Angiospermae

(Campbell 2006).

SAAT-SAAT PEMBUAHAN

1. **Porogami**, yaitu masuknya sperma ke dalam kandung lembaga melalui mikropil. Sedangkan bila tidak melalui mikropil disebut **aporogami**.
2. **Kalazogami**, yaitu masuknya sperma ke dalam kandung lembaga melalui kalaza.
3. **Amfiksisis**, merupakan peleburan ovum dan sperma yang kemudian berkembang menjadi embrio.
4. **Ampomiksisis**, yaitu pembentukan embrio tanpa didahului oleh peleburan sperma dan ovum. Apomiksisis menyebabkan terdapatnya lebih dari satu embrio dalam biji dan kejadian ini disebut poliembrio. Terjadi karena:
 - a. **Partenogenesis**, yaitu pembentukan embrio dari sel telur yang tidak dibuahi.
 - b. **Apogami**, yaitu pembentukan embrio dari bagian lain kandung lembaga tanpa perkawinan.
 - c. **Embrio adventif**, yaitu embrio yang terjadi dari sel-sel lain kandung lembaga.

PEMENCARAN ALAT PERKEMBANGBIAKAN

- **Tumbuhan Kosmopolit**, yaitu tumbuhan yang areal penyebarannya luas (terdapat di mana-mana).
- **Tumbuhan Endemik**, tumbuhan yang daerah penyebarannya terbatas, hanya terdapat di daerah tertentu saja.

PEMENCARAN TANPA BANTUAN FAKTOR LUAR

- **Rhizoma** tumbuh menjalar dalam tanah, dan pada suatu jarak tertentu dari induknya tunas rhizoma muncul di atas permukaan tanah menjadi tumbuhan baru.
- **Pembentukan tunas-tunas** (anakan) yang tetap berada dekat induknya sehingga terjadi rumpun.
- **Tumbuhan induk pada geragih** (stolon), pada jarak tertentu dapat menghasilkan tumbuhan baru.
- **Gerak higroskopis**. Gerak ini menyebabkan biji terpelanting.

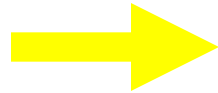
PEMENCARAN DENGAN BANTUAN FAKTOR LUAR

1. **Anemokori** dengan perantara angin.
2. **Hidrokorori** dengan perantara air.
3. **Zookori** dengan perantara hewan. Berdasarkan jenis hewan perantaranya dibedakan atas:
 - a. **Entomokori**, yaitu pemencaran dengan bantuan serangga.
 - b. **Ornitokori**, yaitu pemencaran dengan bantuan burung.
 - c. **Kiropterokori**, yaitu pemencaran dengan bantuan kelelawar.
 - d. **Mamokori**, yaitu pemencaran melalui mamalia.
4. **Antropokori** dengan perantara manusia.
5. Dengan bantuan panas

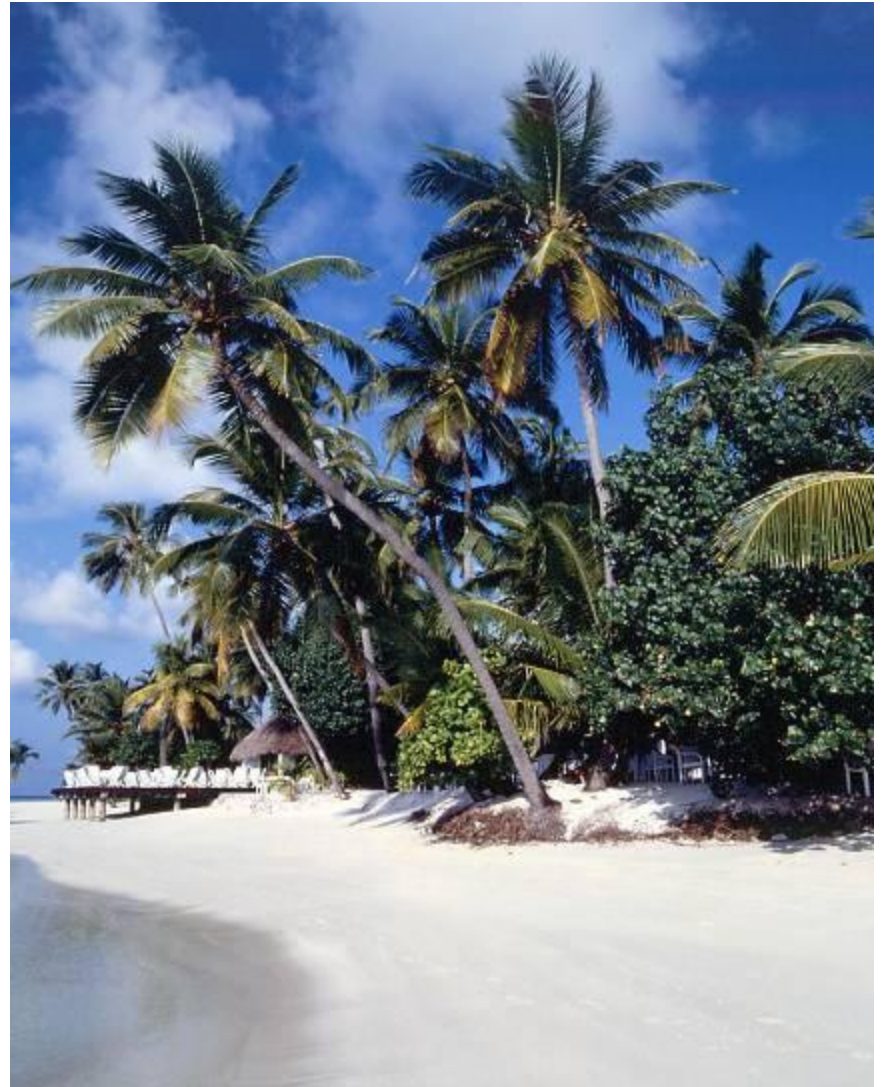


Gerakan Partikel

CO_2 O_2 H_2O



Ion H_2O



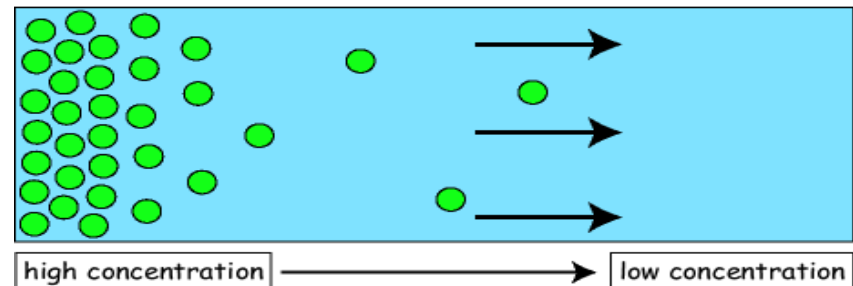
- **Tanaman bertambah besar ukurannya karena adanya bahan tambahan berupa partikel**
- **Partikel berupa ion atau molekul yang masuk dan keluar dari dalam tubuh tanaman**
- **Ion yang masuk antara lain berupa nutrisi misalnya NH_4^+ , NO_3^- dll**
- **Molekul yang masuk misalnya : CO_2 dan H_2O**
- **Molekul yang keluar misalnya O_2 dan H_2O**
- **Masuk dan keluarnya partikel dengan proses gerakan partikel berupa difusi, osmosis dan imbibisi**

Difusi

Gerakan partikel dari tempat dengan potensial kimia lebih tinggi ke tempat dengan potensial kimia lebih rendah karena energi kinetiknya sendiri sampai terjadi keseimbangan dinamis



Diffusion



● solute

Solute transport is from the left to the right; movement of the solutes is due to the concentration gradient (dC/dx).

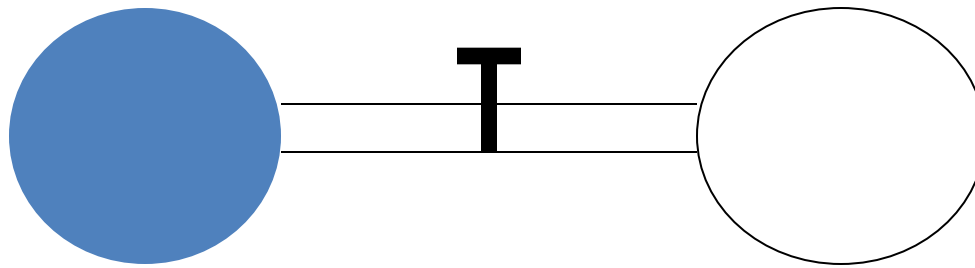
- Potensial kimia : energi bebas per mol
- Energi bebas : energi untuk melakukan kerja
- Energi kinetik : energi yang dimiliki partikel dengan suhu di atas 0° K untuk melakukan gerakan
- Keseimbangan dinamis : partikel tetap bergerak namun jumlah yang masuk seimbang dengan jumlah yang keluar, sehingga difusi berhenti

Faktor yg mempengaruhi difusi

1. Suhu, makin tinggi difusi makin cepat
2. BM makin besar difusi makin lambat
3. Kelarutan dalam medium, makin besar difusi makin cepat
4. Beda potensial kimia, makin besar beda difusi makin cepat

Contoh Difusi

- Model



A

B

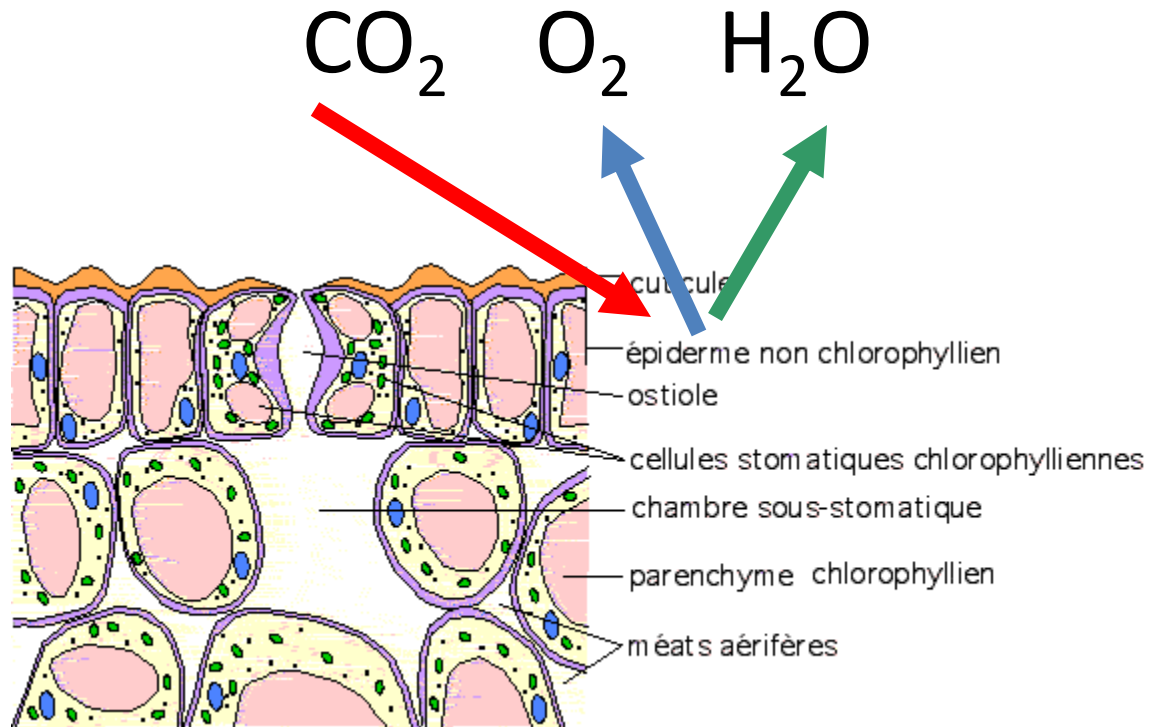
1. CO_2 $2x$

CO_2 $3x$

CO_2 $4x$

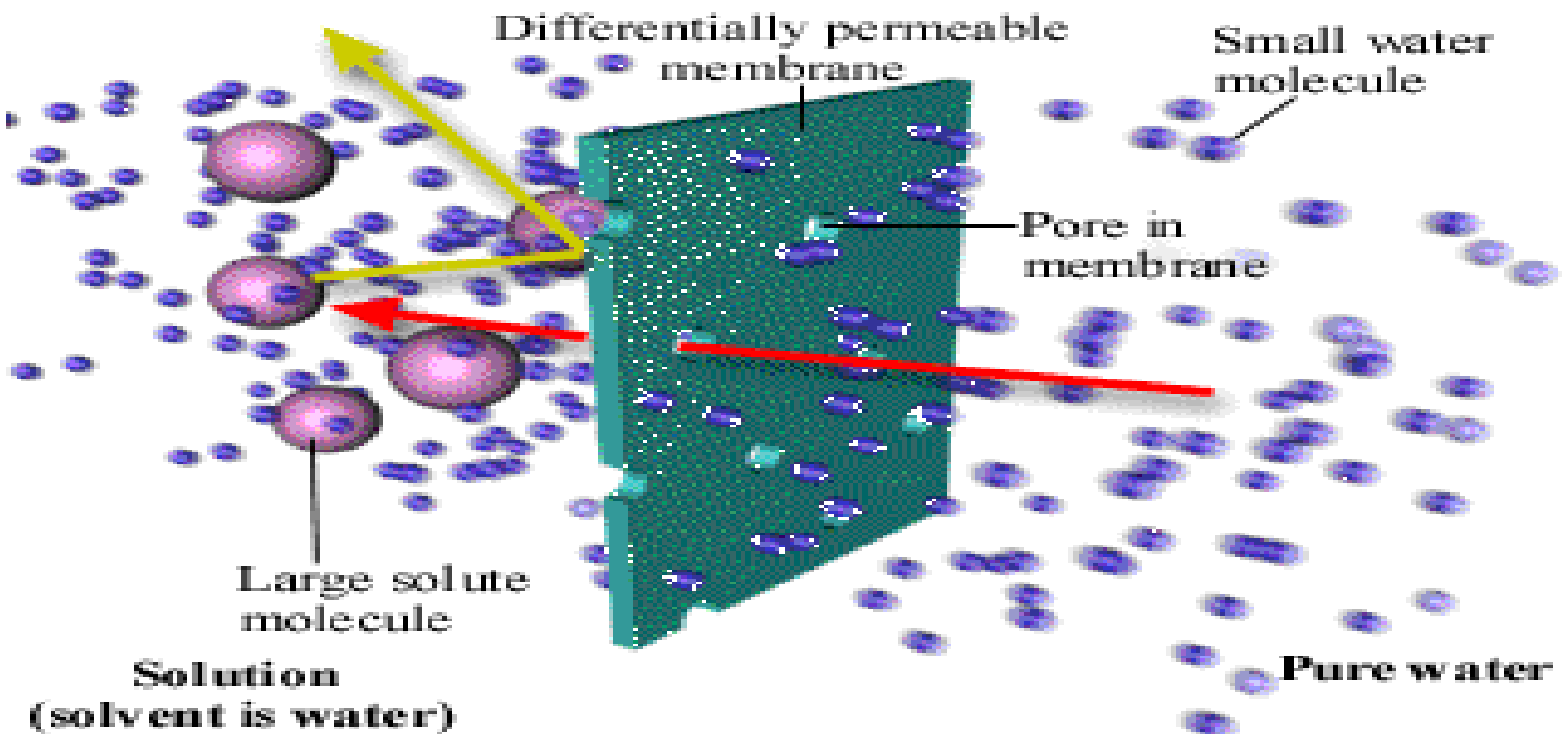
CO_2 $3x$

Difusi CO_2 , O_2 dan H_2O



Osmosis

Osmosis : gerakan air dari potensial air lebih tinggi ke potensial air lebih rendah melewati membran selektif permeabel sampai dicapai keseimbangan dinamis



