

# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

Sumber Kajian Utama: Taiz Chapter 5 dan 6

## Unsur-unsur yang dibutuhkan tumbuhan

Tumbuhan membutuhkan berbagai unsur mineral untuk pertumbuhan, metabolisme, dan reproduksi. Unsur-unsur ini diserap dalam bentuk ion anorganik dari larutan tanah melalui air. Ketersediaan air sangat menentukan penyerapan, distribusi, dan mobilitas nutrisi.

### Kriteria Unsur Esensial

Menurut Taiz et al. (2015), suatu unsur dianggap esensial bila:

1. Tanaman tidak dapat menyelesaikan siklus hidup normal tanpa unsur tersebut.
2. Fungsi fisiologisnya tidak dapat digantikan oleh unsur lain.
3. Unsur tersebut berperan langsung dalam metabolisme atau struktur tanaman.

**Unsur hara esensial adalah** unsur yang diperlukan untuk pertumbuhan normal tanaman, yang tidak dapat digantikan oleh unsur lain, dan jika tidak tersedia akan menghambat atau menghentikan siklus hidup tanaman.

Dikelompokkan menjadi:

- Makroelemen → dibutuhkan dalam jumlah besar ( $> 0,1\%$  bobot kering).
- Mikroelemen → dibutuhkan dalam jumlah kecil ( $< 0,01\%$  bobot kering).



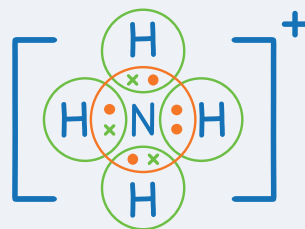
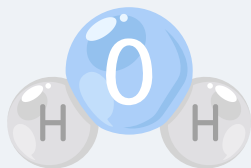
**Gambar 1.** Unsur hara pada tanaman (Sumber: dgwfertilizer.co.id)

# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

## Makro dan mikro nutrien

### Unsur Hara Makro

Bentuk yang Diserap	Fungsi Utama	Gejala Defisiensi
CO <sub>2</sub> (udara)	Komponen utama molekul organik	Pertumbuhan terhambat, warna pucat
H <sub>2</sub> O	Komponen senyawa organik, donor elektron fotosintesis	Layu
H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub>	Komponen organik, respirasi	Pertumbuhan terhambat
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Sintesis asam amino, protein, nukleotida	Daun tua menguning ( <i>klorosis</i> )
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	ATP, fosfolipid, asam nukleat	Pertumbuhan kerdil, warna daun keunguan
K <sup>+</sup>	Aktivasi enzim, osmoregulasi	Daun tua menguning, bercak nekrosis
Ca <sup>2+</sup>	Struktur dinding sel (pektat), sinyal sel	Ujung akar mati, daun muda mengeriting
Mg <sup>2+</sup>	Atom pusat klorofil, aktivasi enzim	Klorosis di daun tua
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Asam amino (sistein, metionin)	Klorosis pada daun muda

