

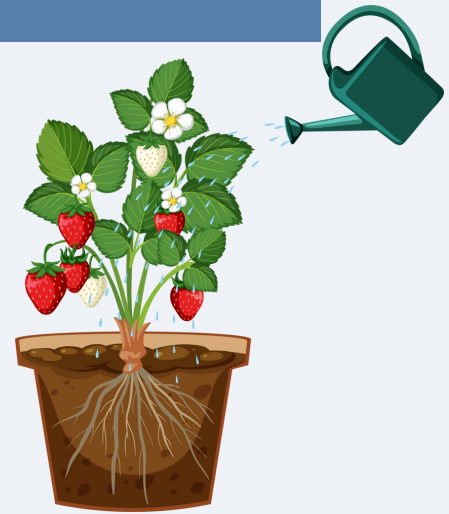
Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

Sumber Kajian Utama: Taiz Chapter 2 dan 3

Status air pada tumbuhan

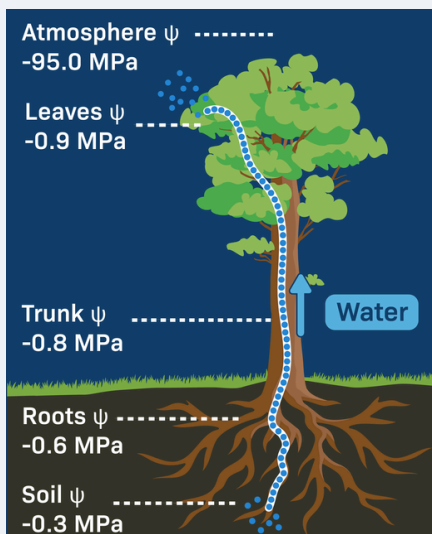
Air adalah komponen terbesar dalam tubuh tumbuhan, mencapai 80–95% dari massa segar jaringan muda. Keadaan air dalam sel dan jaringan menentukan apakah tumbuhan mampu berfotosintesis, tumbuh, serta bertahan dari cekaman lingkungan.

Status air tumbuhan merujuk pada kondisi “energi bebas air” di dalam jaringan, yang diekspresikan melalui potensial air (Ψ_w). Status air ini menentukan keseimbangan air, yaitu hubungan antara penyerapan air oleh akar, distribusi air ke jaringan, dan kehilangan air melalui transpirasi.



Komponen Penentu Status Air

Menurut Taiz et al. (2015), status air dijelaskan dengan potensial air (Ψ_w), yang terdiri dari:



1. Potensial osmotik (Ψ_s): ditentukan oleh konsentrasi zat terlarut (selalu negatif).
2. Potensial tekanan/turgor (Ψ_p): tekanan hidrostatik akibat masuknya air ke dalam vakuola.
3. Potensial gravitasi (Ψ_g): berpengaruh pada jaringan tinggi (batang/daun pohon).
4. Potensial matriks (Ψ_m): penting dalam tanah, terkait adhesi air ke partikel tanah.

Gambar 1. Gradien potensial air (Ψ) pada SPAC dari tanah ke atmosfer
(Sumber: LabXchange)

Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

Status air pada tumbuhan

Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

a. Tingkat Sel

- Air bergerak masuk/keluar sel hingga tercapai keseimbangan Ψ_w antara sel dan lingkungannya.
- Sel yang mengalami kehilangan air \rightarrow turgor turun \rightarrow plasmolisis.
- Sel yang terisi air \rightarrow turgid \rightarrow mendukung pertumbuhan dan kekakuan jaringan.

b. Tingkat Jaringan

- Jaringan fotosintetik sering dipertahankan status airnya dengan mengorbankan jaringan penyimpan air.
- Contoh: pada batang kaktus, parenkim penyimpan air kehilangan air terlebih dahulu sehingga jaringan fotosintetik tetap berfungsi.

c. Tingkat Tanaman Utuh

- Air yang diserap akar harus seimbang dengan yang hilang melalui transpirasi.
- Jika kehilangan lebih besar dari penyerapan \rightarrow terjadi defisit air \rightarrow layu.
- Adaptasi: penutupan stomata, akumulasi solut (osmotic adjustment), dan perubahan distribusi pertumbuhan (akar memanjang, pucuk ditahan).