Sifat Membran

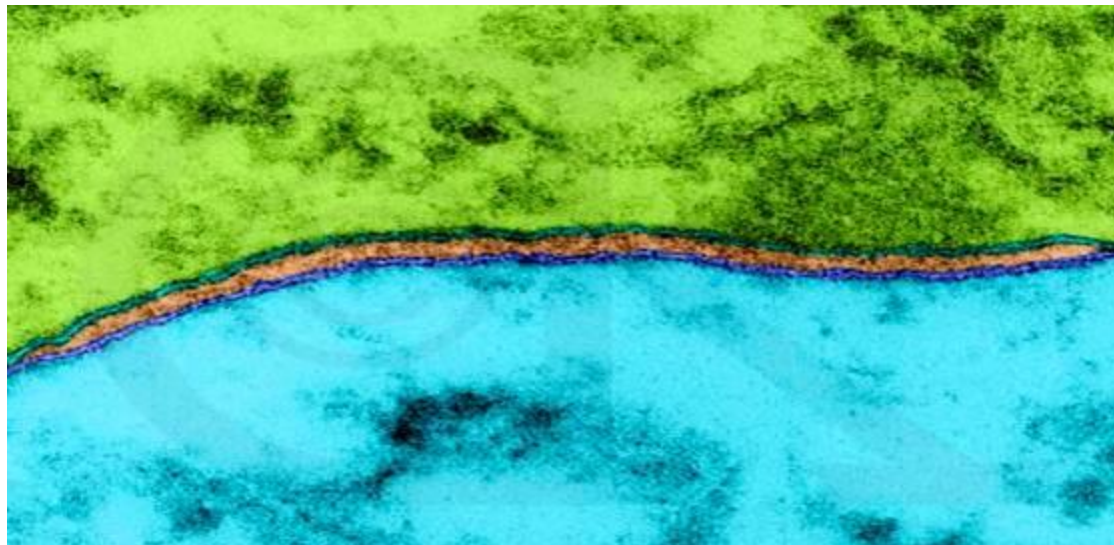
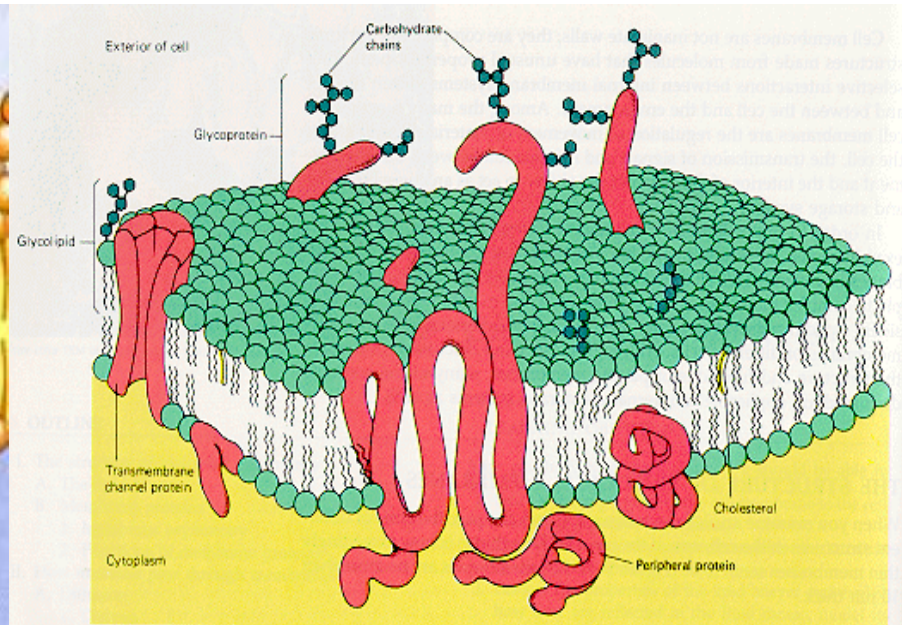
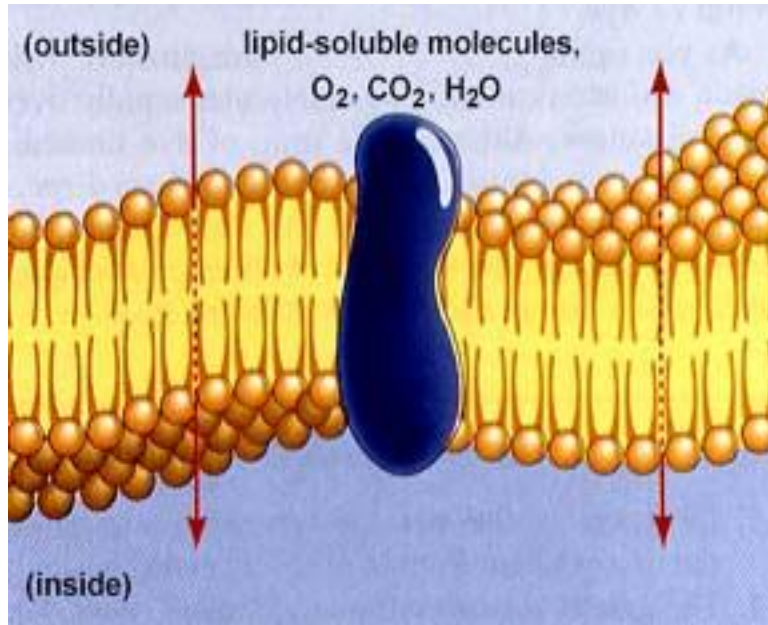
Sifat membran	solvent	solut
permeabel	+	+
semi permeabel	+	-
selektif permeabel	+	+/-
impermeabel	-	-

+ = dapat lewat

- = tidak

- Contoh membran : membran plasma, membran vakuola, membran kloroplas

Membran



Potensial Air

- Potensial air : energi bebas per mol air
- $\Psi = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m$ satuan : atm, bar, Pa
- Ψ (potensial air) = - DTD (defisit tek difusi)
- Ψ_s (potensial solut) = -TO (tek osmosis)
- Ψ_p (potensial tekanan) = TT (tek turgor)
- Ψ_m (potensial matriks) = TI (tek imbibisi)
- $DTD = TO - TT$
- Di dalam sel Ψ_m kecil – diabaikan
- Di dalam benih Ψ_p kecil - diabaikan

Potensial Solut

- Potensial solut : penurunan energi bebas air dalam suatu larutan karena interaksi air dengan solut, dibanding dengan air murni
- Potensial air murni (maksimal) = 0 bar
- Larutan mempunyai potensial air < 0 atau negatif
- Larutan di tempat terbuka mempunyai $\Psi_p = 0$, sehingga $\Psi = \Psi_s$

- Faktor yang berpengaruh thd Ψ_s
 1. Molalitas (konsentrasi), makin tinggi Ψ_s makin rendah
 2. Derajat ionisasi, makin tinggi Ψ_s makin rendah
 3. Derajat hidrasi, solut mudah mengikat air, Ψ_s rendah
 4. Suhu, makin tinggi , Ψ_s makin rendah

Arah gerakan air

- Dari potensial air lebih tinggi ke potensial air lebih rendah
- Dari DTD lebih rendah ke DTD lebih tinggi
- Dari larutan dengan konsentrasi lebih rendah ke konsentrasi lebih tinggi
- Dari larutan lebih encer ke larutan lebih kental

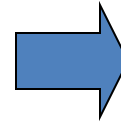
Ketentuan dalam gerakan air

- Saat seimbang dinamik , potensial air atau DTD sama
- Bila salah satu bagian tidak terbatas misal lengas tanah, potensial air sama dengan bagian yang tidak terbatas
- Bila dua bagian terbatas , potensial air akhir merupakan rata-rata
- Potensial solut tidak berubah sampai potensial tekanan mencapai 0 bar

Imbibisi dan Air

Imbibisi

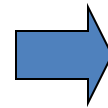
- Imbibisi merupakan penyerapan air oleh imbiban
- Contoh: penyerapan air oleh benih
- Proses awal perkecambahan
- Benih akan membesar, kulit benih pecah, berkecambah
- Ditandai oleh keluarnya radikula dari dalam benih



Syarat Imbibisi

- Perbedaan Ψ antara benih dengan larutan, dimana Ψ benih $<$ Ψ larutan
- Ada tarik menarik yang spesifik antara air dengan benih
- Benih memiliki partikel koloid yang merupakan matriks, bersifat hidrofil berupa protein, pati, selulose
- Benih kering memiliki Ψ sangat rendah

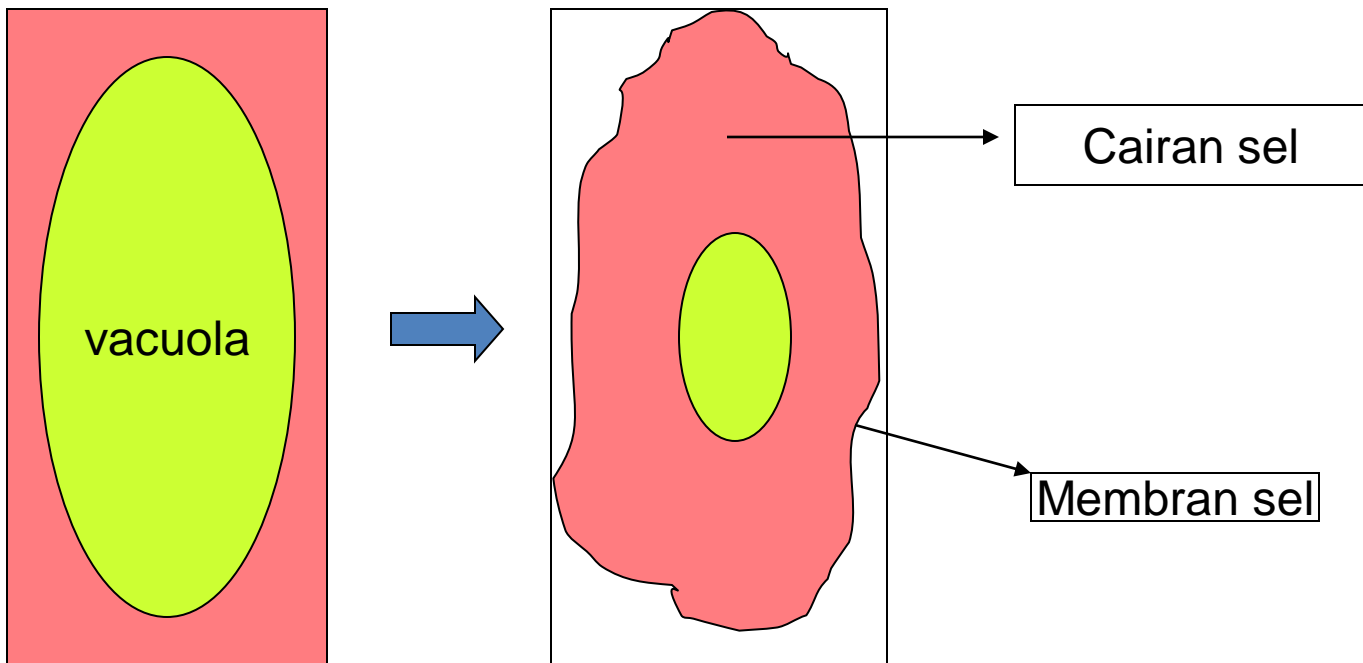
- Hubungan antara Ψ dengan komponen penyusun: $\Psi = \Psi_m + \Psi_p$
- Volume air yang diserap + volume biji mula-mula > volume biji setelah menyerap air, sebagian air telah digunakan untuk menjalankan proses metabolisme
- Proses metabolisme: aktivasi enzim, hidrolisis cadangan makanan, respirasi



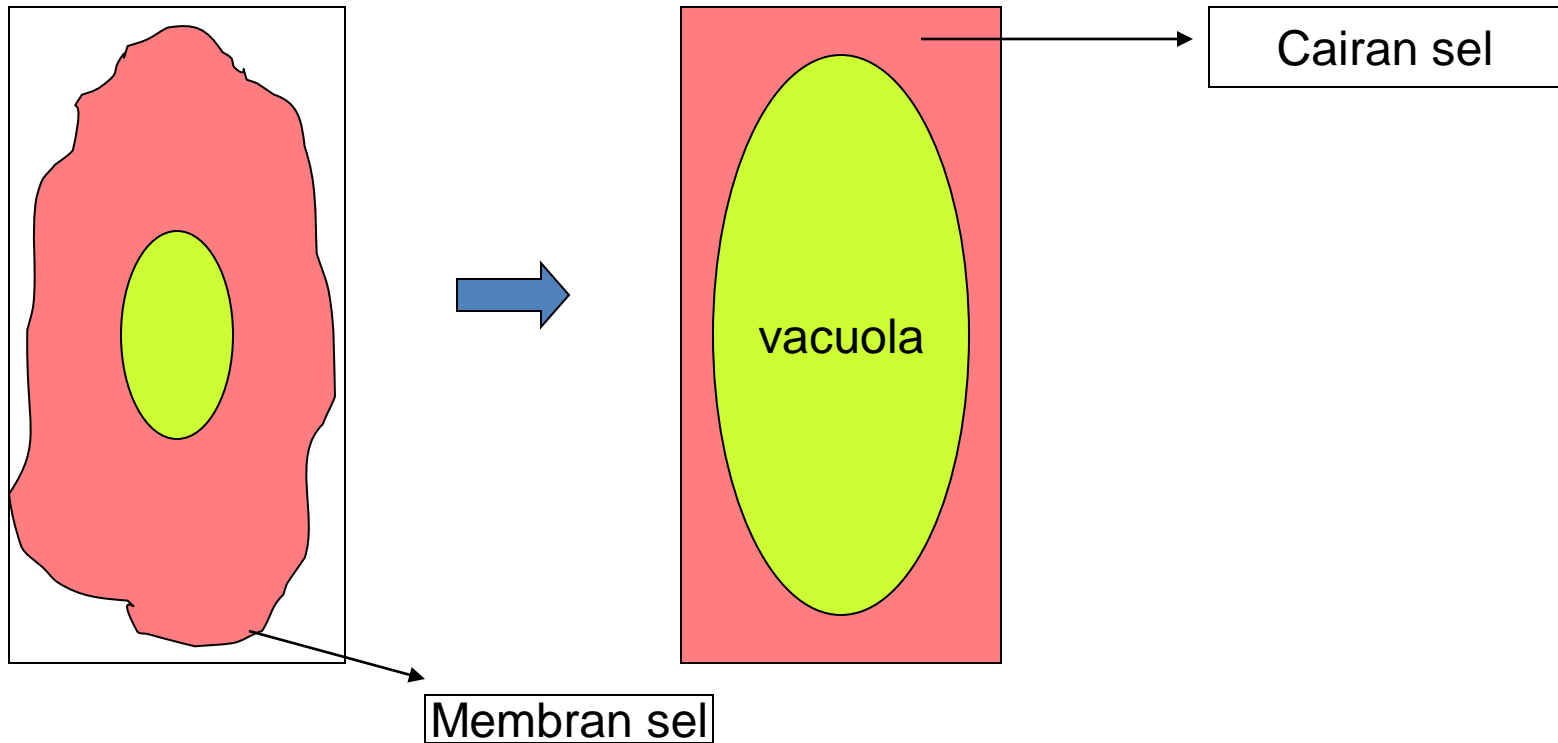
Plasmolisis

- Peristiwa terlepasnya membran plasma dari dinding sel karena terjadinya eksoosmosis (sel ditempatkan dalam larutan yang hipertonic)
- Apakah sel yang mengalami plasmolisis bisa pulih kembali? Bisa, asalkan plasmolisis belum parah dan lingkungan sel segera berubah menjadi hipotonik terhadap cairan sel sehingga terjadi endoosmosis, yang akhirnya sel mengalami deplasmolisis

