

PENYERAPAN ZAT & TRANSPORTASI PADA TUMBUHAN¹

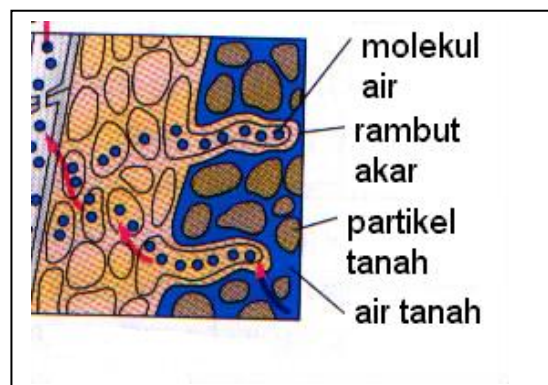
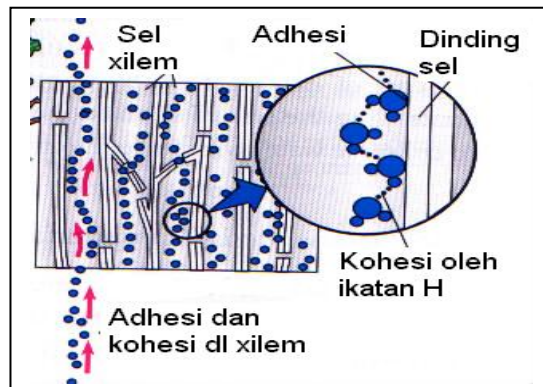
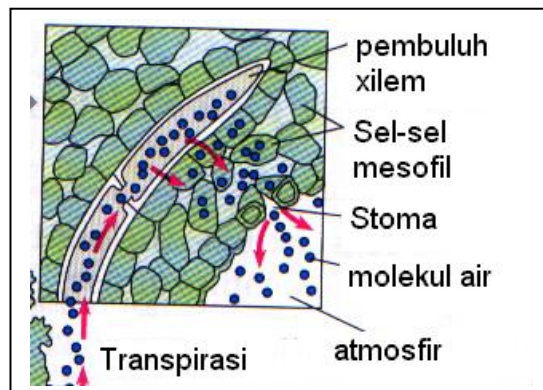
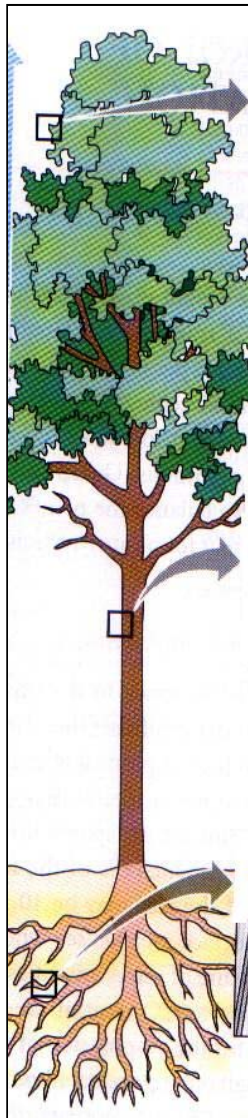
Oleh : Drs. Suyitno Al. MS.²

KOMPETENSI DASAR

1. Memahami proses penyerapan zat pada tumbuhan
2. Memahami proses pengangkutan pada tumbuhan

PENGANTAR

Untuk hidup, tumbuhan membutuhkan air, gas-gas serta zat-zat hara yang diambil dari lingkungannya. Tumbuhan memiliki akar, batang dan daun dengan fungsinya masing-masing. Organ manakah yang berperan dalam penyerapan zat-zat tersebut ?



¹ Materi disampaikan pada kegiatan pendalaman materi siswi-siswi SMAN 5, Yogyakarta, 06-02-2006 di SMAN 5 Yogyakarta.

² Staf Pengajar di Jurdik Biologi – FMPIA UNY.

Pada umumnya, air dan zat-zat hara tanah diserap melalui akar. Sebagian zat yang lain terutama gas O₂ dan CO₂, diserap melalui daun. Selanjutnya, zat-zat tersebut akan dibawa ke daun karena daun merupakan pusat aktivitas penyusunan zat-zat yang dibutuhkan tumbuhan. Bagaimanakah penyerapan dan pengangkutan zat tersebut terjadi ? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, kita perlu memahami bagaimana susunan sel-sel jaringan akar dan daun sebagai organ penyerapan zat.

1. Penyerapan Zat

a. Alat penyerapan



Gb. Rambut akar kecambah

Pada tumbuhan darat, sebagian besar air dan zat hara diserap dari tanah melalui akarnya. Zat yang lain seperti O₂ dan CO₂ banyak diserap melalui daun, terutama melalui mulut-mulut daun (stomata). Dapatkah air dan zat-zat hara diserap melalui daun ? Jawabnya adalah “dapat”!. Buktinya, tanaman dapat dipupuk lewat daun dengan menggunakan pupuk daun. Pada daun terdapat celah-celah atau pori yang dapat menjadi pintu masuknya zat-zat, sekaligus merupakan pintu pelepasan zat-zat. Dengan demikian, daun merupakan alat pertukaran zat.

Untuk memahami bagaimana zat-zat diserap melalui akar dan daun, coba perhatikan susunan jaringan akar dan daun berikut ini.

Coba perhatikan gambar akar di atas. Pada daerah dekat ujung akar terdapat rambut-rambut akar. Rambut akar terbentuk dari sel-sel epidermis akar yang memanjang ke arah luar. Sel yang memanjang ini akan memperluas bidang penyerapan sehingga lebih banyak zat akan terserap. Bagaimana penyerapan zat tersebut terjadi ?

b. Cara Penyerapan Zat

Cukup sulit untuk memahami bagaimana zat-zat diserap oleh tumbuhan. Pada hewan dan manusia, cara penyerapan terjadi dengan sangat nyata, sedangkan pada tumbuhan tidak demikian. Dengan mudah kita menyerap minuman dari botol dengan sedotan, atau menghisap udara dengan alat pernafasan kita. Menyerap zat berarti menggerakkan zat dari luar tubuh masuk ke dalam tubuh. Untuk proses itu dibutuhkan tenaga. Bagaimana akar tumbuhan menyerap air dan zat-zat hara dari tanah ? Terdapat tiga cara zat dibawa atau diserap tanaman, yaitu :

- 1) **Difusi sederhana.** Khusus untuk difusi air lewat membran disebut **osmosis**
- 2) **Difusi dengan fasilitasi,**
- 3) **Transpor aktif.**

1) Peristiwa Difusi zat

Tumbuhan tidak dapat membangkitkan tenaga hisap untuk menyerap air masuk ke jaringan akar. Tumbuhan juga tidak memiliki kemampuan memilih zat yang diserap. Berbagai zat yang larut dalam air tanah dan dapat menembus dinding dan membran sel rambut akar akan dapat terserap, bahkan zat-zat racun sekalipun. Misal, zat-zat insektisida, logam berat dan obat-obat kimia lainnya. Karena itu kita lebih

baik tidak mengkonsumsi sayuran yang terkena limbah industri.