Respons Tumbuhan terhadap Penurunan Status Air

- Pemanjangan sel adalah proses paling sensitif terhadap kehilangan turgor.
- Sintesis protein dan dinding berkurang seiring penurunan Ψ_w .
- Konduktansi stomata dan fotosintesis turun lebih lambat.
- Produksi hormon ABA meningkat untuk menutup stomata dan mengurangi kehilangan air.
- Akumulasi osmolite (gula, prolin, ion) membantu mempertahankan Ψ_p .

Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

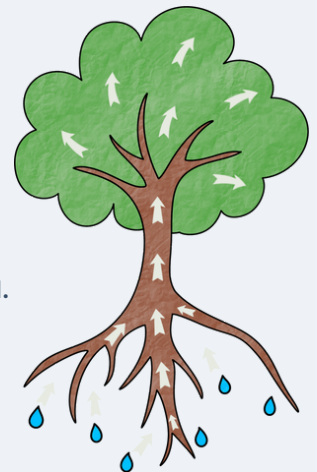
Proses perjalanan air dalam tubuh tumbuhan

Air adalah medium utama kehidupan tumbuhan. Air tidak hanya berfungsi sebagai pelarut, tetapi juga sebagai agen transpor, penopang tekanan turgor, serta penyumbang elektron dalam fotosintesis. Perjalanan air dalam tubuh tumbuhan mencakup jalur dari penyerapan oleh akar, distribusi melalui xilem, hingga kehilangan air melalui transpirasi di daun.

Untuk mempertahankan keseimbangan air, tumbuhan harus menyeimbangkan ketiga proses tersebut agar suplai air cukup untuk metabolisme tanpa kehilangan berlebihan.

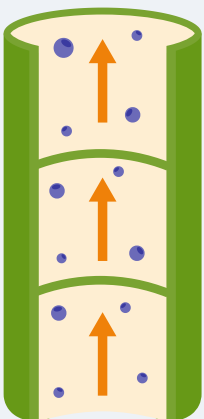
Penyerapan Air oleh Akar

- Air masuk ke akar melalui epidermis dan korteks dengan tiga jalur:
 - a. Apoplas: melalui dinding sel & ruang antar sel.
 - b. Simplas: melalui plasmodesmata antar sel.
 - c. Transmembran: keluar-masuk membran plasma & vakuola.
- Aliran apoplas terhenti pada endodermis (jalur Caspary), sehingga air akhirnya harus melewati membran plasma.



Transport Air Melalui Xilem

- Setelah masuk ke stele akar, air bergerak menuju xilem.
- Pergerakan air dalam xilem didorong oleh:
 - a. Tekanan akar (root pressure) → dominan pada malam hari atau saat transpirasi rendah.
 - b. Tarikan transpirasi (transpiration pull) → dominan pada siang hari.
- Teori kohesi-adhesi-tensi menjelaskan bahwa kolom air dalam xilem tetap kontinu karena kohesi antar molekul air dan adhesi dengan dinding xilem.



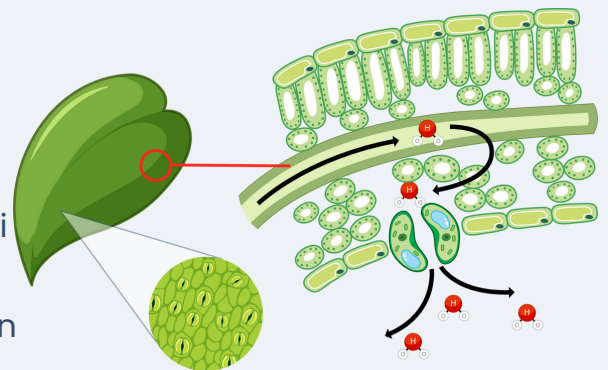
Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan



Proses perjalanan air dalam tubuh tumbuhan

Distribusi Air ke Jaringan

- Air dari xilem didistribusikan ke sel-sel daun dan organ lain melalui jalur apoplas, simplas, atau transmembran.
- Pada daun, air bergerak dari pembuluh xilem menuju mesofil, mendukung fotosintesis, ekspansi sel, dan mempertahankan turgor.
- Distribusi diatur oleh konduktivitas hidrolis jaringan dan keberadaan aquaporin (protein kanal air).



Kehilangan Air melalui Transpirasi

- Transpirasi terjadi terutama melalui stomata, dan sebagian kecil melalui kutikula.
- Fungsi transpirasi:
 - Menggerakkan aliran air (dan mineral) dari akar ke daun.
 - Mendinginkan daun (efek evaporatif).
- Akan tetapi, kehilangan air yang berlebihan dapat mengganggu keseimbangan air → tumbuhan beradaptasi dengan penutupan stomata, kutikula tebal, trikoma, atau penyesuaian osmotik.