Plasmolisis



Deplasmolisis



Air

- BM air: 34, relatif kecil
- Adanya ikatan hidrogen yang sangat kuat pada molekul air menyebabkan seolah-olah BM air sangat besar
- Titik beku air 0°C , titik didih 100°C , memiliki sifat anomali. Molekul lain dengan BM kecil seperti itu, pada suhu $< 0^{\circ}\text{C}$ sudah menguap
- Contoh H_2S , titik bekunya -80°C , titik didihnya -61°C

Air adalah pelarut terbaik bagi 3 kelompok bahan biologis yang sangat penting bagi tanaman:

1. Bahan organik, melalui ikatan hidrogen dengan asam amino (protein), karbohidrat dll, khususnya molekul yang mengandung ikatan hidroksil, amine, maupun gugus fungsional karboksilat
2. Ion-ion, unsur hara yang mampu diserap tanaman sebagian besar berupa ion yang terlarut dalam air
3. Gas di atmosfer yang BM-nya kecil seperti O_2 dan N_2

Peranan air

Air sangat penting bagi kehidupan tanaman, peranannya:

1. Merupakan 90 – 95% penyusun tubuh tanaman
2. Aktivator enzim
3. Pereaksi dalam reaksi hidrolisis
4. Sumber H dalam fotosintesis
5. Penghasil O_2 dalam fotosintesis
6. Pelarut dan pembawa berbagai senyawa

Lanjutan peranan air

7. Menjaga Ψ_p sel yang penting untuk pembelahan, pembesaran, pemanjangan sel, mengatur bukaan stomata, gerakan daun dan bunga (misal epinasti)
8. Pemacu respirasi
9. Mengatur keluarmasuknya zat terlarut ke dan dari sel
10. Mendukung tegaknya tanaman, terutama pada tanaman herbaceus
11. Agensia penyebaran benih tanaman
12. Mempertahankan suhu tanaman tetap konstan pada saat cahaya penuh

Dampak kandungan lengas pada perkembangan sistem perakaran



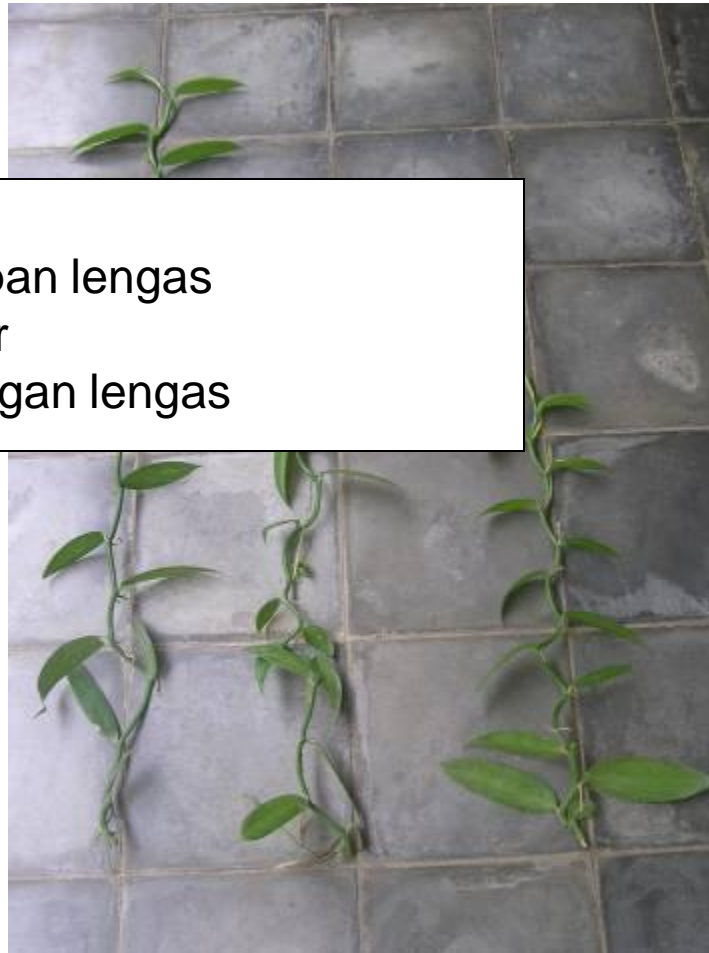
Dari kiri ke kanan:

Gambar 1. kondisi jenuh air

Gambar 2. kondisi kecukupan lengas

Gambar 3. kondisi kekurangan lengas

Dampak kandungan lengas pada perkembangan tajuk tanaman



Dari kiri ke kanan:

Gambar 1. kondisi kecukupan lengas

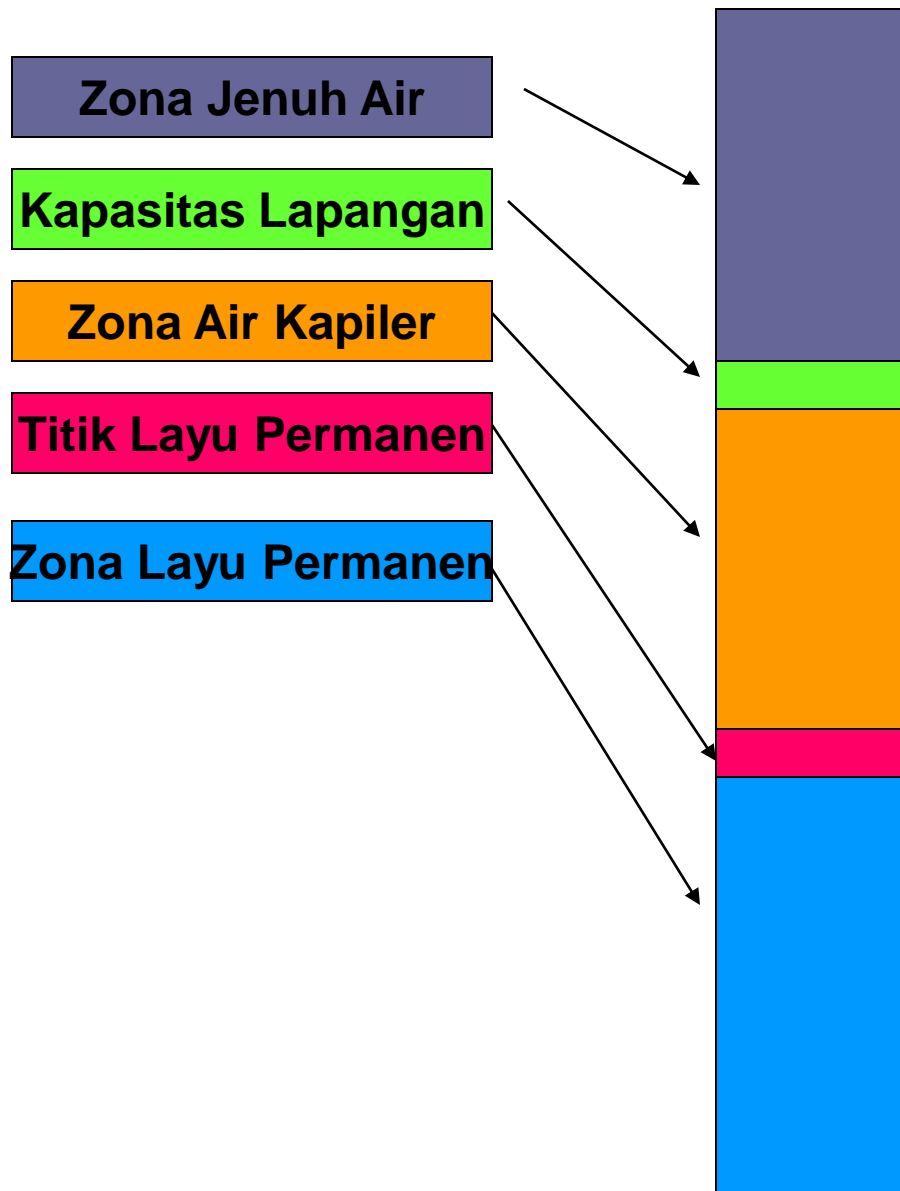
Gambar 2. kondisi jenuh air

Gambar 3. kondisi kekurangan lengas

Macam-macam air

1. Air gravitasi: berada di pori makro tanah, diikat sangat lemah oleh partikel tanah, dengan cepat turun ke lapisan yang lebih dalam, tidak dapat dimanfaatkan tanaman
2. Air kapiler: terdapat di pori mikro tanah, melapisi butiran tanah, diikat longgar oleh partikel tanah, dapat dilepaskan oleh perakaran, dapat diserap akar
3. Air higroskopis: air yang menempati posisi sangat dekat dengan partikel tanah, diikat sangat kuat, akar tidak mampu memutus ikatan, tidak dapat diserap akar

Kondisi air tanah



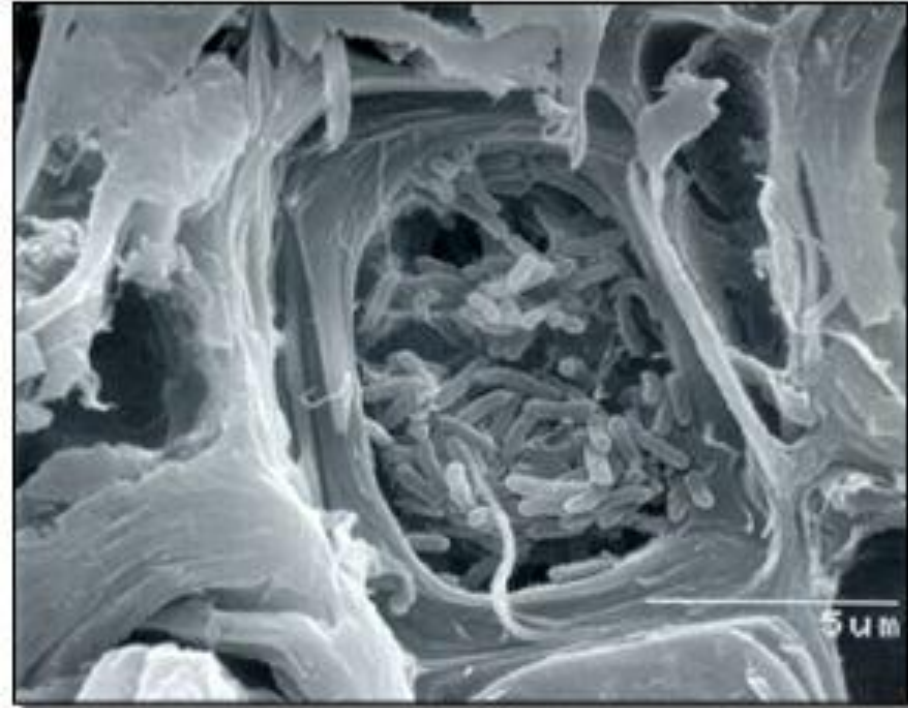
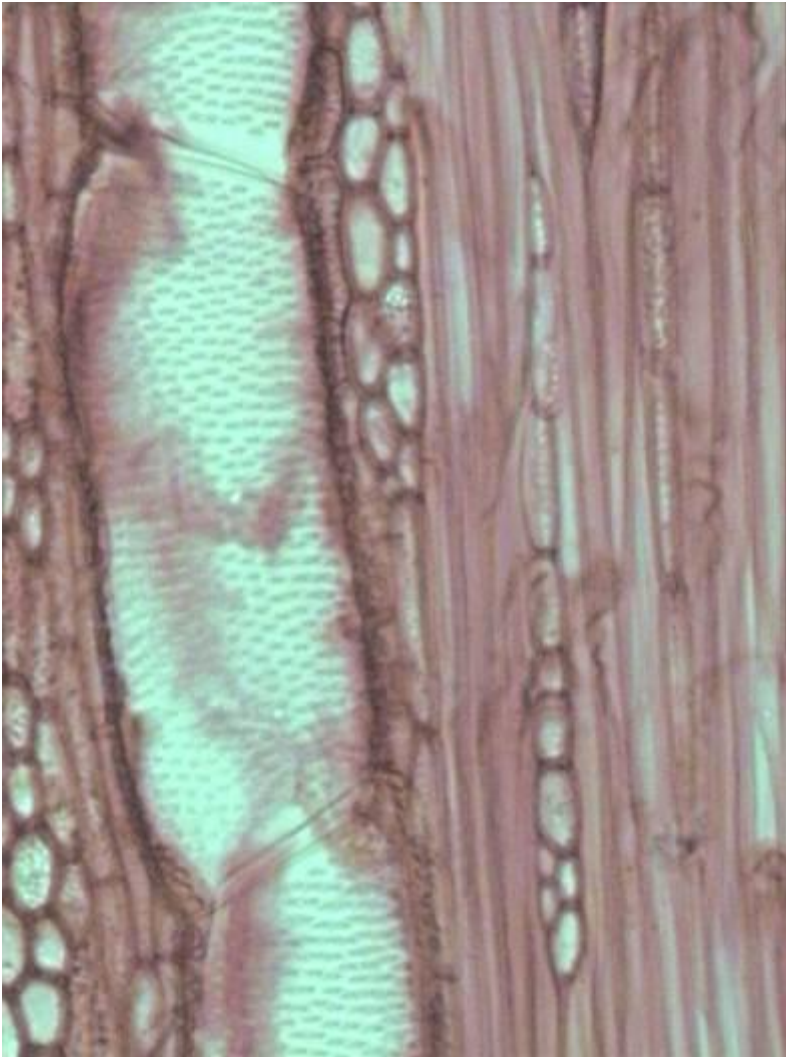
Air tersedia bagi tanaman