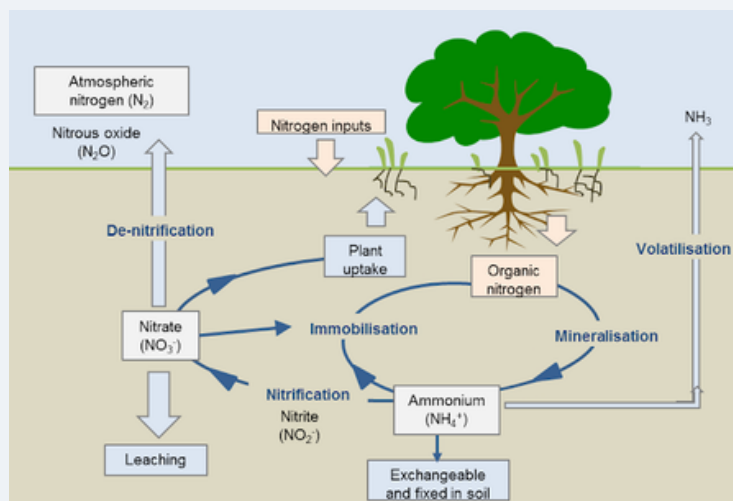


# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

## Makro dan mikro nutrien

### Unsur Hara Mikro

Bentuk yang Diserap	Fungsi Utama	Gejala Defisiensi
$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$	Sintesis klorofil, enzim respirasi & fotosintesis	Klorosis daun muda
$\text{Mn}^{2+}$	Aktivasi enzim fotosistem II	Bercak nekrosis, klorosis
$\text{Zn}^{2+}$	Sintesis auksin, enzim	Kerdil, roset daun
$\text{Cu}^{2+}$	Enzim redoks (plastosianin)	Klorosis, layu
$\text{BO}_3^{3-}$	Dinding sel, pembelahan sel	Ujung akar & pucuk mati
$\text{MoO}_4^{2-}$	Enzim reduktase nitrat	Klorosis interveinal
$\text{Cl}^-$	Fotolisis air, osmoregulasi	Layu, bercak nekrosis
$\text{Ni}^{2+}$	Aktivasi urease	Akumulasi urea toksik

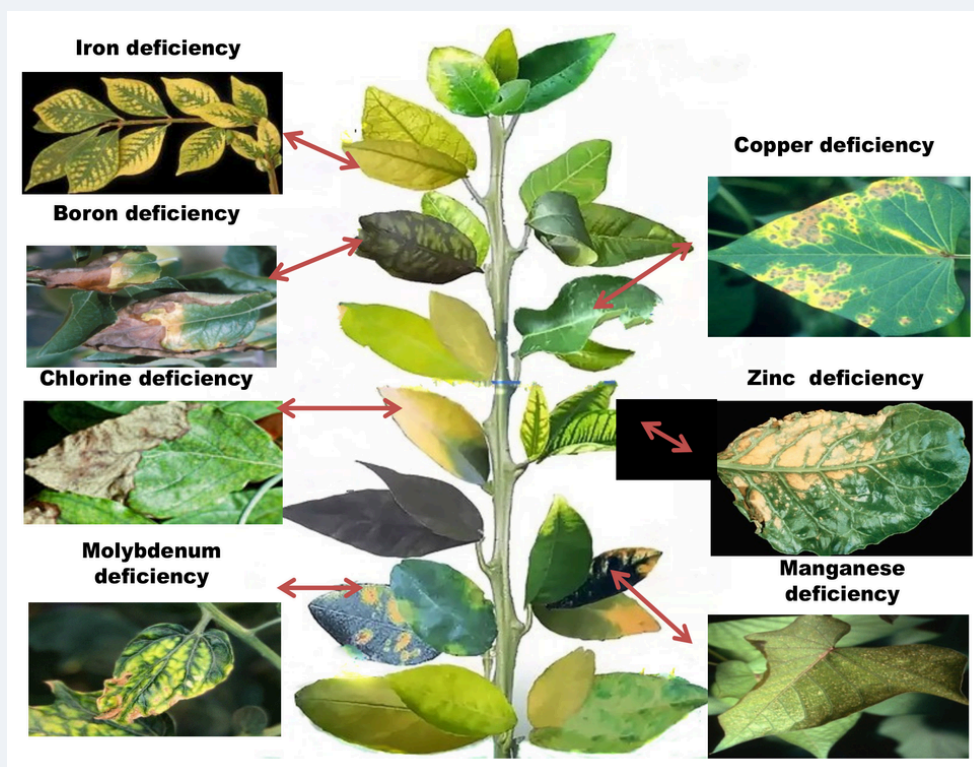


**Gambar 2.** Proses Penyerapan Unsur Nitrogen oleh Tanaman  
(Sumber: [www.agric.wa.gov.au](http://www.agric.wa.gov.au))

# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

## Defisiensi dan toksisitas

Ketersediaan unsur hara sangat memengaruhi keseimbangan air dan metabolisme tumbuhan. Jika konsentrasi unsur terlalu rendah → terjadi defisiensi. Sebaliknya, jika terlalu tinggi → terjadi toksisitas. Kedua kondisi ini menimbulkan gejala khas pada morfologi, fisiologi, dan pertumbuhan tanaman.