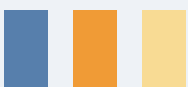
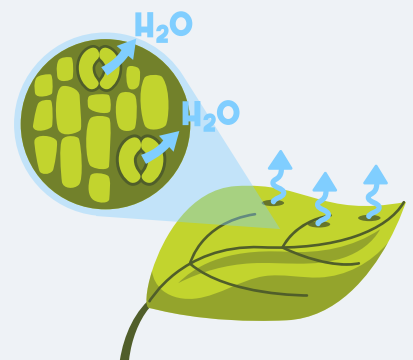
Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

Keseimbangan dicapai jika:

- Penyerapan air oleh akar \geq kehilangan air melalui transpirasi.
- Distribusi air antar jaringan berlangsung efisien.
- Tekanan turgor dipertahankan.

Jika keseimbangan terganggu (transpirasi > penyerapan):

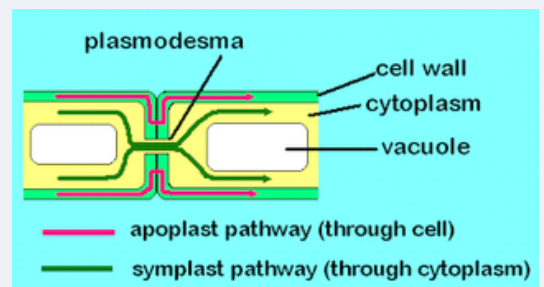
- Sel kehilangan turgor → layu.
- Aktivitas fisiologis (pemanjangan sel, fotosintesis) terganggu.
- Tumbuhan mengaktifkan respons fisiologis seperti sintesis ABA untuk menutup stomata.



Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

Konsep apoplas dan simplas

Air yang masuk ke akar tidak bergerak secara acak, melainkan melalui jalur khusus dalam jaringan akar. Dua jalur utama tersebut adalah jalur apoplas dan jalur simplas. Pemahaman tentang keduanya penting untuk menjelaskan bagaimana tumbuhan mengatur keseimbangan air, terutama dalam mengontrol distribusi air dari tanah ke jaringan vaskular (xilem).



Gambar 2. Transportasi air melalui jalur apoplas dan simplas (Sumber: Study.com).

Aspek	Apoplas	Simpas
Definisi	Jalur pergerakan air melalui dinding sel dan ruang antar sel, tanpa melewati membran plasma.	Jalur pergerakan air melalui sitoplasma sel yang saling terhubung oleh plasmodesmata .
Kecepatan Transport	Relatif cepat , hambatan rendah.	Relatif lebih lambat , karena harus melewati membran plasma.
Selektivitas	Tidak selektif , semua ion/air ikut bergerak sesuai gradien potensial air.	Selektif , karena masuk ke simplas harus melewati membran plasma yang mengatur ion dan zat terlarut.
Jalur Utama di Akar	Digunakan pada lapisan luar (epidermis dan korteks).	Digunakan setelah melewati endodermis (pita Caspary).
Hambatan	Terhenti di endodermis karena pita Caspary (suberin dan lignin).	Tidak terhenti di endodermis karena jalurnya melewati plasmodesmata.
Masuk ke Xilem	Dari endodermis → dipaksa masuk ke simplas terlebih dahulu, lalu kembali ke apoplas di xilem (karena xilem non-hidup).	Setelah melewati endodermis, air bergerak melalui sitoplasma lalu menuju apoplas xilem.
Fungsi Fisiologis	Menjamin pergerakan air cepat dari tanah ke jaringan akar.	Mengontrol selektivitas ion dan menjaga keseimbangan air dan mineral dalam tubuh tumbuhan.

Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

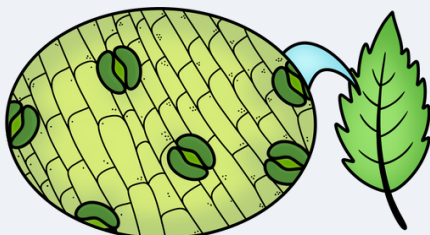
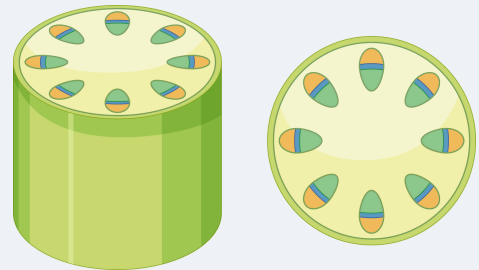
Transpirasi

1. Pengertian Transpirasi

Transpirasi adalah proses hilangnya air dalam bentuk uap dari permukaan tumbuhan, terutama melalui stomata daun. Proses ini merupakan bagian dari kontinum tanah–tumbuhan–atmosfer dan dipicu oleh perbedaan potensial air antara bagian dalam daun dan udara luar.

2. Tahapan Mekanisme

- Penyerapan air oleh akar
- Air masuk ke akar melalui osmosis, kemudian bergerak ke xilem menuju daun melalui aliran massa (bulk flow).
- Transport air di xilem
- Menggunakan prinsip cohesiion–tension:
 - Cohesion: molekul air saling tarik-menarik.
 - Adhesion: air melekat pada dinding xilem.
- Penguapan dari sel mesofil
- Air di ruang antarsel mesofil menguap ke ruang udara di dalam daun.
- Difusi uap air melalui stomata
- Uap bergerak keluar melalui pori stomata mengikuti gradien kelembapan (dari kelembapan relatif 100% di ruang antarsel ke kelembapan lebih rendah di udara luar).



- Pengendalian oleh stomata
 - Stomata membuka → laju transpirasi meningkat.
 - Stomata menutup → laju transpirasi menurun.



Keseimbangan Air dalam Tubuh Tumbuhan

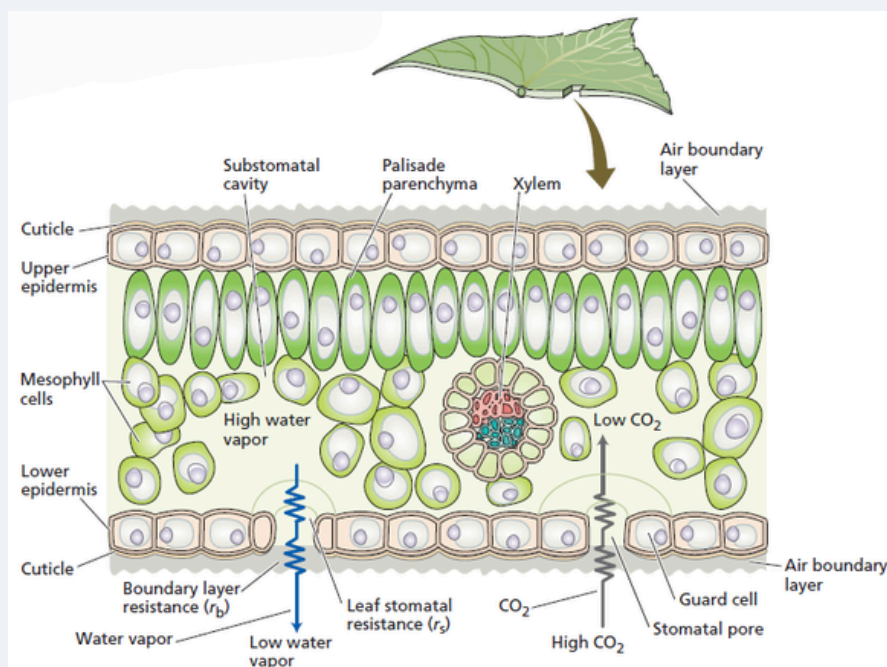
Transpirasi

3. Faktor yang Memengaruhi

- Internal (tumbuhan): jumlah dan distribusi stomata, ketebalan kutikula, status air daun.
- Eksternal (lingkungan):
 - Kelembapan udara (RH rendah → transpirasi tinggi).
 - Suhu udara (tinggi → meningkatkan laju penguapan).
 - Kecepatan angin (mengurangi lapisan batas daun).
 - Intensitas cahaya (membuka stomata).

4. Peran Transpirasi

- Mengatur suhu daun (cooling effect).
- Mempertahankan aliran massa air dan mineral dari akar.
- Membantu distribusi zat hara.



Gambar 5. Air bergerak dari xilem ke dinding sel mesofil, menguap ke ruang udara daun, lalu keluar melalui stomata, sementara CO₂ masuk dengan arah berlawanan.

(sumber: Taiz & Ziger, 2015)