- Air kapiler
- Air kapiler: batas atas kapasitas lapangan ($\Psi = - 0,3$ bar), batas bawah titik layu permanen ($\Psi = - 15$ bar)
- Batasan air kapiler bagi Agronom: batas atas sama seperti batasan air kapiler di atas ($= - 0,3$ bar), tetapi batas bawah tidak jelas karena tingkat ketahanan tanaman terhadap kekeringan berbeda tergantung jenis tanamannya
- Bagi tanaman yang tidak tahan kering (misal bayam), bisa saja batas bawahnya $> - 15$ bar
- Bagi tanaman yang tahan kering (misal kaktus, kurma, dll), bisa saja batas bawahnya $< - 15$ bar

- Kapasitas lapangan adalah kandungan lengas tanah pada saat setelah semua air gravitasi terbuang, sehingga yang tersisa di dalam tanah tinggal air kapiler
- Waktu penghilangan air gravitasi dari partikel tanah berbeda-beda tergantung kepada komposisi fraksi penyusun tanah tersebut
- Tanah yang didominasi fraksi lempung (misal tanah latosol) butuh waktu lama untuk menghilangkan air gravitasi (> 4 hari)
- Tanah yang didominasi fraksi pasir (misal tanah regosol) butuh waktu lebih singkat untuk menghilangkan air gravitasi (1 – 3 hari)

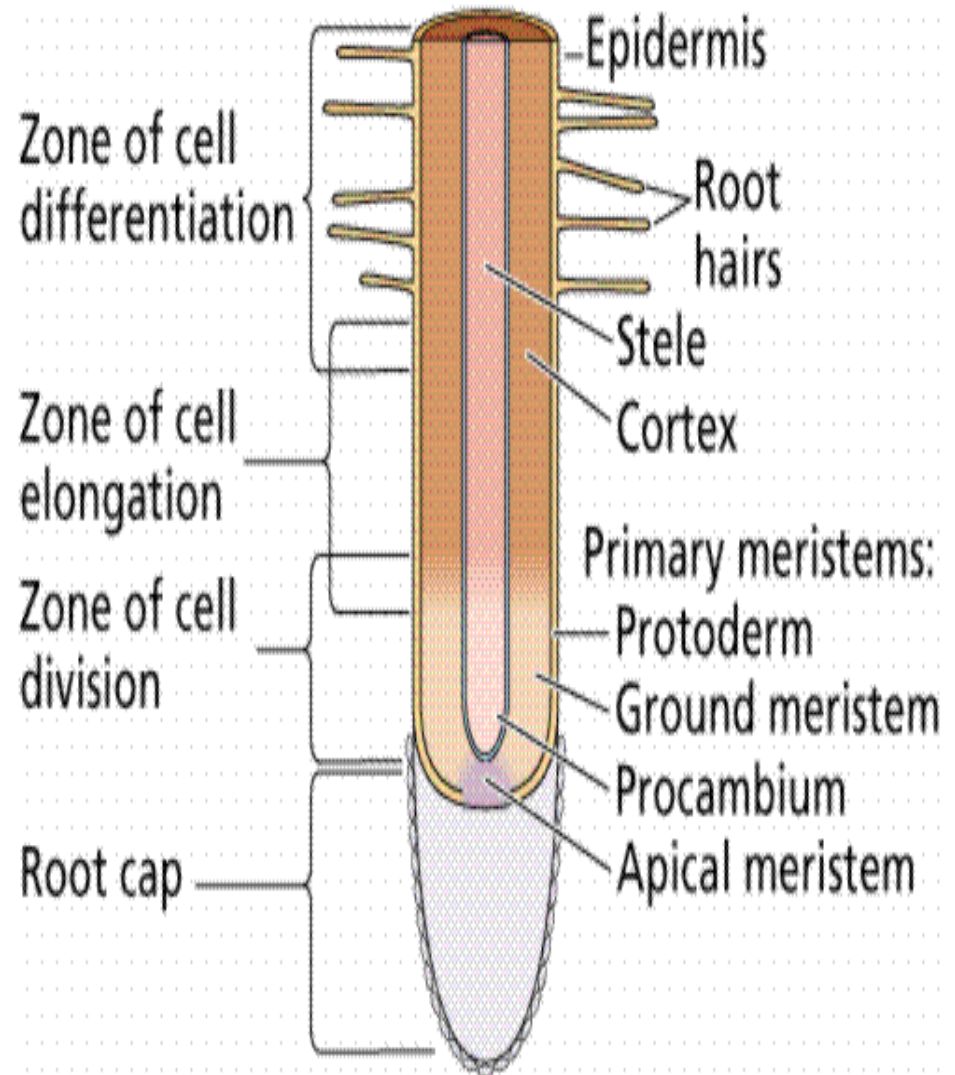
- Titik layu tetap: kandungan lengas tanah yang menyebabkan tanaman yang tumbuh di atasnya mengalami layu tetap (tidak bisa segar kembali meskipun ke dalam tanah ditambah lengasnya/ tidak bisa segar kembali meskipun tanaman ditempatkan ke dalam ruangan yang jenuh uap air)
- Kenapa? Karena plasmolisis yang terjadi pada sel tanaman sudah lanjut dan sel terlanjur mati, meskipun tanaman disiram deplasmolisis tidak akan terjadi, tanaman mati

Penyerapan dan Pengangkutan Air



Organ yang menyerap air

- Akar=organ tanaman yang aktif menyerap air
- Rambut akar paling cepat menyerap air, jumlahnya sedikit, jumlah air yang diserap sedikit
- Sel gabus lambat dalam menyerap air, jumlahnya banyak, air yang diserap banyak

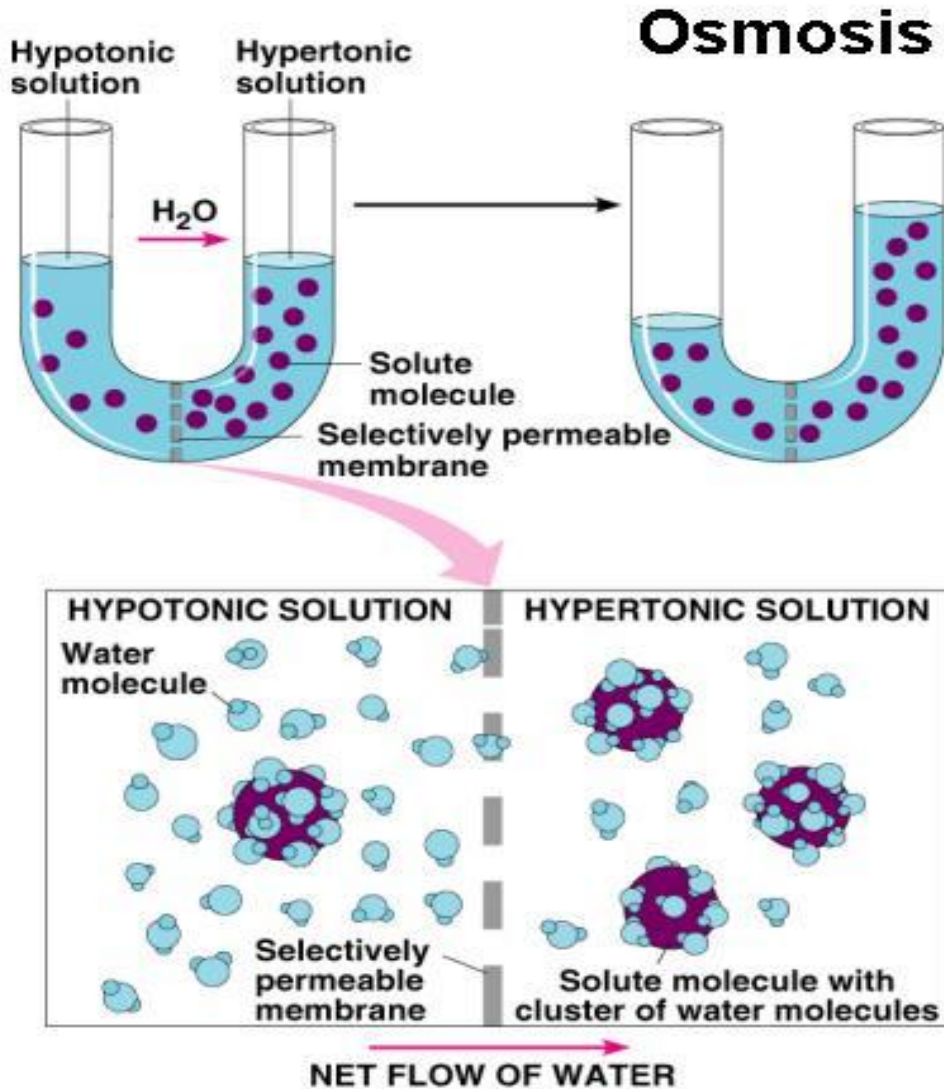


Mekanisme penyerapan air

Ada 2 yaitu penyerapan aktif dan pasif:

1. Aktif: aktif osmotik dan aktif non osmotik
2. Pasif: tarikan transpirasi (penggerakannya transpirasi)

Aktif osmotik

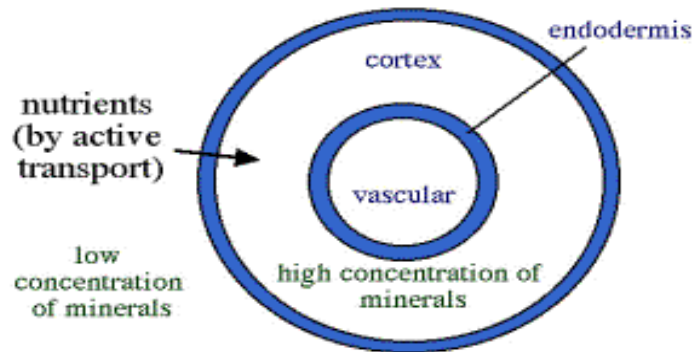


- Osmosis is a special type of diffusion
- Movement of water across a **semipermeable membrane** from a region of high concentration to a region of low concentration
- Dissolved molecules (ions, organic compounds, etc.) are called **solutes**
- Most solutes cannot cross membranes
- As solute concentration increases, “free” water concentration decreases
- **Hypertonic** - high [solute]
- **Hypotonic** - low [solute]

Aktif non osmotik

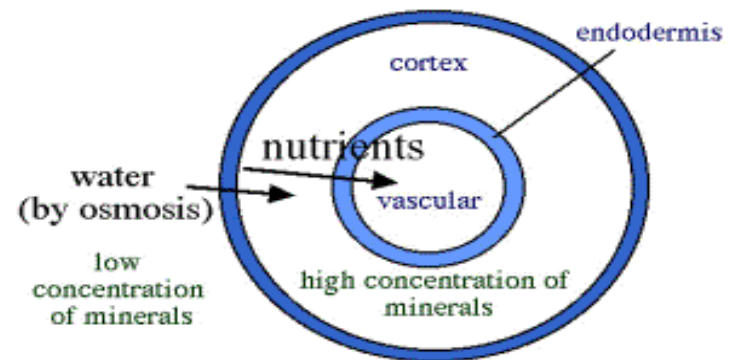
- Mekanisme respirasi sel akar, sebagai sumber tenaga penggerak penyerapan air

How Plants Get Nutrients and Water



1. Mineral ions enter the root by **active transport** which lowers the water potential inside the root.

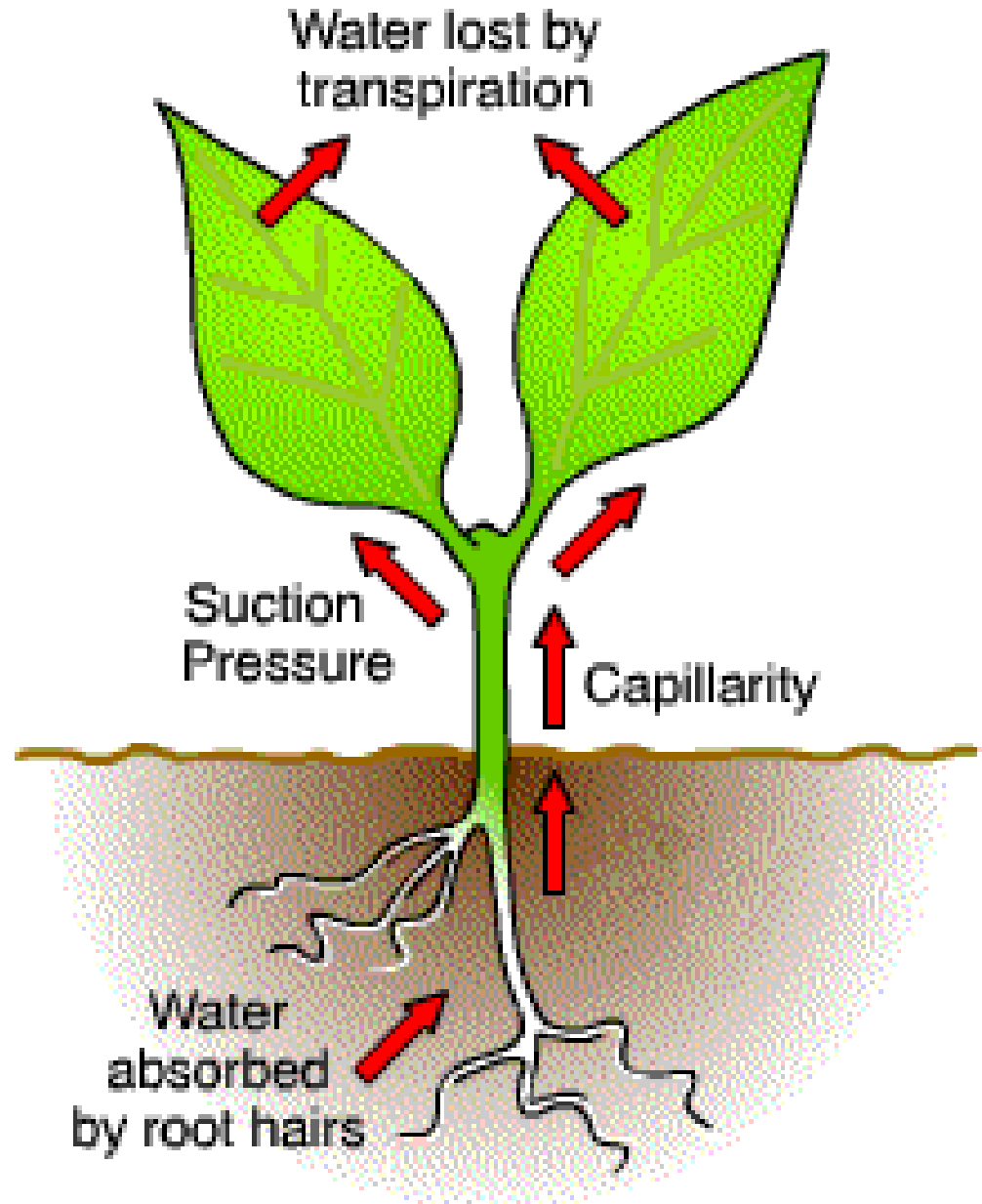
How Plants Get Nutrients and Water



2. Water enters the root by **osmosis**.
3. Water and minerals pass into the xylem and enter the **transpiration stream**.