Penyerapan zat pada tumbuhan bersifat **pasif** dan **aktif**. Pada penyerapan pasif, masuknya air ke dalam air digerakkan oleh banyak faktor, meliputi

- 1) **Beda suhu**. Setiap zat cenderung dalam keadaan bergerak. Tenaga gerak semakin besar pada suhu yang semakin tinggi, sehingga gerak zat akan semakin cepat. Coba perhatikan saat kita memanaskan air. Molekul air akan bergerak semakin cepat bila akan semakin panas. Adanya gerakan zat ini dapat menjadi salah satu pendorong masuknya zat ke dalam akar.
- 2) **Beda konsentrasi**. Bila kita membuka botol minyak wangi, apa yang terjadi? Bau minyak wangi akan segera menyebar ke luar, bukan? Hal ini terjadi karena konsentrasi zat minyak wangi dalam botol sangat tinggi, sebaliknya keadaan di luar botol. Adanya perbedaan konsentrasi zat antara botol dan diluar botol, mendorong zat minyak wangi menyebar ke luar. Dengan kata lain, perbedaan konsentrasi zat membangkitkan tenaga gerak suatu zat.
- 3) **Beda tekanan**. Pergerakan zat juga terjadi karena adanya beda tekanan antara dua daerah. Misalnya, antara daerah di sekitar akar (rizhosfir) dengan keadaan di dalam sel / jaringan.
- 4) **Zat-zat adsorptif** (permukaannya mudah mengikat zat). Adanya daya ikat permukaan partikel zat menyebabkan gerak zat dihambat.

Secara umum, gerak zat menyebar dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi yang lebih rendah, atau dari daerah bertekanan tinggi ke daerah yang tekanannya lebih rendah, disebut **difusi**.

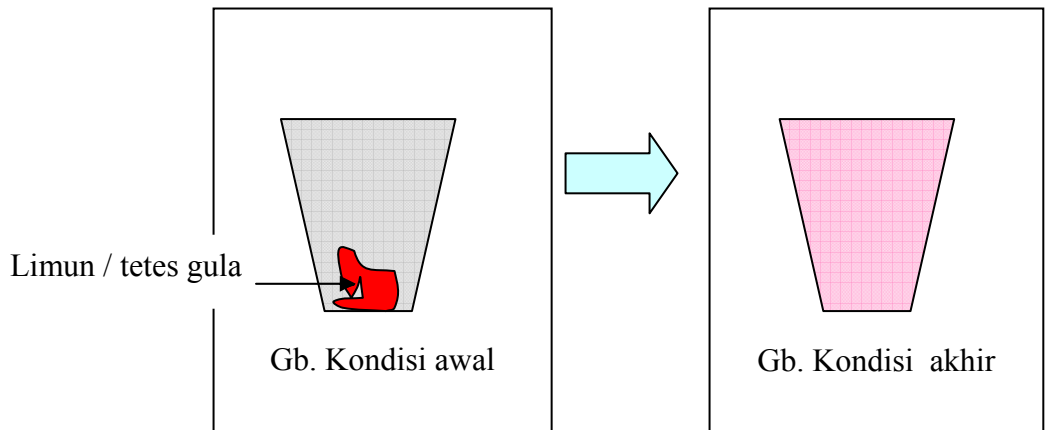
Suatu zat juga akan bergerak menyebar karena terjadinya perbedaan tekanan atau suhu. Bagaimana terjadinya angin? Angin merupakan udara yang bergerak. Udara bergerak dari daerah bertekanan kuat ke daerah bertekanan lemah, dari daerah dingin ke daerah yang lebih panas.

Zat juga akan bergerak menyebar dari daerah berkonsentrasi lebih besar (lebih pekat) ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah. Jadi, pada dasarnya setiap zat akan bergerak bila terjadi perbedaan suhu, tekanan atau konsentrasi.

Pernahkan kamu membuat minuman sirup atau melarutkan gula dalam air? Kita dapat melarutkan gula dengan air dingin atau air panas. Pada air manakah gula akan larut lebih cepat? Bila gerak penyebaran zat gula atau limun lebih cepat maka zat gula akan lebih cepat larut menyebar. Gerak penyebaran zat akan berhenti setelah larutan gula menyebar merata (larutan menjadi homogen).

Agar akar dapat menyerap zat maka air tanah atau larutan tanah harus mencapai daerah rizhosfer. Ada dua faktor penting yang memungkinkan akar memperoleh air dan hara tanah, yaitu :

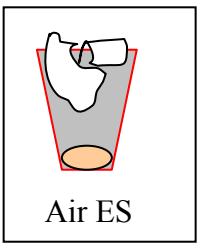
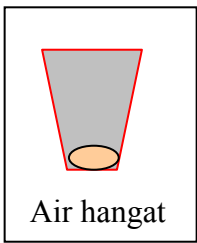
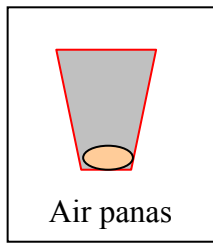
- (1) intersepsi akar atau adanya kontak dengan akar
- (2) Adanya aliran massa (mass flow) dalam tanah, yaitu aliran air (zat) yang terjadi melalui prinsip difusi.



Gb. Difusi tetes gula pada segelas air

TUGAS :

Topik : Apakah suhu mempengaruhi kecepatan difusi ?
 Tujuan : Mengamati pengaruh suhu pada kecepatan difusi

Alat dan Bahan	:	
	Alat : Gelas, termometer, Bahan : Air biasa, air dingin (air es), air panas, nampan plastik, limun atau tetes gula (berwarna) pipet ukur	
Cara Kerja	:	
1. Siapkan tiga (3) buah gelas		
2. Isikan ke dalam gelas 200 ml air : Gelas 1 : 200 ml air dingin (a) Gelas 2 : 200 ml air es (b) Gelas 3 : 200 ml air panas (c)		
3. Menurut dugaanmu (ber-hipotesis), apakah akan terjadi pada pelarutan limun di air es, air hangat dan air panas ?		
4. Masukkan ke dasar gelasnya, 10 ml limun pekat dengan pipet ukur		
		
Air ES	Air hangat	Air panas
4. Amatilah penyebaran limun atau tetes gula dalam pada ketiga gelas tersebut		
5. Catatlah hasil pengamatan dalam buku kerjamu		

2) Osmosis

Difusi terjadi pada semua jenis zat, termasuk gas-gas, ion-ion dan air. Masuknya air dari luar ke jaringan akar juga merupakan peristiwa difusi. Air bergerak dari daerah yang airnya lebih banyak ke daerah yang airnya lebih sedikit. Kandungan air dalam tanah relatif tidak terbatas (potensial air sebesar-besarnya = mendekati 0) daripada air jaringan akar. Adanya perbedaan kadar air ini mendorong air berdifusi masuk ke dalam akar.