**Gambar 2.** Proses Penyerapan Unsur Nitrogen oleh Tanaman  
(Sumber: [www.agric.wa.gov.au](http://www.agric.wa.gov.au))

# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

## Defisiensi dan toksisitas

### Defisiensi Unsur Hara

#### a. Karakteristik Umum

- Defisiensi muncul bila unsur hara tidak mencukupi untuk menjalankan fungsi esensial.
- Gejala pertama biasanya tampak pada daun muda atau tua, tergantung mobilitas unsur.
  - Unsur mobil (N, P, K, Mg) → gejala muncul lebih dulu di daun tua karena unsur dipindahkan ke jaringan muda.
  - Unsur tidak mobil (Ca, S, Fe, B, Cu, Mn, Zn, Mo) → gejala muncul di daun muda karena unsur tidak bisa dipindahkan.

#### b. Contoh Gejala Defisiensi

- Nitrogen (N): daun kuning (klorosis) mulai dari daun tua → pertumbuhan terhambat.
- Fosfor (P): daun tua berwarna hijau tua/kebiruan, batang lemah.
- Kalium (K): tepi daun tua mengalami nekrosis.
- Magnesium (Mg): klorosis antar tulang daun pada daun tua.
- Kalsium (Ca): nekrosis pada pucuk dan ujung akar (akar berhenti tumbuh).
- Besi (Fe): klorosis antar tulang daun pada daun muda.
- Molibdenum (Mo): gejala mirip defisiensi N, karena berperan dalam reduksi nitrat.

# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

## Defisiensi dan toksisitas

### Toksisitas Unsur Hara

#### a. Karakteristik Umum

- Toksisitas terjadi bila konsentrasi unsur berlebihan hingga mengganggu fisiologi tumbuhan.
- Gejala toksisitas sering berupa klorosis, nekrosis, bercak cokelat, serta pertumbuhan terhambat.
- Konsentrasi yang berlebihan pada satu unsur sering mengganggu penyerapan unsur lain (antagonisme ionik).

#### b. Contoh Toksisitas

- Mangan (Mn): toksisitas umum pada tanah masam → menyebabkan bercak cokelat pada daun, menghambat penyerapan Fe, Mg, dan Ca.
- Boron (B): toksisitas menyebabkan klorosis dan nekrosis pada tepi daun.
- Natrium (Na): pada tanah salin, menyebabkan dehidrasi fisiologis dan nekrosis tepi daun.
- Klorida (Cl<sup>-</sup>): toksisitas menimbulkan bercak nekrotik pada daun.

### Hubungan dengan Keseimbangan Air

- Defisiensi hara memengaruhi potensial osmotik → sel tidak dapat menarik cukup air, sehingga turgor menurun.
- Toksisitas ion (misalnya Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) menurunkan potensi air sel → menyebabkan stress osmotik mirip kekeringan.
- Dengan demikian, status nutrisi yang seimbang penting untuk menjaga hubungan air dan nutrisi dalam tumbuhan.

# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

## Transport ion melalui membran

Membran plasma sel tumbuhan berperan sebagai barrier selektif yang mengatur masuk-keluarnya ion dari larutan tanah. Transport ion ini krusial untuk:

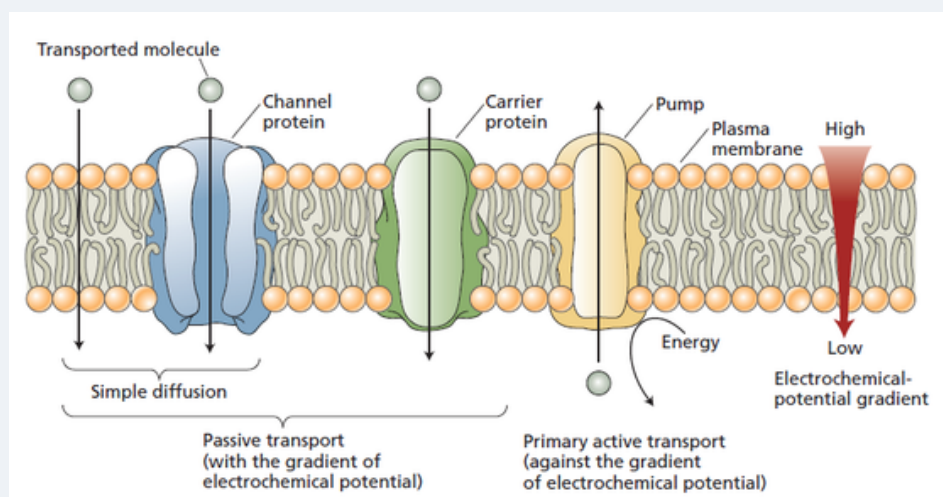
- menjaga keseimbangan ionik dan status air sel,
- menyuplai nutrisi esensial,
- serta mengatur potensial membran dan sinyal fisiologis.

Transport ion dapat berlangsung melalui mekanisme pasif (difusi, kanal) atau aktif (pompa & transporter) yang melibatkan energi.

### Mekanisme Transport Ion

#### a. Transport Pasif

- Terjadi mengikuti gradien elektrokimia (dari konsentrasi tinggi → rendah atau potensial listrik yang sesuai).
- Tidak membutuhkan energi metabolik.
- Bentuk utama:
  - Difusi sederhana melalui lapisan lipid (jarang untuk ion).
  - Kanal ion → protein transmembran yang memungkinkan aliran cepat ion spesifik ( $K^+$ ,  $Cl^-$ ).



**Gambar 3.** Transport pasif mengikuti gradien dan transport aktif melawan gradien dengan energi (sumber: Taiz & Ziger, 2015)

# Nutrisi & Transport Nutrisi pada Tumbuhan

## Transport ion melalui membran

### b. Transport Aktif

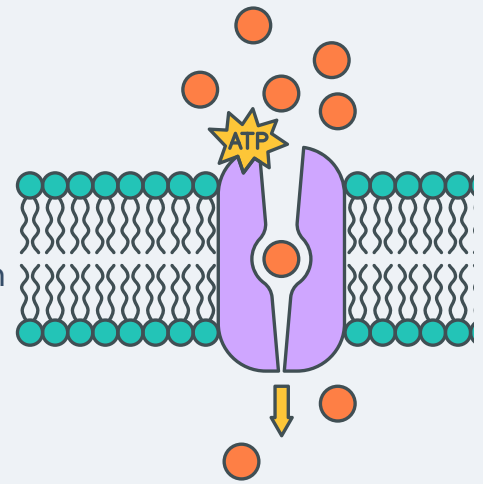
- Ion dipindahkan melawan gradien elektrokimia.
- Membutuhkan energi (ATP atau gradien proton).
- Mekanisme utama:

#### a. Pompa $H^+$ -ATPase (Proton pump)

- Mengeluarkan  $H^+$  dari sel  $\rightarrow$  menciptakan gradien elektrokimia proton.
- Energi dari hidrolisis ATP.
- Dasar dari transport aktif sekunder.

#### b. Kotransport (Sekunder)

- Ion/solute ikut bergerak bersama  $H^+$  yang masuk kembali.
- Simport:  $H^+$  masuk bersama nutrisi (mis.  $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ , sukrosa).
- Antiport:  $H^+$  masuk, ion lain keluar (mis.  $Na^+/H^+$  exchanger).



## Potensial Membran dan Elektrofisiologi

- Sel tumbuhan memiliki potensial membran negatif ( $-120$  mV hingga  $-160$  mV).
- Dihasilkan oleh pompa  $H^+$ -ATPase yang mengeluarkan proton.

## Jalur Transport di Akar

- Ion dapat masuk melalui jalur apoplas atau simplas.
- Endodermis (pita Caspary) memaksa ion masuk ke simplas sehingga diseleksi oleh membran plasma.
- Setelah masuk stele, ion dilepaskan ke apoplas xilem untuk didistribusikan bersama aliran air.