Penyerapan pasif

- Tenaga penggerakanya: tarika transpirasi daun

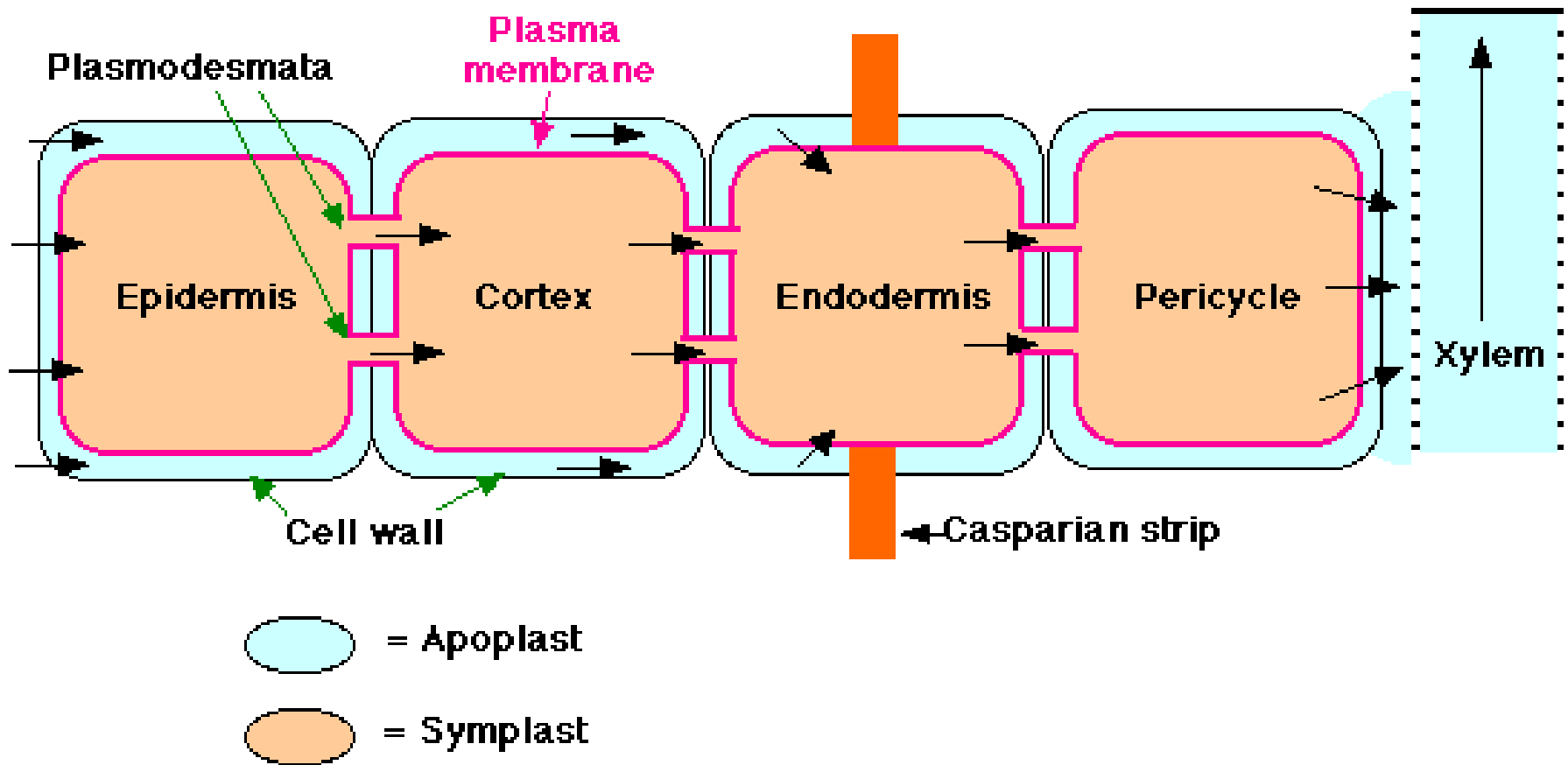


Perbandingan peranan

- Penyerapan secara pasif lebih penting dibanding aktif, alasannya: penyerapan aktif mempunyai banyak kelemahan yaitu
 1. Pada beberapa jenis tanaman (gymnospermae) tekanan akar yang merupakan pendukung penyerapan aktif tidak terjadi
 2. Tekanan akar juga tidak terjadi pada tanaman yang transpirasinya berlangsung cepat
 3. Air eksudasi yang keluar dari ujung batang yang dipotong tajuknya (murni hasil penyerapan aktif) hanya 5% dari total transpirasi
 4. Tanaman yang utuh menyerap air lebih banyak daripada yang dipotong tajuknya
 5. Tumbuhan hidrofita yang tubuhnya tenggelam, menyerap air dari seluruh tubuhnya

Jalur penyerapan air

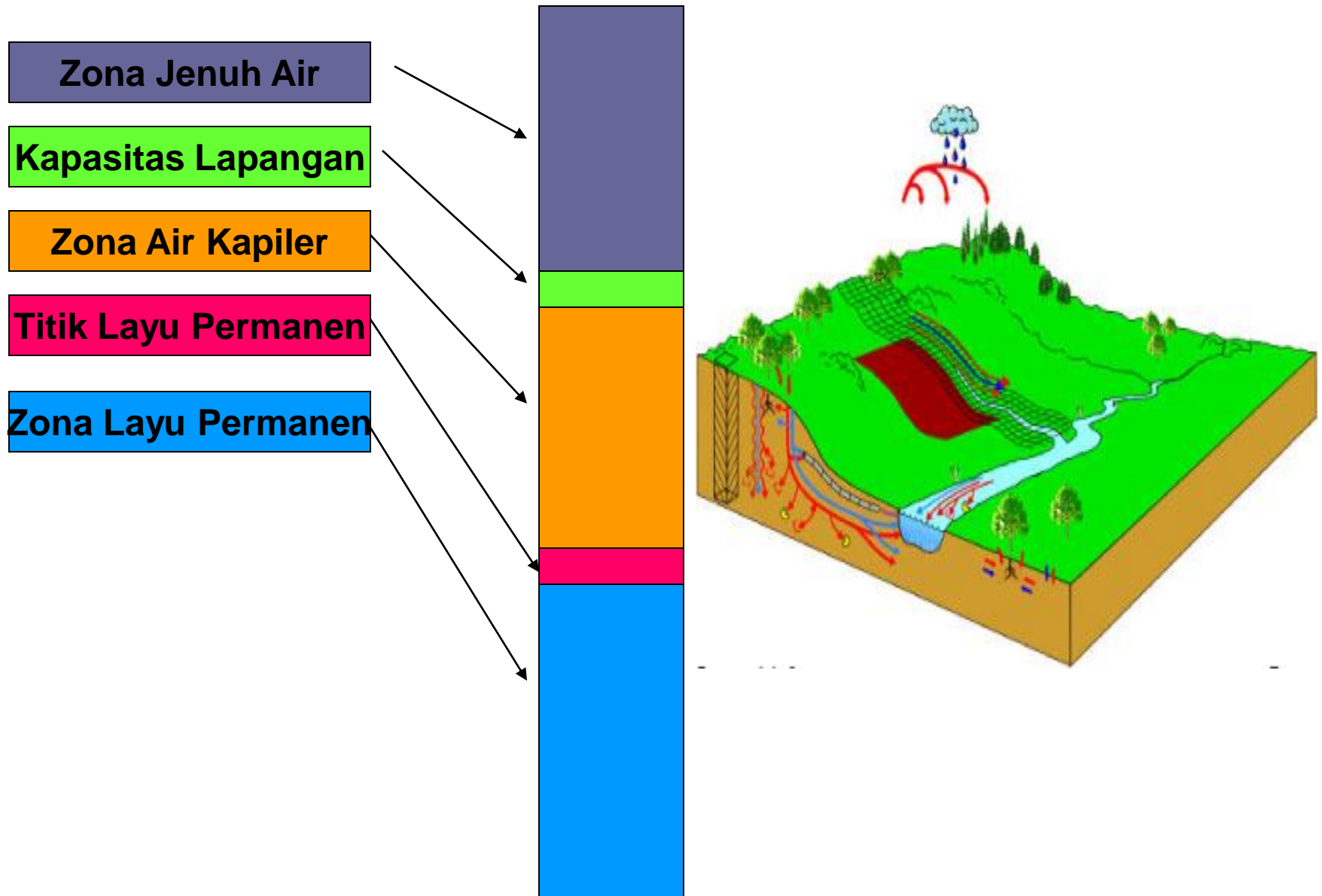
Larutan tanah - sel-sel epidermis akar (rambut akar) – korteks – endodermis – xylem akar



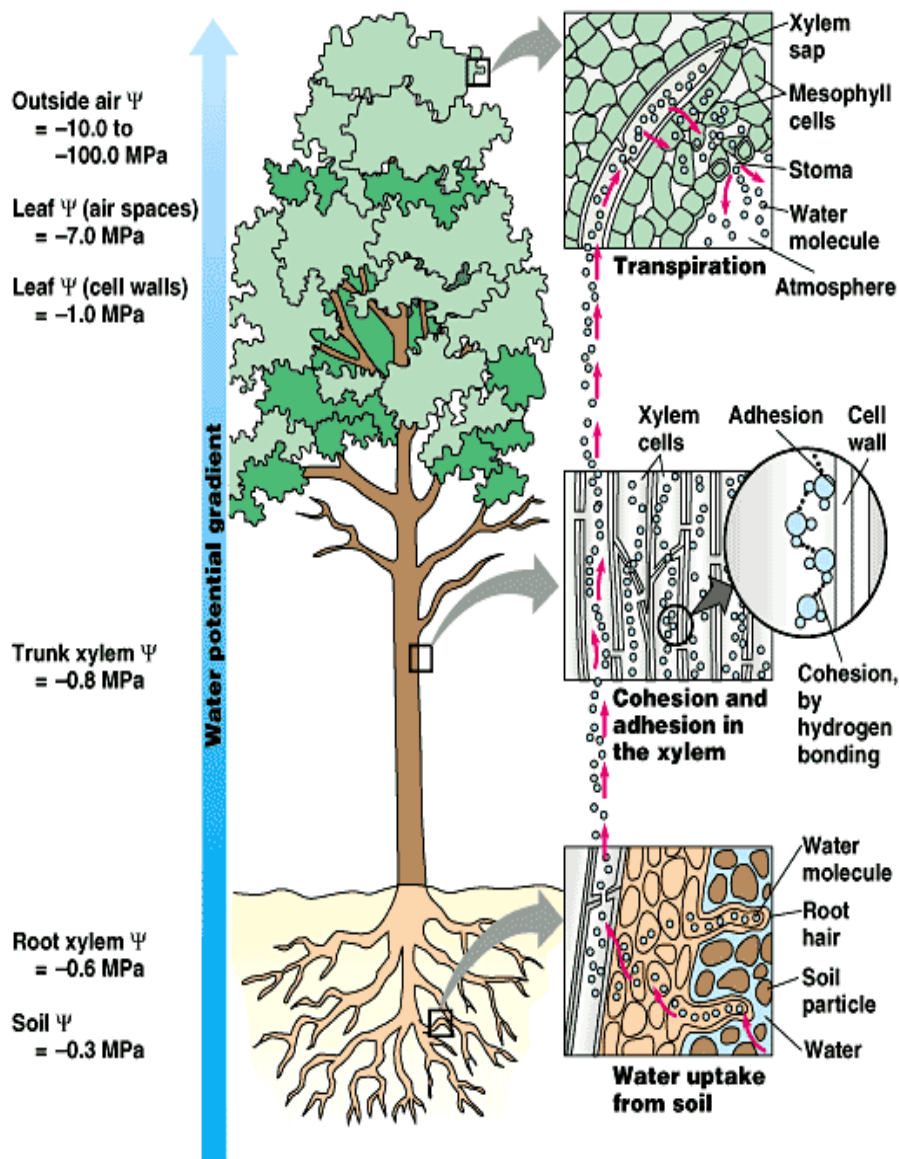
Faktor yang mempengaruhi penyerapan

- Faktor lingkungan: ketersediaan air, aerasi, konsentrasi larutan tanah, suhu
- Faktor tanaman: laju transpirasi tanaman, sistem perakaran, metabolisme

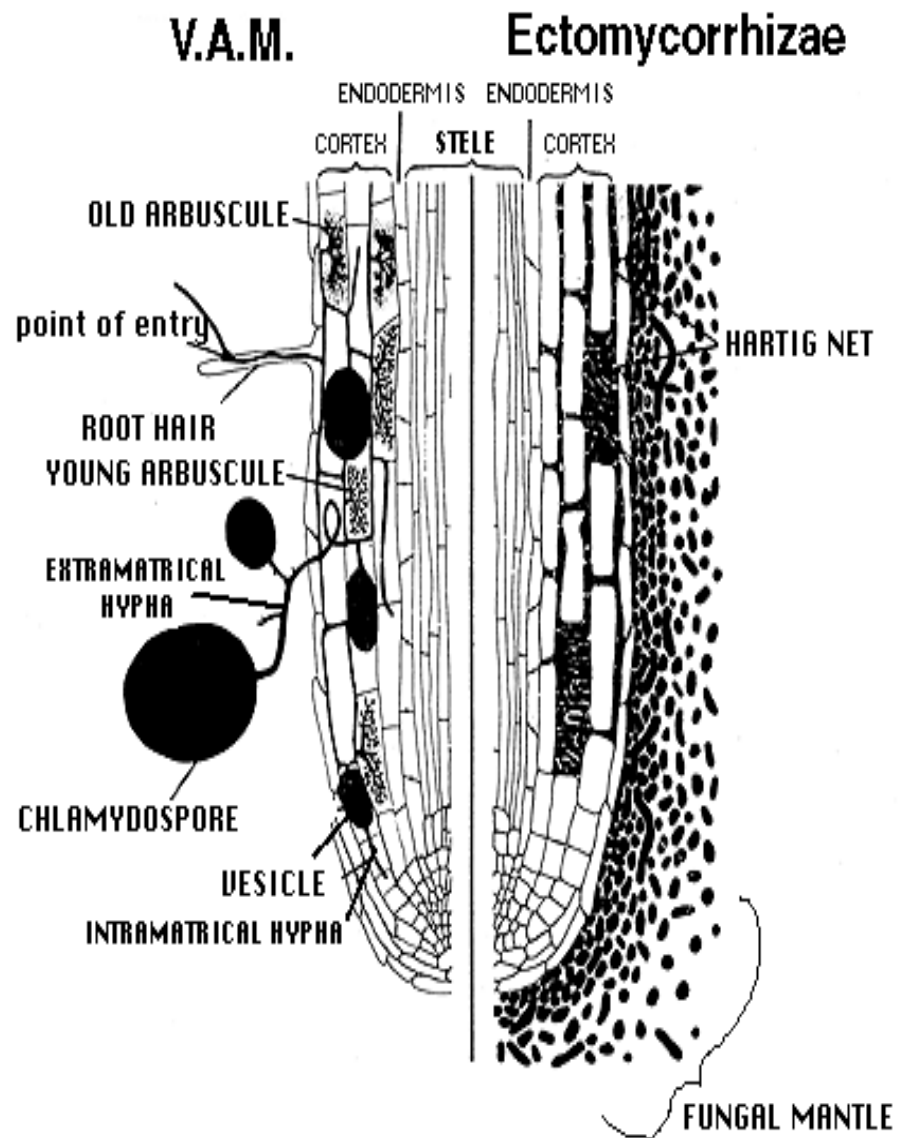
Faktor lingkungan (kandungan air tanah)