Air yang masuk ke dalam akar akan mengisi ruang-ruang antar sel atau masuk ke dalam sel. Air dapat masuk ke dalam sel-sel akar setelah air menembus dinding dan membran sel. Air yang bergerak menembus membran sel inilah yang disebut **osmosis**. Dengan kata lain, osmosis adalah difusi air menembus membran sel.

Daun layu terjadi karena sel-sel jaringan kehilangan air. Apakah keluarnya air dari sel juga merupakan peristiwa osmosis ?

Faktor – Faktor Berpengaruh

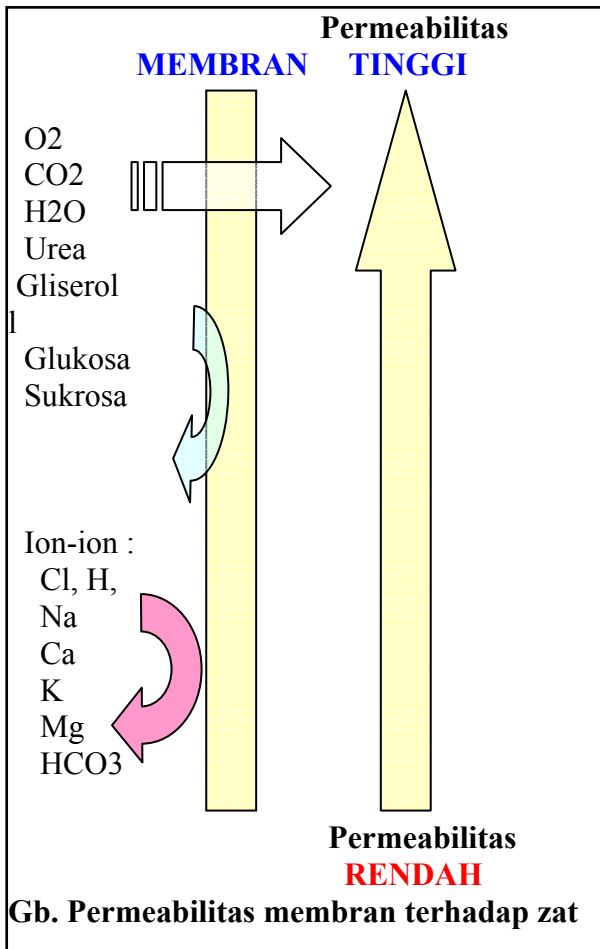
Terdapat dua (2) faktor penting yang menentukan transpor zat melewati membran, terkait dengan keluar masuknya zat dari dan ke sel. Kedua faktor adalah :

- a. Faktor perbedaan (gradien) kondisi fisik luar dengan dalam sel (jaringan). (Perbedaan sistem di luar dan di dalam sel). Perbedaan yang menjadi sumber tenaga penggerak (energi kinetik) zat, yaitu meliputi :
 - 1) gradien kandungan air (beda potensial air)
 - 2) gradien suhu
 - 3) gradien kelembaban
 - 4) gradien tekanan
 - 5) gradien konsentrasi zat yang terlarut dalam air
- b. Permeabilitas membran terhadap zat-zat.

Zat-zat yang keluar masuk dari dan ke sel akar atau daun dapat berupa :

- 1) Gas-gas : Uap H₂O, O₂, CO₂, H₂S, N₂, dst
- 2) Air
- 3) Ion-ion, yaitu kation (ion positif) dan anion (ion negatif)

Tumbuhan menyerap ke tiga bentuk zat tersebut. Karena sifat ketiganya berbeda, maka permeabilitas membran terhadap zat-zat tersebut juga berbeda. Karena itu cara penyerapannya berbeda.



Cara penyerapan zat :

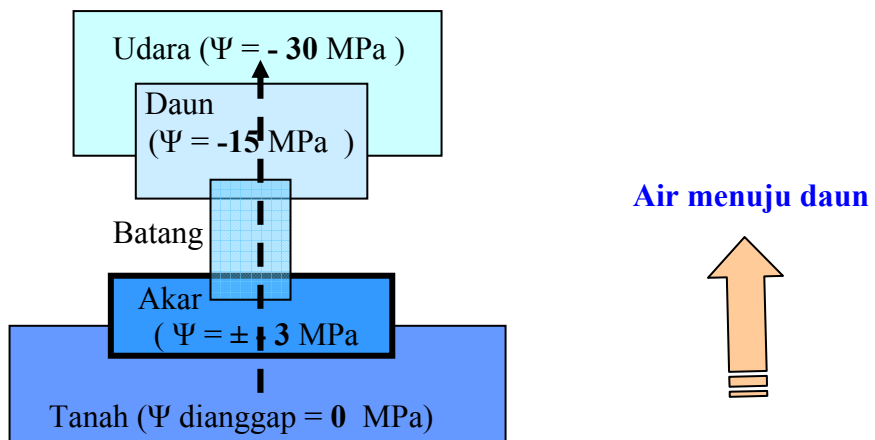
- 1) Difusi sederhana
- 2) Difusi terfasilitasi
- 3) Transpor aktif

Difusi sederhana : pada penyerapan gas-gas dan air

Difusi terfasilitasi : pada penyerapan molekul-molekul besar seperti glukosa, sukrosa

Transport aktif : pada penyerapan bermacam-macam ion. Walaupun ion berukuran kecil, tetapi paling sulit melewati membran Permeabilitasnya membran terhadap ion-ion adalah laing rendah. rendah). Karena itu untuk menyerapnya dibutuhkan tenaga (aktif)

Seperti telah diuraikan di atas, bahwa difusi terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi, suhu atau tekanan. Difusi akan terus berlangsung selama perbedaan tersebut masih ada. Demikian pula air akan terus terserap ke dalam tubuh tumbuhan selama ada perbedaan kadar atau tekanan air antara tanah – jaringan - udara. Kenyataan di alam, kandungan air tanah lebih tinggi daripada air dalam tubuh tumbuhan. Demikian pula, air jaringan (potensial air = PA = Ψ (psi)) lebih tinggi daripada air udara. Karena itu air bergerak dari tanah – jaringan – udara. Coba perhatikan hubungan air (beda potensial air) antara **tanah – jaringan - udara** berikut.