faktor tanaman



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



DIAGRAMMATIC REPRESENTATION OF THE TWO TYPES OF MYCORRHIZAE

Pengangkutan air

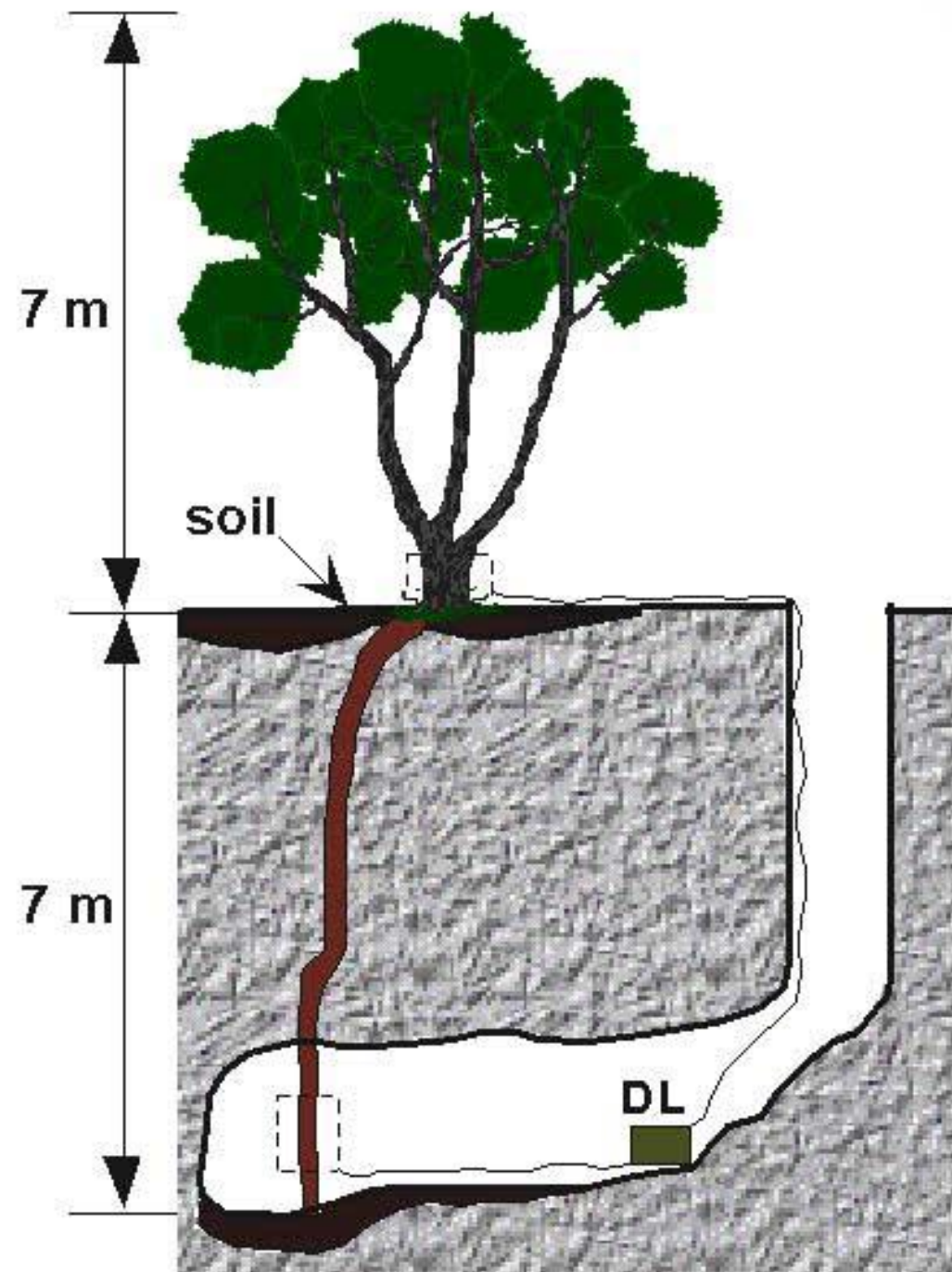
- Suatu proses pergerakan air melewati pembuluh xilem dari sistem perakaran ke bagian tajuk tanaman, khususnya daun
- Ada beberapa teori yang dikenal: teori vital, teori tekanan akar, dan teori kekuatan fisika.
- Teori kekuatan fisika: teori tarikan transpirasi, tekanan kohesi, teori kapiler, teori tekanan atmosfer

Teori vital

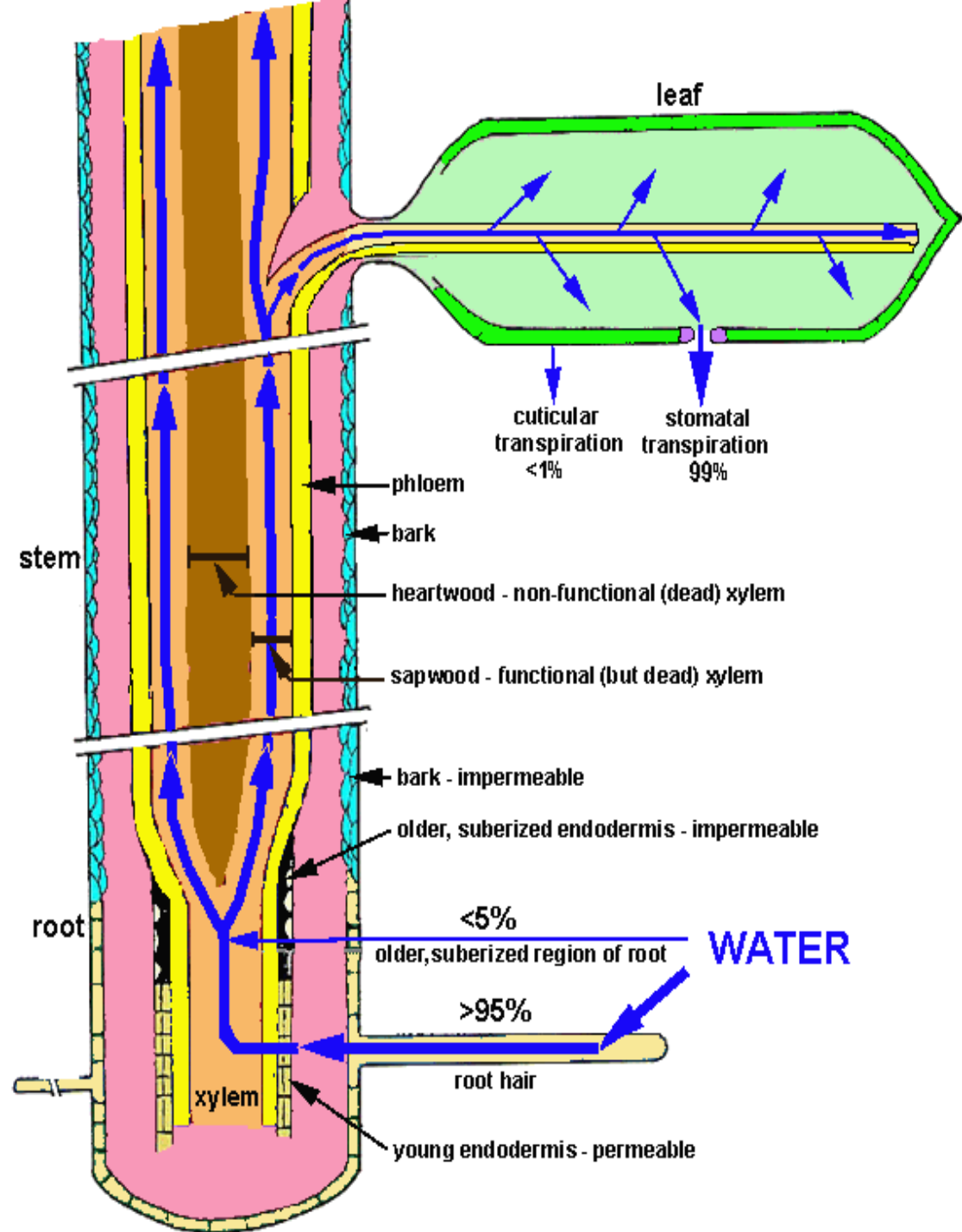
- Air dapat diangkut ke daun karena adanya pompa yang menghisap dan mendorong air naik ke daun
- Teori ini dibantah, dan tidak berlaku lagi

Teori tekanan akar

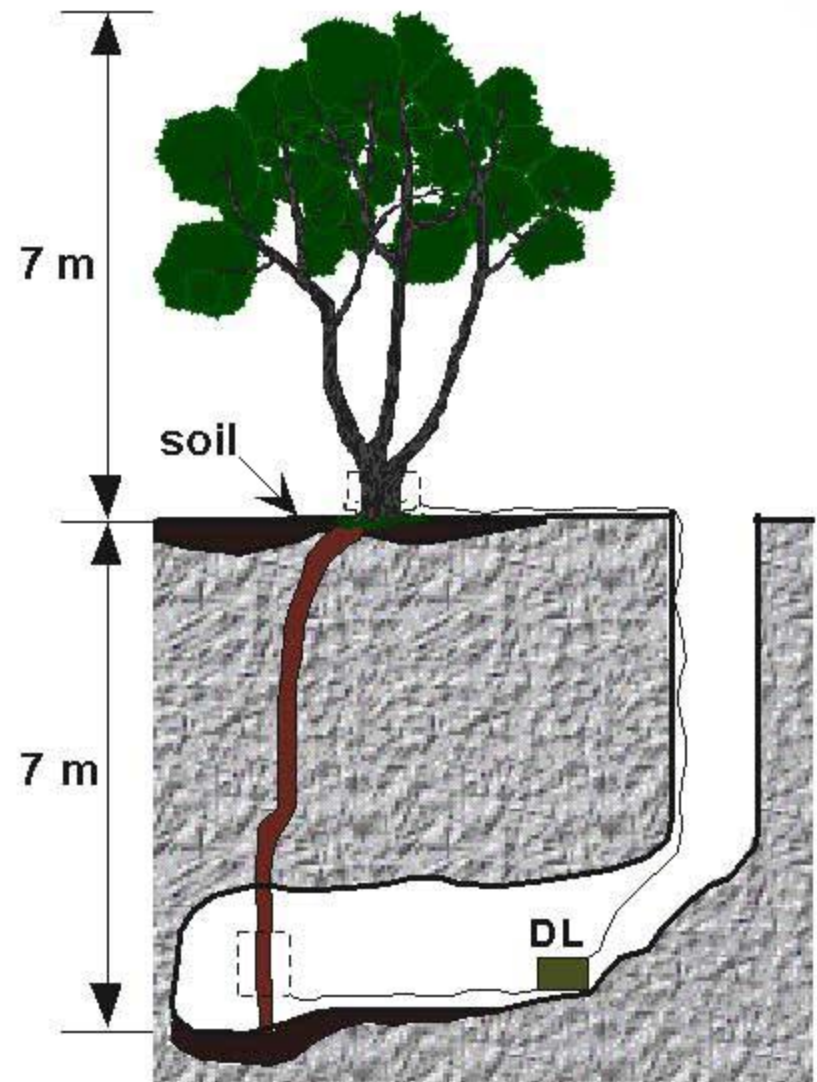
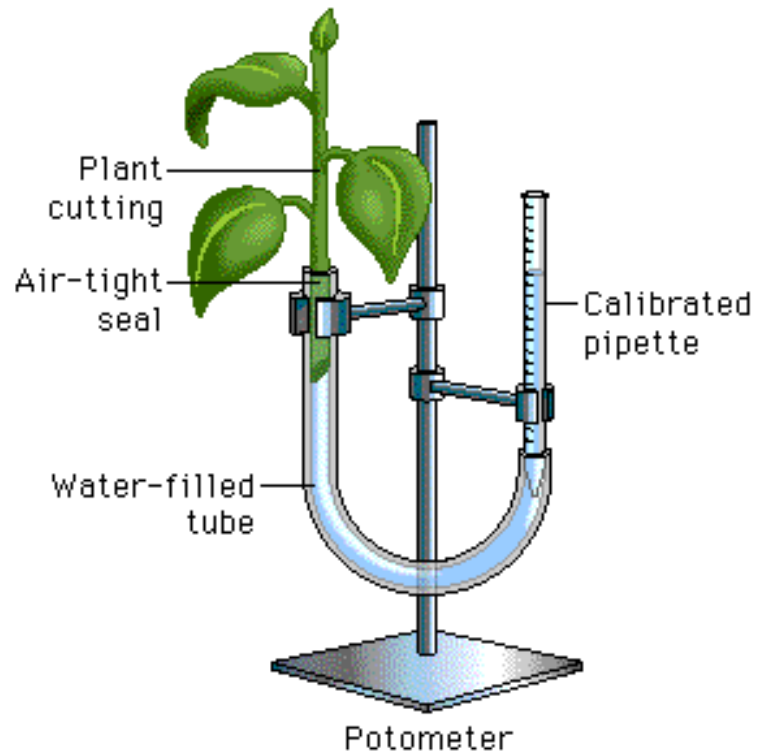
- Air dari akar dapat diangkut ke daun karena adanya tekanan dari akar
- Tekanan akar maksimum 2 atm, hanya mampu menaikkan air sampai ketinggian 21 m
- Bagaimana dengan tanaman yang tingginya > 21 m ???