Apakah air dapat digerakkan menembus membran sel secara osmosis ? Untuk menguji hal ini, coba lakukan kegiatan berikut.

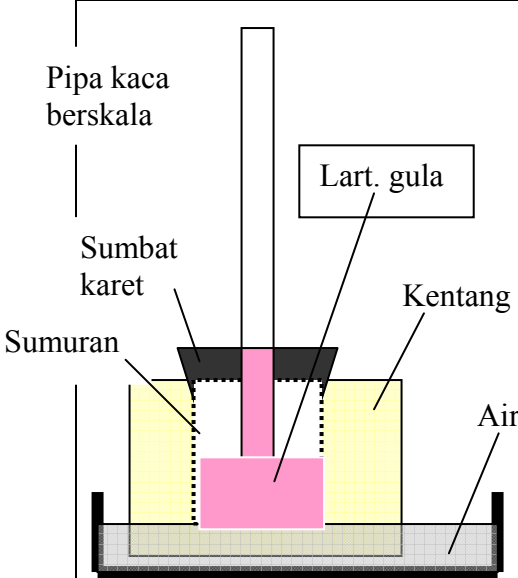
Kegiatan 2

Topik : Dapatkah air ber-osmosis menembus membran sel jaringan tumbuhan ?

Tujuan : Mengamati gejala osmosis

Alat dan Bahan	: Alat : Pipa kaca berskala Karet pengikat rambut Gelas beker atau botol jam Pipet tetes mulut panjang Pisau tajam, pelubang gabus (no.1 / 2), diam 0,5 cm Bahan : Larutan gula pekat (tetes gula pasir) Tutup botol jam berlubang dua dari karet sandal Telor ayam (mentah)
Cara Kerja	: Siapkan Osmometer sederhana : 1. dengan kentang (membran dari jaringan kentang) 2. dengan membran kulit katak (membran dari kulit katak)

Dengan membran kentang :



- Buatlah irisan kentang dengan ketebalan 3 cm.
- Buatlah dua lubang sumuran dengan pelubang gabus sedalam 2 cm. (Ingat : jangan sampai tembus bagian dasarnya)
- Masukkan pada kedua lubang sumuran, sumbat karet yang telah diberi pipa kaca berskala. Pastikan rapat.
- Pada pipa 1, masukkan tetes gula sampai 1 cm diatas permukaan kentang. Pada pipa 2, masukkan air sampai ketinggian yang sama.
- Tempatkan kentang pada cawan petri yang telah diisi sedikit air.
- Amatilah perubahan ketinggian air pada pipa kaca **tiap 10 menit**

Catatan : Usahakan jangan sampai bocor. Bila air dalam pipa turun berarti terjadi kebocoran.

Dengan Membran Kulit Katak

- 1) Pada posisi terbalik, tutuplah ujung pipa osmometer dengan ujung jari
- 2) Penuhilah mulut osmometer dengan larutan gula
- 3) Tutupkan kulit katak pada mulut osmometer, lalu ikat dengan karet
- 4) Baliklah posisi osmmeter, lalu masukkan ke dalam botol jam berisi air.
- 5) Gunakan statip penyangga, dan atur permukaan larutan gula sejajar dengan permukaannya
- 6) Amati perubahan permukaan larutan gula pada osmometer, tiap 5 menit.
- 7) Buatlah satu set percobaan yang sama, tetapi osmometernya diisi dengan air (sebagai kontrol)
- 8) Masukkan hasil pengukuranmu dlam tabel pengamatan.

Ket . : Osmometer (1), botol jam (2), statip (3), air gula (4), Kulit katak (5)

Gambar : Osmometer dengan membran kulit katak

Tabel : Kenaikan larutan gula (skala atau cm) dalam pipa osmometer

Pengamatan 5 menit ke	Pada osmometer yang berisi lart. gula	Pada osmometer yang diisi air (kontrol)	Keterangan
0 (awal)			
1			
2			
3			
4 (akhir)			

Pertanyaan

1. Adakah kenaikan permukaan air pada osmometer yang diisi larutan gula ?
2. Adakah kenaikan permukaan air pada osmometer yang diisi air ?
3. Mengapa volume larutan gula dalam osmometer bertambah (naik) ?
4. Dari manakah tambahan volume tersebut berasal ?
5. Apakah juga terjadi kenaikan larutan gula pada osmometer kentang ?
6. Apakah masuknya air ke osmometer menembus jaringan kentang merupakan osmosis ? Jelaskan alasanmu !
7. Kesimpulan apakah yang dapat diambil dari percobaan ini ?

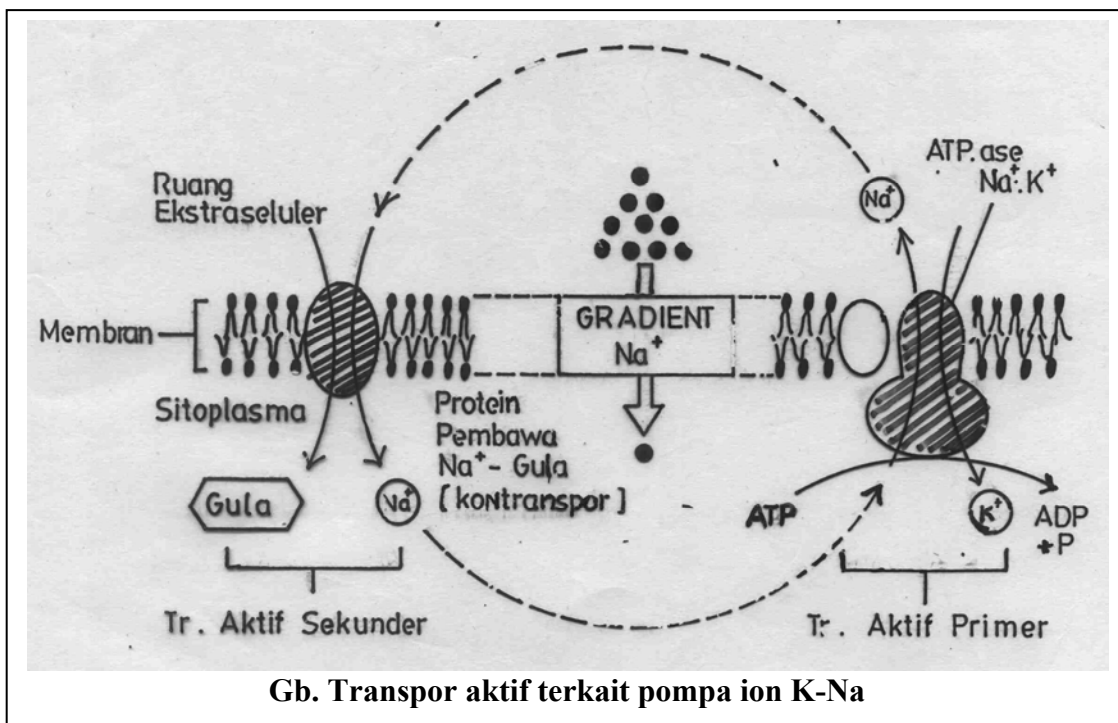
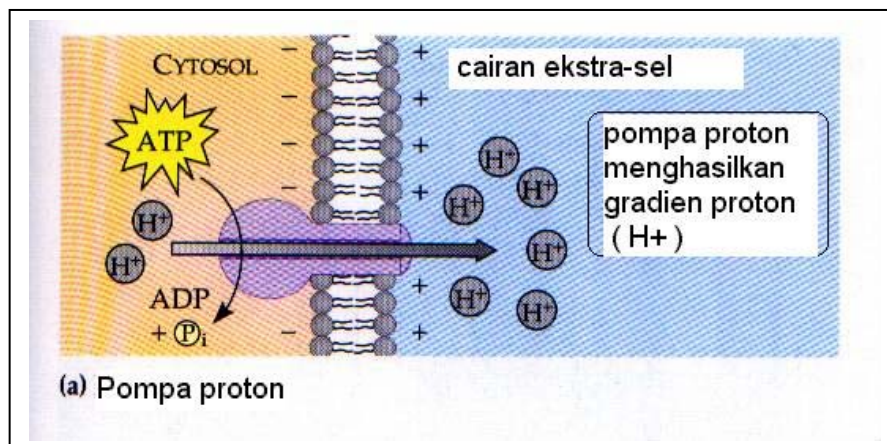
Coba perhatikan kembali gambar penampang lintang akar. Rambut-rambut akar terletak di lapisan terluar dari kulit akar. Di sebelah dalamnya masih terdapat beberapa lapis sel sebelum mencapai bagian kayunya. Dapatkah masuknya air menembus jaringan kembang menjelaskan cara masuknya air menembus kulit akar ?

3) Transpor Aktif

Penyerapan ion-ion adalah paling sulit, karena permeabilitas membran terhadap ion adalah paling rendah. Walaupun molekul sukrosa jauh lebih besar, namun lebih mudah menembus membran, sehingga lebih mudah diserap atau diangkut. Untuk itu, pengangkutan ion melewati membran membutuhkan bantuan dari :

- 1) Protein pembawa (protein carrier, Ko-transport) yang terdapat pada membran sel
- 2) Tenaga (ENERGI). Energi diperoleh dari hidrolisis ATP, terkait dengan **pompa ion K-Na**, atau **pompa proton** (*pompa hidrogen* = H^+).

Pada transpor aktif dapat diibaratkan kita berenang melawan arus. Kita perlu mengeluarkan tenaga untuk dapat melintas maju.



Jadi, penyerapan zat pada tumbuhan dapat dilakukan melalui : 1) akar (terutama rambut-rambut akar), 2) daun (terutama stomata) atau 3) permukaan tubuh tanaman terutama yang belum mengalami penebalan. Zat-zat dari luar tubuh masuk ke dalam tubuh secara **difusi** sederhana, **difusi dengan fasilitasi** dan **transpor aktif**

2. TRANSPORTASI PADA TUMBUHAN.

Pada kebanyakan tumbuhan berkayu, bagian kulit terpisah dengan bagian kayunya. Adakah perbedaan fungsi antara kulit dan kayu pada pengangkutan zat ?

Pertanyaan menarik untuk dicari jawabannya anatara lain adalah :

- 1) Melalui bagian manakah air dan zat-zat hara tanah diangkut dari akar menuju daun ?
- 2) Melalui bagian manakah zat-zat dari daun yang telah dimasak di daun diangkut ke bagian tubuh yang lain ?
- 3) Dimanakah letak pembuluh angkut yang membawa air dari akar ke daun ?

Kegiatan 2a

Masalah : Melalui bagian manakah air diangkut dari akar ke pucuk batang ?

Tujuan : Mengetahui letak berkas pengangkutan pada tumbuhan

Alat dan bahan :

Alat : Gelas Beker/ gelas minum

Cutter / silet dan pisau

Ember kecil

Bahan : 1. Sirih-sirihan (Piper sp) atau pacar air (Impatiens balsamina)

2. Batang muda jagung (Zea mays)

3. Pewarna (teresa atau eosin)

Cara kerja :

1. Siapkan tumbuhan yang masih segar dan lengkap (ada akar-batang-daun).
2. Potonglah batangnya di dalam air
3. Pindahkan batang ke dalam gelas atau botol yang telah diisi larutan pewarna
4. Amatilah perambatan air berwarna pada tiap 2 menit
5. Catatlah hasil pengamatanmu pada tabel dalam buku kerjamu

Tabel : Perambatan air berwarna pada batang pacar air

Pengamatan 2 menit ke	Jarak rambat larutan berwarna	Keterangan
1		
2		
3		
N		

Pertanyaan diskusi

1. Bagaimana lintasan cairan warna merah pada batang ?
2. Dimanakah lintasan cairan warna masuk pada daun ?
3. Menurut pendapatmu, jaringan apakah yang dilewati cairan warna tersebut ?
4. Kesimpulan apa yang dapat diambil dari percobaanmu itu ?

Kegiatan 2b

Masalah : Melalui bagian apakah air diangkut dari akar ke batang ?

Tujuan : Mengetahui fungsi bagian kayu dan kulit pada pengangkutan zat

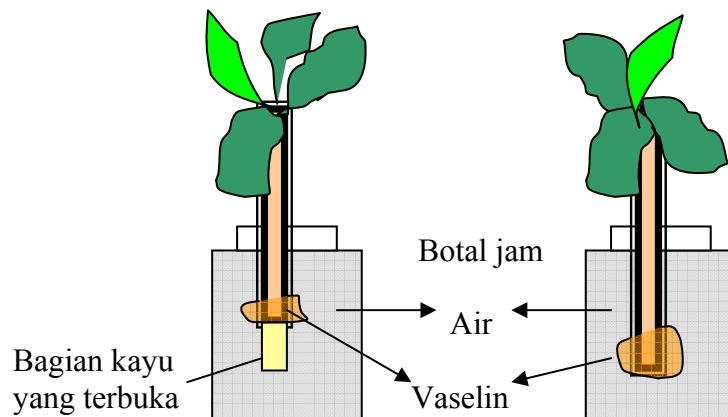
Alat dan bahan :

Alat : Botol jam / botol lain
Cutter / silet dan pisau

Bahan : 1. Ranting Allamanda / Puring (ranting lain yang tidak mudah layu).
2. air

Cara kerja :

1. Pilihlah dua ranting Allamanda yang segar dan ukurannya relatif sama
2. Isilah kedua botol jam dengan air hingga 2 / 3 bagian.