Teori kekuatan fisika (transpirasi dan kohesi)

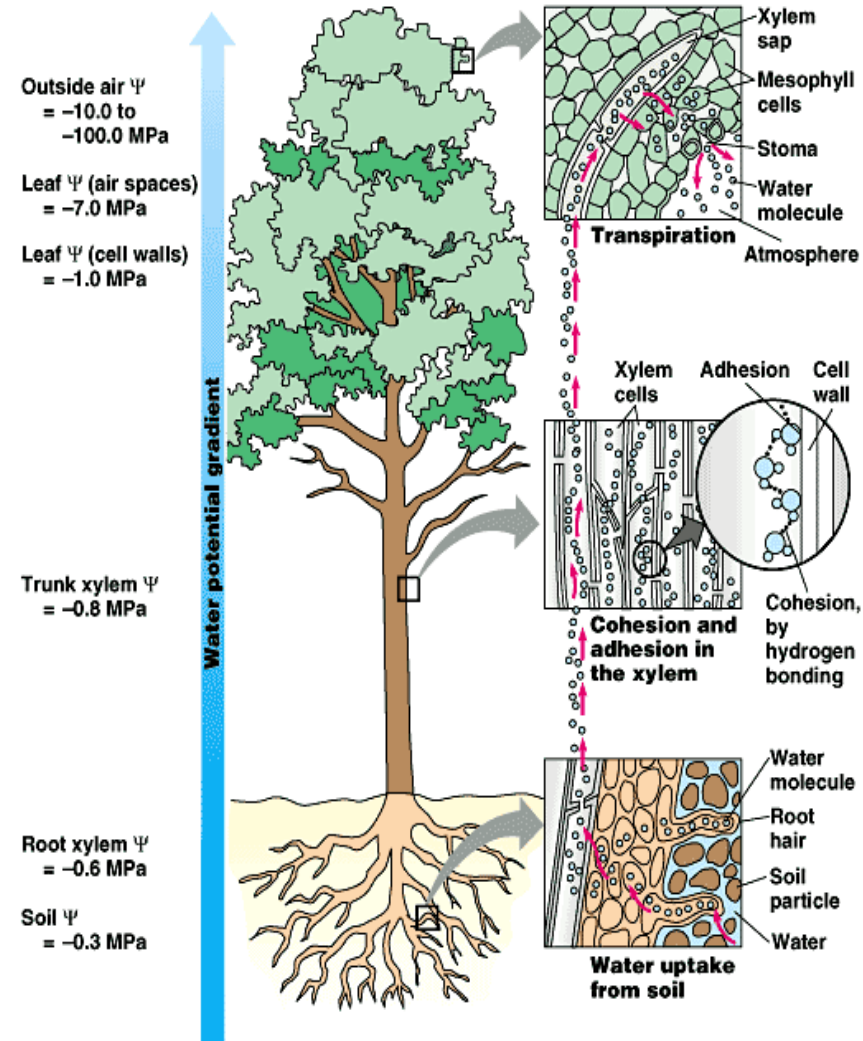


TRANSPIRASI



Definisi

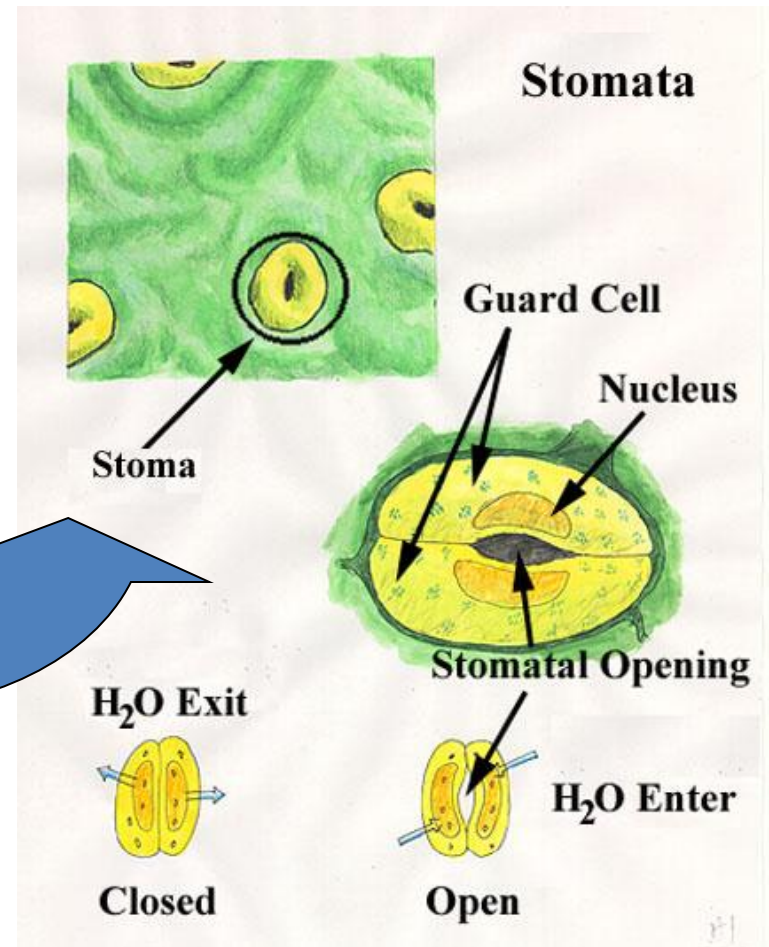
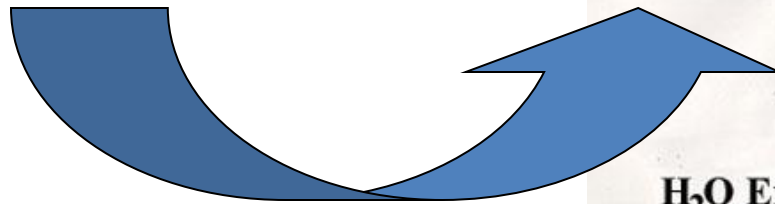
- Proses hilangnya air dalam bentuk uap air dari jaringan hidup tanaman yang terletak di atas permukaan tanah melewati stomata, lubang kutikula, dan lentisel
- 80% air yang ditranspirasikan berjalan melewati lubang stomata, paling besar peranannya dalam transpirasi



Perbedaan Transpirasi dengan evaporasi

Transpirasi	Evaporasi
<ol style="list-style-type: none">1. proses fisiologis atau fisika yang termodifikasi2. diatur bukaan stomata3. diatur beberapa macam tekanan4. terjadi di jaringan hidup5. permukaan sel basah	<ol style="list-style-type: none">1. proses fisika murni2. tidak diatur bukaan stomata3. tidak diatur oleh tekanan4. tidak terbatas pada jaringan hidup5. permukaan yang menjalankannya menjadi kering

Lubang stomata yang mengatur laju transpirasi

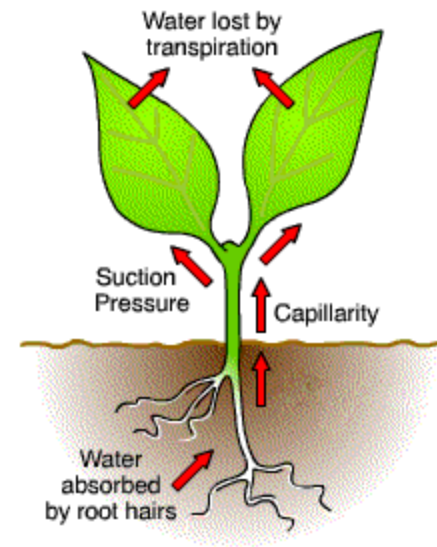


Perbedaan Transpirasi dengan gutasi

Transpirasi	Gutasi
<ol style="list-style-type: none">1. terjadi pada siang hari2. air yang hilang berbentuk uap air3. yang dilepaskan uap air murni4. terjadi melewati stomata, lubang kutikula, dan lenti sel5. terkendali oleh bukaan stomata6. menurunkan suhu permukaan tanaman	<ol style="list-style-type: none">1. pada malam hari2. air yang keluar berbentuk cair3. cairan mengandung solute, seperti gula dan garam4. melewati hidatoda5. tidak terkendali6. tidak menurunkan suhu permukaan

Besarnya air yang tertranspirasi

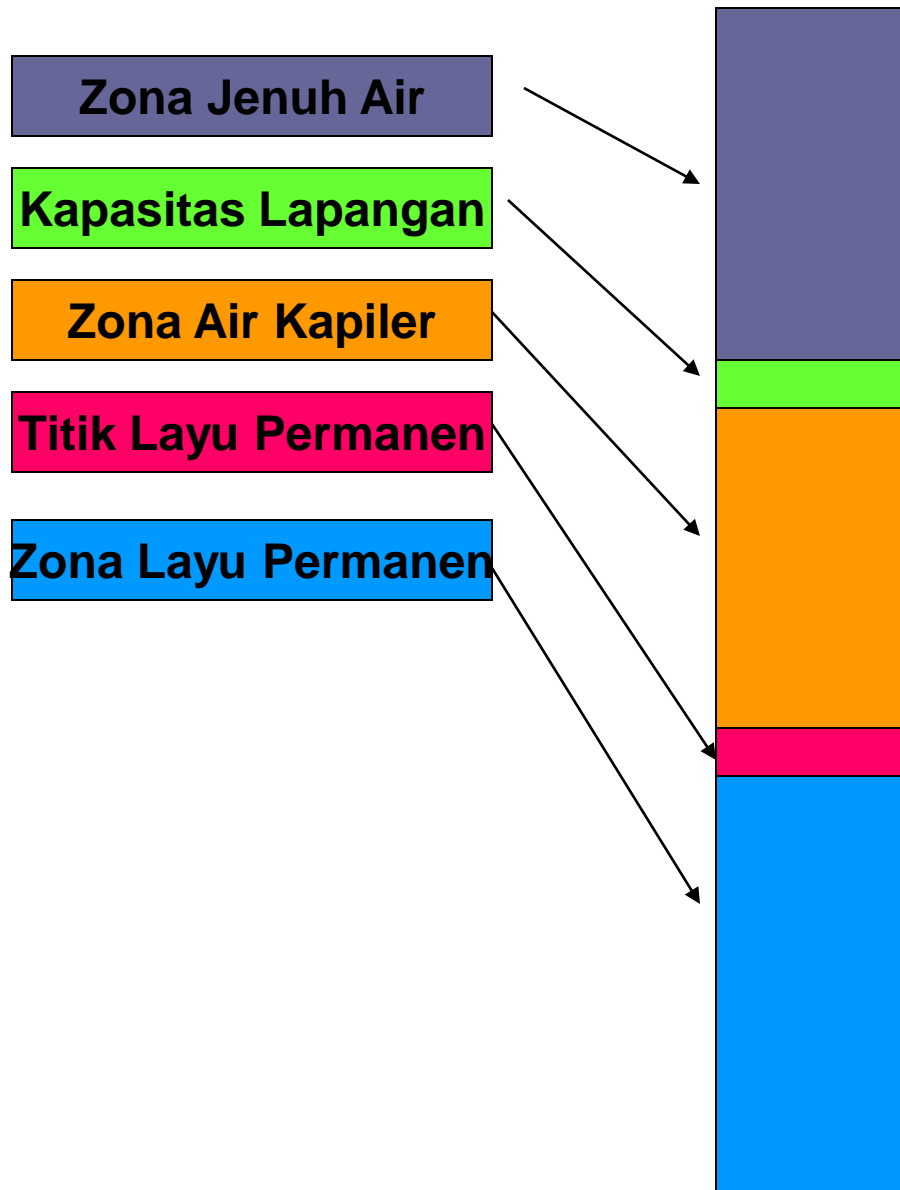
- Sebagian besar air yang diserap tanaman ditranspirasikan
- Misal: tanaman jagung, dari 100% air yang diserap: 0,09% untuk menyusun tubuh, 0,01% untuk pereaksi, 98,9% untuk ditranspirasikan



Dampak negatif transpirasi

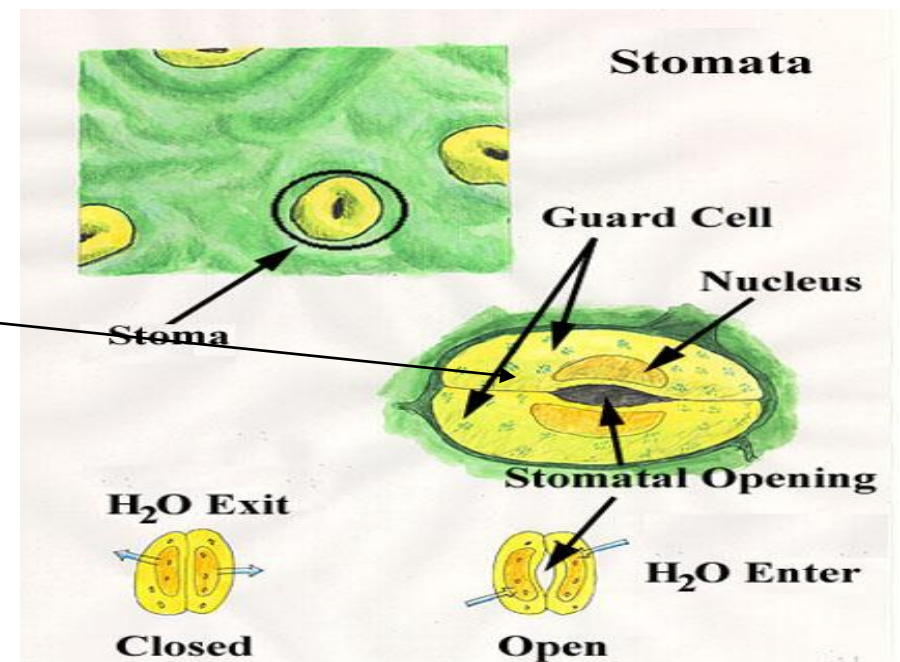
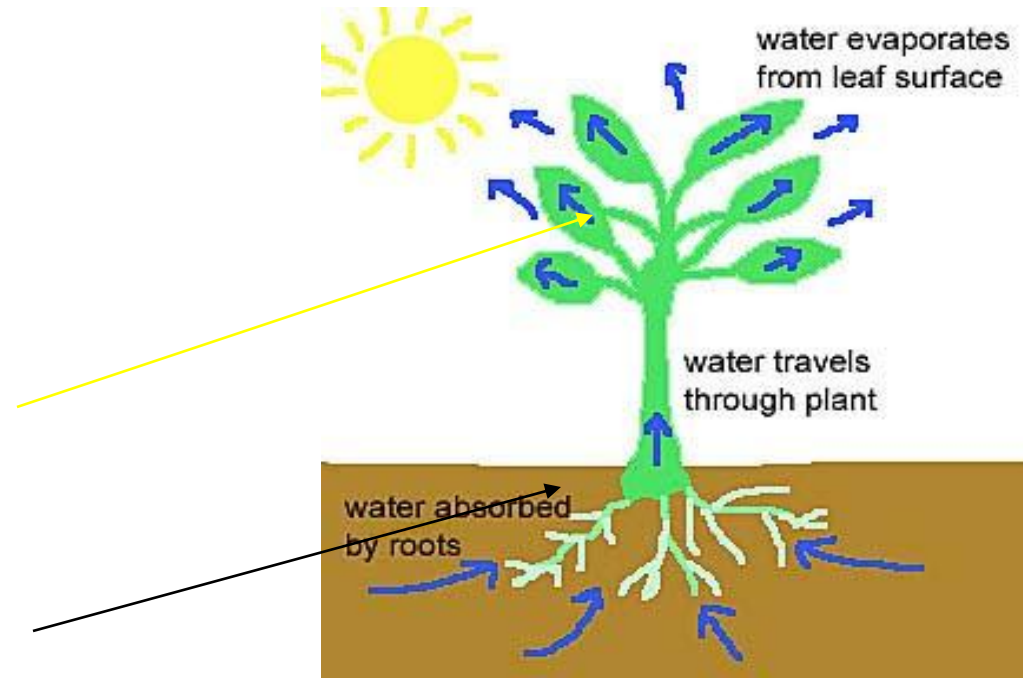
- Transpirasi dapat membahayakan tanaman jika lengas tanah terbatas, penyerapan air tidak mampu mengimbangi laju transpirasi, Ψ_w sel turun, Ψ_p menurun, tanaman layu, layu permanent, mati, hasil tanaman menurun
- Sering terjadi di daerah kering, perlu irigasi, meningkatkan lengas tanah, pada kisaran layu tetap – kapasitas lapangan