Gb. Ditutup vaselín bagian : (a) sayatan kulitnya, dan
(b) permukaan kayunya

Ranting 1 : Kerat dan buanglah kulitnya sepanjang 3-4 cm dari pangkalnya.

Oleskan vaselin pada permukaan irisan kulit yang akan terendam air

Ranting 2 : Buatlah irisan miring pada batang Allamanda. Oleskan secara hati-hati bagian permukaan kayu batangnya dengan vaselin. Usahakan vaselin tidak mengenai bagian kulitnya.

3. Masukkan ranting 1 pada botol I dan ranting 2 pada botol II
4. Tempatkan botol tersebut pada tempat yang aman dan mendapat cahaya
5. Amati keadaan daun setiap hari, selama 5 hari berturut-turut
6. Catatlah hasil pengamatanmu pada tabel di buku kerjamu

Tabel : Keadaan daun pada ranting selama 4 hari pengamatan

Pengamatan	Keadaan daun	
hari ke	Ranting 1 (kulit ditutup)	Ranting 2 (kayu ditutup)
1		
2		
3		
4		
5		

Pertanyaan diskusi

1. Pada botol/ ranting mana terjadi perubahan kondisi yang menonjol ?
2. Mulai kapan perubahan tersebut tampak ?
3. Jelaskan, mengapa dapat terjadi hal seperti itu ?
4. Kesimpulan apa yang dapat diambil dari percobaanmu itu ?

Setelah zat-zat menembus masuk ke dalam jaringan akar, selanjutnya akan diangkut menuju daun untuk diolah menjadi berbagai zat yang dibutuhkan dalam tubuh seperti lemak, protein, vitamin dan zat-zat penting lainnya.

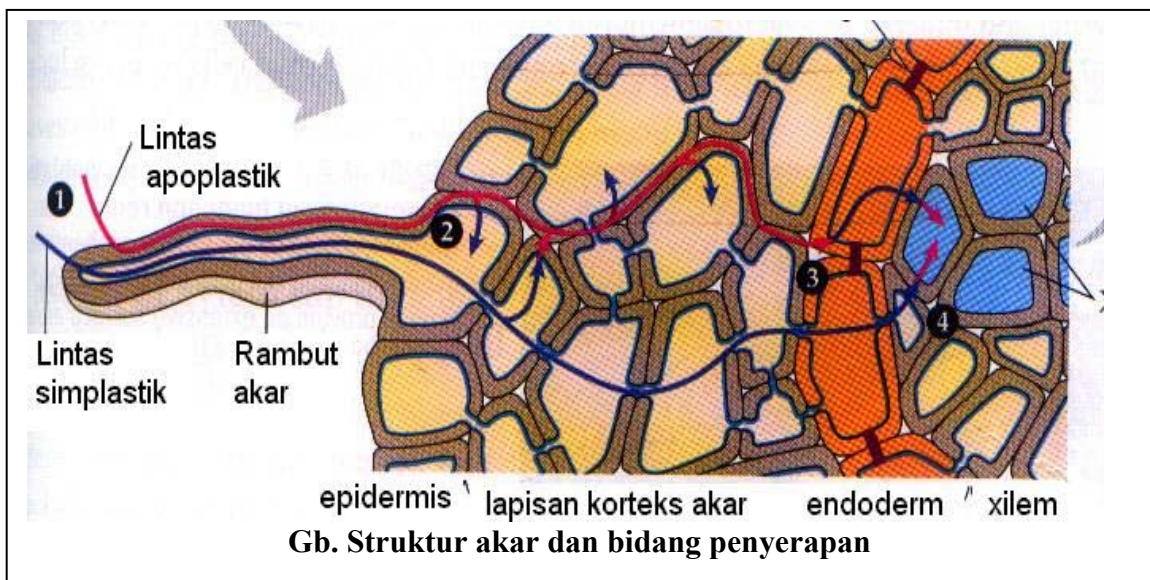
Pengangkutan zat pada tumbuhan berlangsung melalui dua cara, yakni :

- 1) di luar pembuluh angkut (**ekstravaskuler**)
- 2) di dalam pembuluh angkut (**vaskuler**)

Pengangkutan ekstravaskuler berlangsung dalam dua cara, yakni :

- 1) **Simplastik**
- 2) **Apoplastik**

Pada pengangkutan simplastik, air bergerak menembus sel ke sel, dari sitoplasma ke sitoplasma sel yang lain. Sedang pengangkutan apoplastik, air bergerak merambat melalui ruang-ruang antar sel.

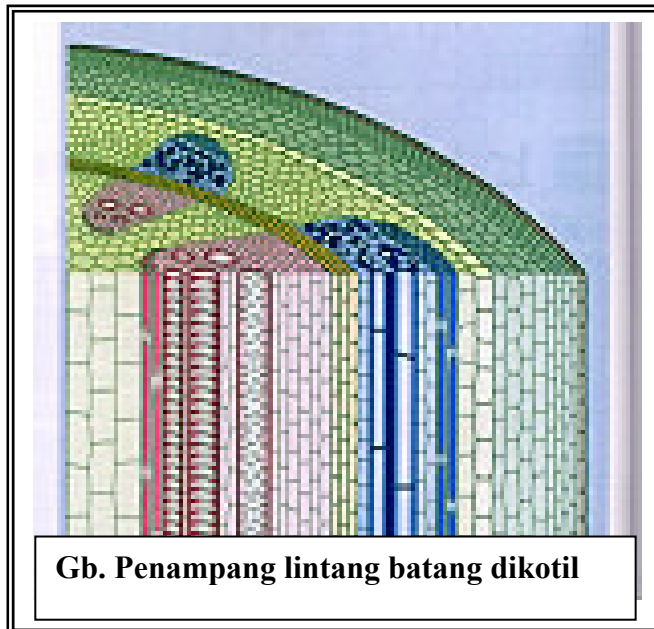


Pengangkutan Vaskuler

Pengangkutan zat secara fasikuler terjadi melalui pembuluh kayu (xilem) dan pembuluh kulit (floem). Pengangkutan air dari akar ke batang terjadi melalui pembuluh kayu, membentuk aliran air (benang air). Setelah mencapai daun, sebagian dimanfaatkan oleh sel-sel daun untuk memasak makanan. Sebagian air dan garam mineral yang lain dipindah ke floem, menyatu dengan aliran sukrosa (asimilat).

Pada tumbuhan dikotil, bagian xilem berada di bagian kayu, sedangkan floemnya berada di bagian kulit dekat kambium. Pada monokotil seperti jagung dan tebu, xilem dan floem bersatu membentuk satu berkas angkutan. Letaknya tersebar.

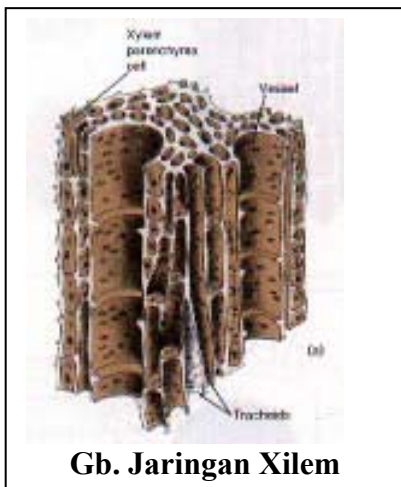
Sedang pengangkutan hasil fotosintesis dari daun ke bagian tubuh yang lain dilakukan melalui pembuluh kulit (pembuluh tapis) dan membentuk **aliran asimilat**. Selain asimilat, melalui floem juga diangkut bermacam-macam zat organik lain, hormon dan juga ion-ion atau garam mineral yang berasal dari xilem.



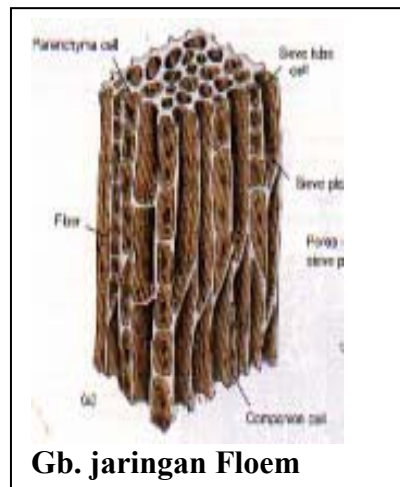
Gb. Penampang lintang batang dikotil

KETERANGAN :

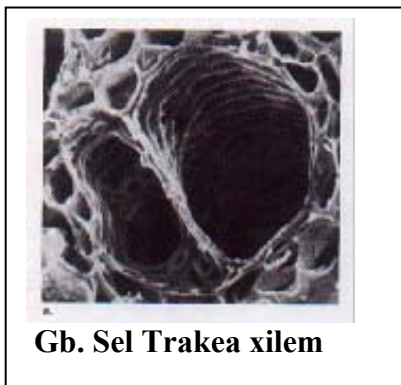
- (1) korteks (kulit)
- (2) Florem
- (3) Kambium
- (4) Xilem
- (5) Empulur batang



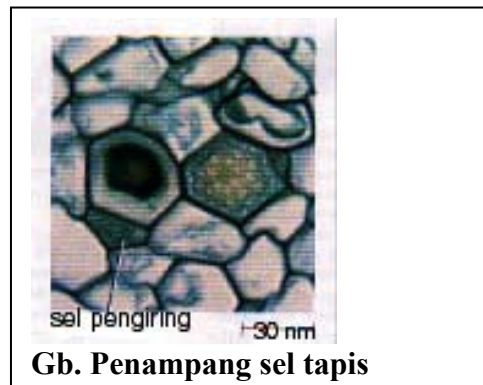
Gb. Jaringan Xilem



Gb. jaringan Floem



Gb. Sel Trakea xilem



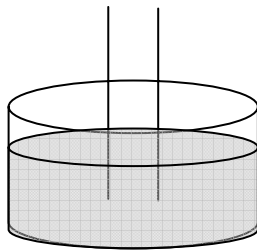
Gb. Penampang sel tapis

Zat-zat tertentu masih dapat dipindahkan (bersifat mobil) dari daun ke berbagai bagian tubuh tumbuhan untuk dimanfaatkan kembali. Misal Cl^- , K^+ , dan H_2PO_4 .

Faktor-faktor Pengangkutan dalam xilem

Ada banyak faktor yang memengaruhi pengangkutan air atau larutan tanah dalam xilem. Faktor tersebut meliputi faktor internal dan eksternal atau kesatuan sistem antara sistem tanah-jaringan – udara. Faktor internal meliputi tekanan akar, daya kapilaritas dan daya hisap daun.

- 1) **Daya tekan akar**. Bila batang pisang dipotong, maka air akan keluar melalui permukaan potongan batangnya. Air terdorong ke luar karena adanya tekanan akar. Karena itu, tekanan akar menjadi salah satu pendorong masuknya air dari tanah ke dalam akar.
- 2) **Daya hisap daun**. Melalui daun akan terjadi pelepasan uap air yang disebut transpirasi. Karena air dalam tubuh tumbuhan membentuk benang air, maka lepasnya molekul air pada daun akan diikuti naiknya air pada akar dan batang. Selanjutnya air dari tanah juga akan terserap masuk ke akar.
- 3) **Daya kapilaritas**. Diameter xilem adalah sangat kecil sehingga menghasilkan daya kapilaritas air di dalam xilem. Daya kapiler ini berbanding terbalik dengan jari-jarinya. Dengan demikian, pada buluh yang semakin kecil akan menghasilkan daya kapilaritas semakin besar. Daya kapilaritas didukung oleh dua kekuatan pada air, yaitu daya kohesi dan adhesi.



$$P = \frac{2 \gamma}{r}$$

Keterangan : P = tekanan (bar / joule)

γ = Tegangan muka

r = jari-jari

- a) **Daya kohesi air**. Antar molekul air terjadi saling ikat yang menyebabkan air akan membentuk seperti benang air. Bila salah satu bagian air bergerak menyusup ke ruang-ruang antar sel, maka akan diikuti oleh bagian air yang lain.
 - b) **Daya adhesi air**. Air dapat merambat melalui benda yang dilewatinya, karena air memiliki daya ikat terhadap permukaan benda lain. Daya adhesi air akan tergantung dari sifat benda yang dilalui. Daya ikat air terhadap benda lain ini disebut daya adhesi. Ingat, minyak dapat merambat melalui sumbu, demikian pula air dapat merambat melalui dinding sel akar yang dilewatinya.
- 4) Tingkat **bukaan stomata**. Derajat bukaan stomata akan menentukan daya hantar (konduktivitas) gas-gas melewatinya (pertukaran zat). Buka tutupnya stomata dipengaruhi oleh banyak faktor, meliputi faktor klimatik, edafik, gas-gas di udara (O₂, CO₂) dan faktor-faktor internal seperti fotosintesis, asam abskisat (ABA = suatu hormon), kondisi cairan tubuh, dsb. Hal ini terkait langsung dengan laju **transpirasi**.