Kondisi air tanah

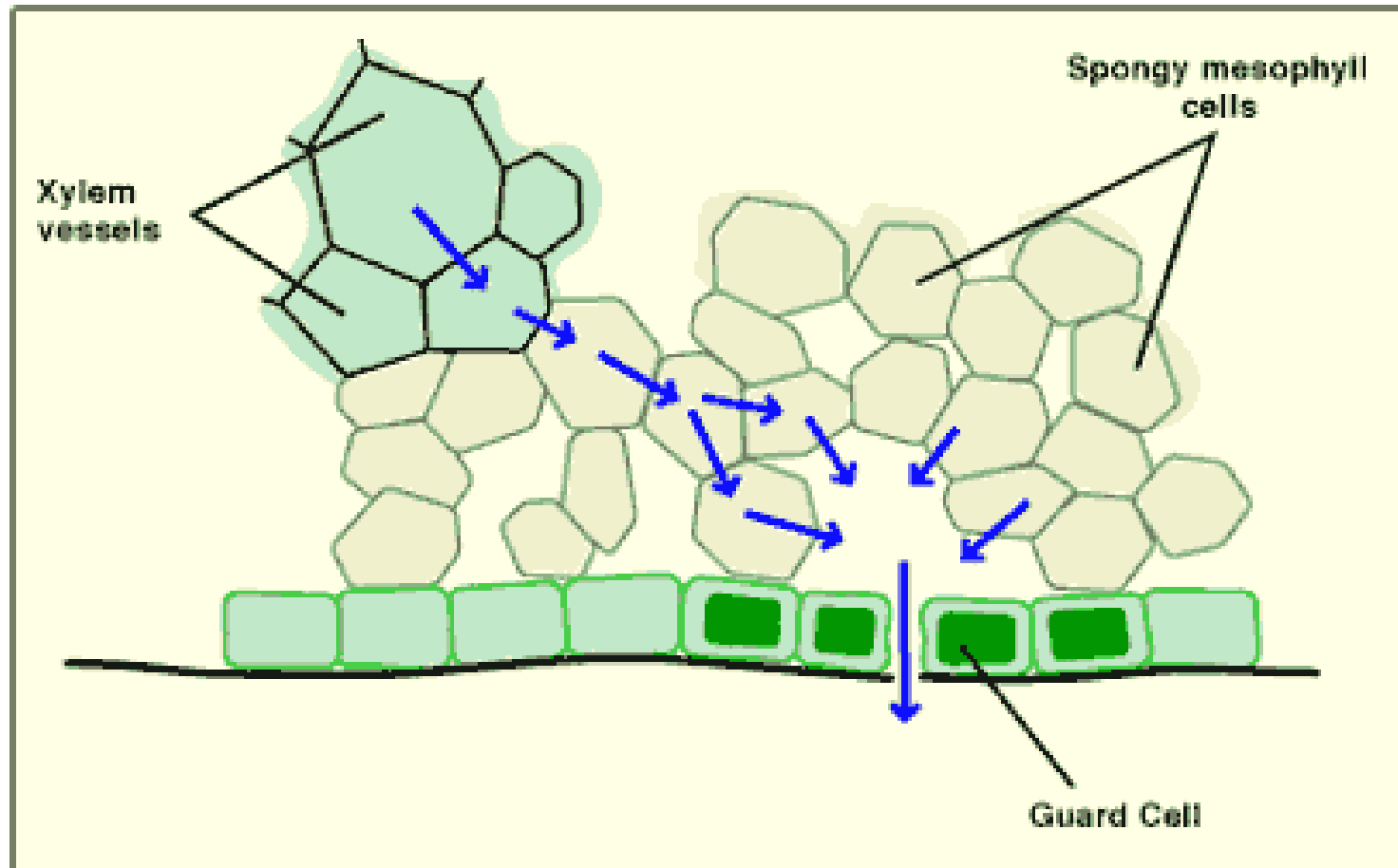


Peranan transpirasi

- Pengangkutan air ke daun dan difusi air antar sel
- Penyerapan dan pengangkutan air, hara
- Pengangkutan asimilat
- Membuang kelebihan air
- Pengaturan bukaan stomata
- Mempertahankan suhu daun



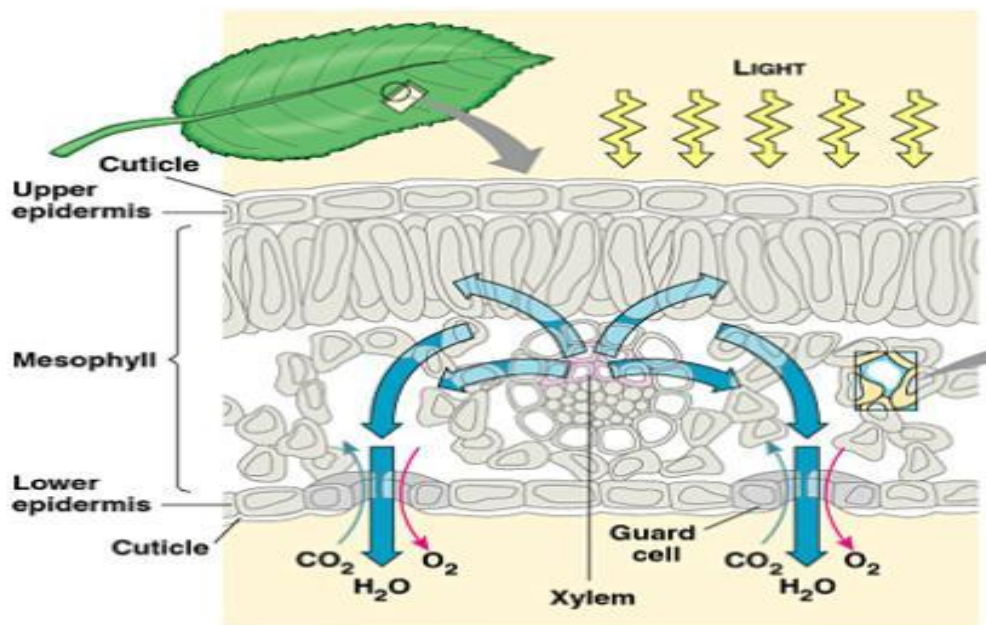
Mekanisme transpirasi



Macam transpirasi

- Stomater : 80-90% total transpirasi
- Kutikuler: 20% total transpirasi
- Lentikuler : 0,1% total transpirasi

Transpiration – Evaporation of Water from Leaf Surfaces



Water from xylem enters air spaces of the leaf and also diffuses into mesophyll cells.

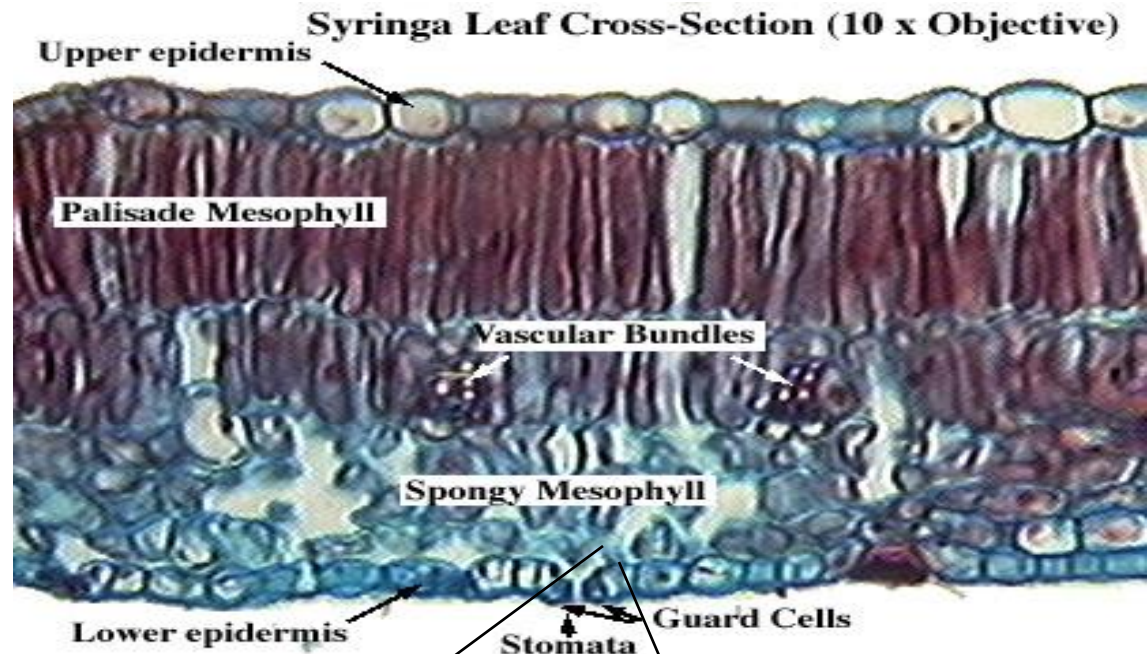
Water exits the leaf by **diffusion** mainly through **stomata**, which open and close in response to environmental and internal signals.

A small amount of water (<5%) can also diffuse through the epidermis.

Transpiration cools the leaf due to evaporative cooling.

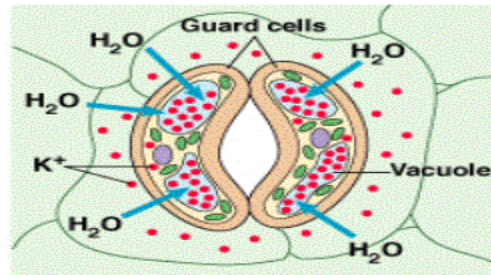
Mekanisme bukaan stomata

- Teori perubahan pati menjadi gula
- Teori pengangkutan proton, K^+
- Bukaan stomata pada tanaman sukulen

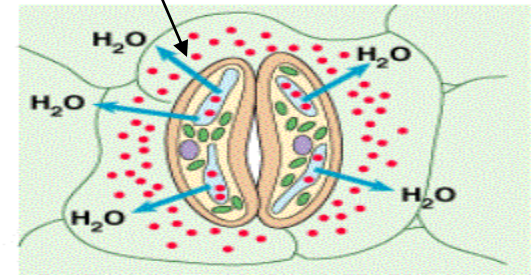


Control of Stomatal Opening and Closing

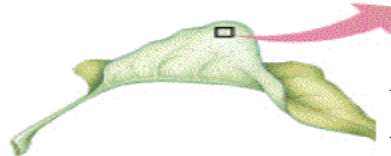
Guard cells take up potassium ions (K^+) by **active transport** (which requires ATP). This causes water to enter the cell by **osmosis**.



Stoma opening



Stoma closing



Guard cell walls are unevenly thickened and have **radially oriented cellulose microfibrils**. This causes the cells to bow as they become turgid. The stomate opens.

When K^+ ions are pumped out of the cell, water follows by osmosis and the stomate closes.

Teori perubahan pati menjadi gula

- Siang hari terjadi fotosintesis, CO₂ diserap, kandungannya dalam ruang antar sel menurun, pH naik (7), pati dalam sel penjaga terhidrolisis menjadi gula, Ψ_s sel penjaga turun, Ψ_w turun, endoosmosis di sel penjaga, Ψ_p naik, dinding sel penjaga tertekan ke arah luar, stomata terbuka

Teori pengangkutan proton (K^+)

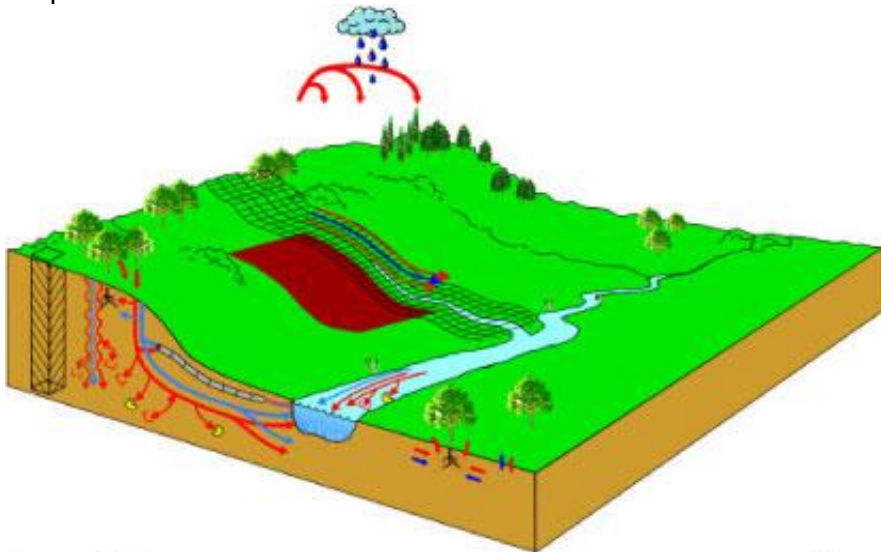
- Pada siang hari, saat fotosintesis di sel penjaga terbentuk zat antara fotosintesis yaitu asam malat, kemudian dipecah menjadi H^+ dan ion malat, H^+ keluar dari sel penjaga, kedudukannya digantikan K^+ , terjadi ikatan K^+ dg ion malat membentuk kalium malat, $Kmalat$ masuk ke vakuola sel penjaga dan menurunkan Ψ_s nya. Terjadi endoosmosis ke dalam sel penjaga, Ψ_p sel penjaga naik, turgor, dinding sel dari sel penjaga tertekan ke arah luar, stomata membuka

Bukaan stomata pada tanaman CAM

- Tanaman CAM membuka stomatanya malam hari, pada malam hari terjadi respirasi tidak sempurna dan KH diubah menjadi asam malat, dari respirasi tersebut CO₂ tidak dilepaskan, tetap diikat, pH tetap tinggi (7), pati dalam sel penjaga dihidrolisis menjadi gula, Ψ_s nya menurun, terjadi endoosmosis, Ψ_p sel penjaga naik, turgor, dinding sel penjaga tertekan ke arah luar, stomata membuka

Faktor yang mempengaruhi laju transpirasi

Faktor lingkungan	Faktor tanaman
<ol style="list-style-type: none">1. kelembaban udara2. suhu3. kecepatan angin4. cahaya5. tekanan udara6. ketersediaan air tanah7. debu	<ol style="list-style-type: none">1. stomata: jumlah per satuan luas, letak stomata (permukaan bawah atau atas daun, timbul/tenggelam), waktu bukaan stomata2. daun: berbulu/tidak, warna daun(kandungan klorofil daun), posisinya menghadap matahari secara langsung atau tidak



Antitranspiran

- Senyawa kimia yang diberikan ke pada tanaman dengan tujuan untuk menurunkan laju transpirasi
- Mekanisme kerja: melalui penutupan lubang stomata oleh partikel tertentu maupun dengan mendorong berlangsungnya mekanisme fisiologis yang menyebabkan stomata menutup
- Harganya sangat mahal dan belum ada yang efektif untuk menurunkan laju transpirasi