Faktor eksternal :

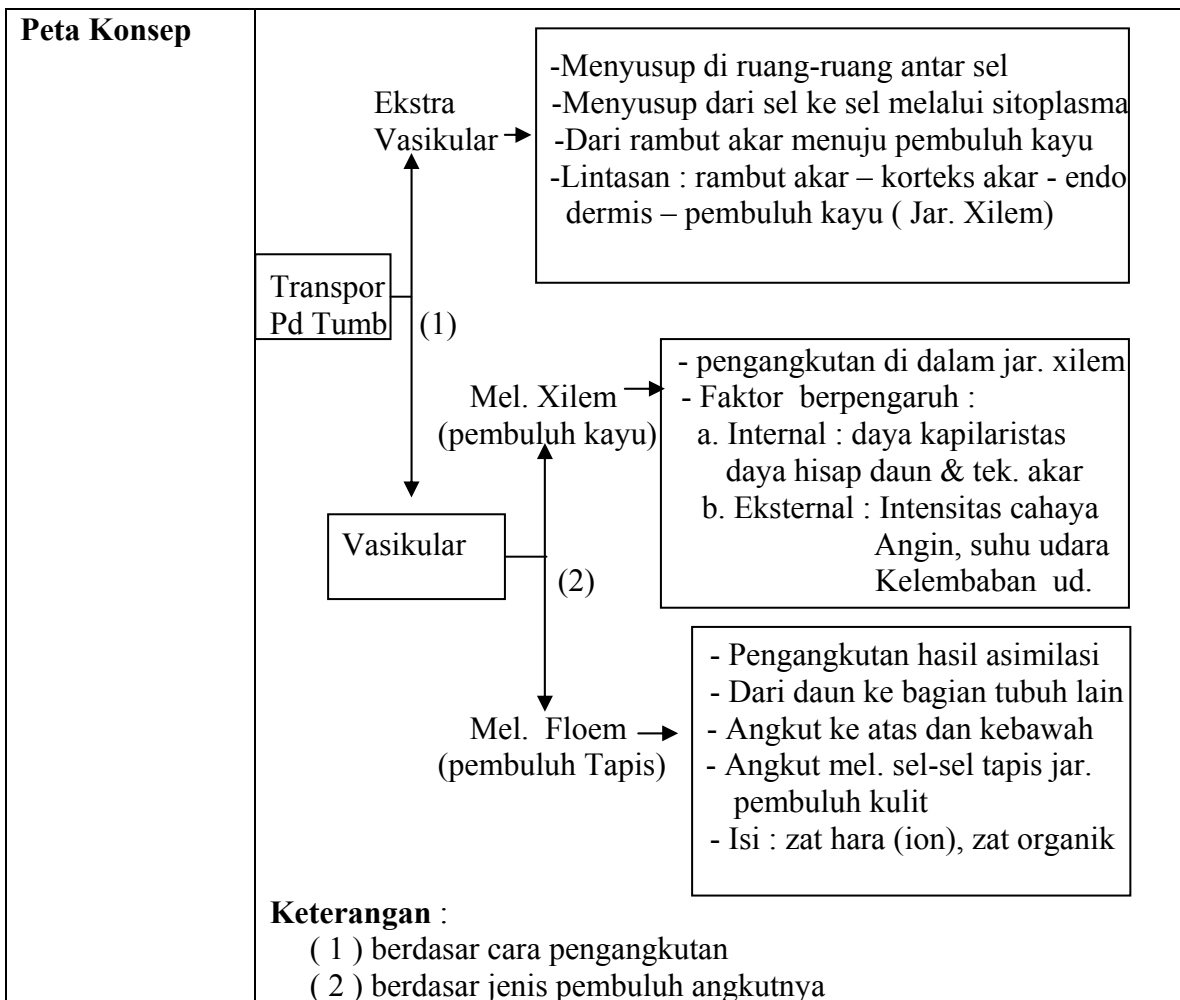
Faktor-faktor eksternal penting meliputi :

- (1) Faktor klimatik, meliputi suhu udara, kelembaban, cahaya (intensitas & lama pencahayaan), kecepatan angin
- (2) Faktor edafik, terutama kelembaban (kadar air tanah) dan suhu tanah

Keadaan di dalam jaringan dandi luar jaringan secara sistemik akan menentukan terbentuknya beda (gradien) potensial air antara tanah-jaringan-udara. Beda potensial air ini menjadi salah satu pendorong aliran air (water stream) mulai dari penyerapan – pengangkutan – pelepasan (transpirasi). Pengaturan atau kontrol laju pelepasan air dilakukan tumbuhan dengan cara mengatur **tingkat bukaan stomata**.

Sifat pengangkutan di Floem

- 1. Terjadi dalam dua arah secara bersamaan (bidirectional transport)
- 2. Mengangkut asimilat berupa gula sukrosa, bukan berupa glukosa
- 3. Selain sukrosa, melalui floem diangkut pula ion-ion, air, asam-asam organik, asam amino dan juga hormon tumbuhan.
- 4. Banyak teori tentang transpor dalam floem, di antaranya adalah teori aliran massa (*mass flow, bulk flow*), yang terjadi karena adanya perbedaan (gradien) sukrosa antara bagiandaun – batang dan akar. Teori ini sangat dikenal dengan **teori Munk**



DAFTAR PUSTAKA

- Bidwell, R.G.S. 1979. *Plant Physiology*, Collier MacMillan Publ. NY.
- Cleon w. Ross, 1970. *Plant Physiology Laboratory Manual* , Wadsworth Publ.Comp. Inc. California
- Esau, Khaterine. 1977. *Plant Anatomy of Seed Plants*. John Wiley & Sons. Sydney
- Giese, A. 1979. *Cell Physiology*, W.B. Saunders Comp. Tokyo
- Hall, M.A. (ed). 1976. *Plant Structure, Function and Adaptation*. The English Language Book Socie. and Macmillan
- Hess, Dieter. 1975. *Plant Physiology*. Toppan Comp. Pt. Ltd. Singapore
- Ridge, I. 1991. *Plant Physiology*. Hodder & Stoughton: Open Univ.
- Salisbury F.B & C.W. Ross. 1978 *Plant Physiology*, Wadsworth Publ. Comp. California.
- Thorpe, N.O, 1991, *Cell Biology* , John Wiley & Sons, Singapore