

KEGUNAAN MASING-MASING UNSUR HARA BAGI TANAMAN DAN SYMPTOMS (GEJALA) DEFESIENSI UNSUR HARA

Dibedakan dalam golongan :

- a. Unsur hara makro, yaitu : C, H, O, N, P,
K, Ca, Mg, S**
- b. Unsur hara mikro, yaitu : Fe, Mn, B,
Mo, Cu, Zn, Cl**

UNSUR HARA MAKRO

• 1. NITROGEN

- **Nitrogen merupakan komponen utama berbagai senyawa dalam tubuh tanaman, yaitu :** asam amino, amida, protein, khlorofil dan alkaloid. **40 - 45 % protoplasma** tersusun atas senyawa yang mengandung N.
- **Jumlah N_2 di udara 79 - 80 %**
- Diserap oleh akar dalam bentuk ion-ion **NO_3^- dan NH_4^+** , **kecuali tanaman legum** (kacang-kacangan) karena hidup

- bersimbiose dengan **bakteri *Rhizobium*** sehingga dapat memfiksasi Nitrogen bebas dari udara dalam bentuk N_2 .
- **Suplai N yang berlebihan menyebabkan :**
 1. Pertumbuhan vegetatifnya subur
 2. Daun-daun hijau gelap (tua) tebal
 3. Mudah roboh karena pertumbuhan batangnya lemah
 4. Jika pemberian N yang berlebihan tanpa diimbangi oleh unsur yang lain, misal P dan K, maka masa berbunga atau panen akan tertunda.

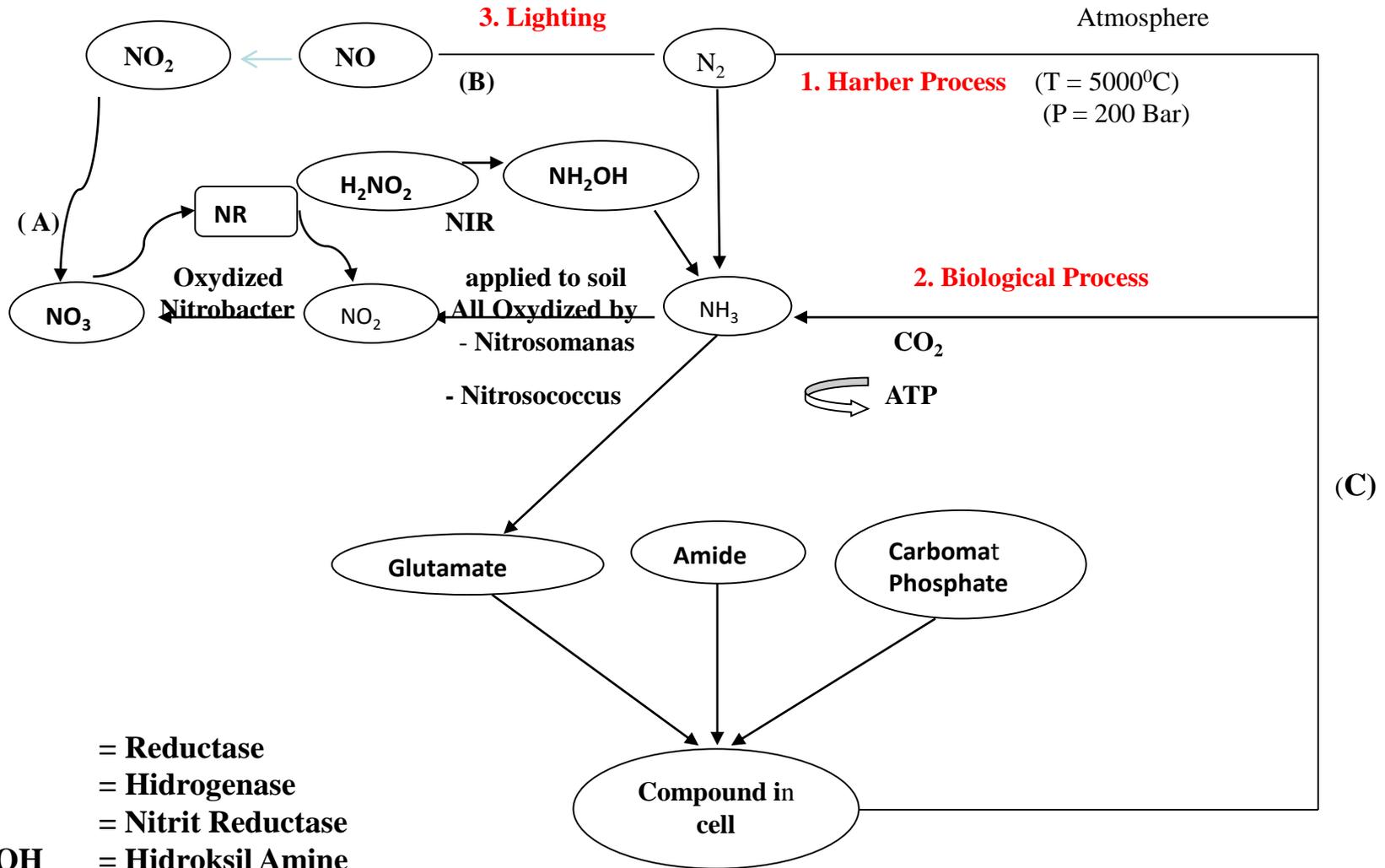
- **Peranan/fungsi Nitrogen :**
- 1. Merupakan bahan penyusun **klorofil daun**, protein dan lemak
- 2. Merangsang pertumbuhan tanaman secara keseluruhan khususnya batang, cabang dan daun (**vegetatif**) dan merangsang pertumbuhan anakan
- 3. Pembentukan hijau daun yang berguna sekali dalam **proses fotosintesis**

- **Defisiensi N :**
- **1).** mengganggu proses pertumbuhan (membatasi pembesaran dan pembelahan sel menyebabkan tanaman kerdil),
- **2).** menguning (daun tidak tampak hijau segar, melainkan agak kekuning-kuningan),
- **3).** jika kekurangan itu agak banyak dan terus-menerus, maka daun-daun yang di bagian bawah menjadi kuning sekali, kering dan rontok,
- **4).** juga berkurang hasil panen berat keringnya.

Tanaman menguning (saja) kemungkinan disebabkan : drainase kurang baik, rendahnya kandungan air, dan dapat dikarenakan diserang /serangan hama dan penyakit.

- **Nitrogen dapat dimanfaatkan oleh tanaman melalui berbagai proses, yaitu : (3 proses)**
- **1. Harber Proses → Pabrik, melalui pemupukan**
- **2. Fiksasi N langsung dari udara → hanya untuk tanaman jenis legum bersimbiose dengan bakteri *Rhizobium*.**
- **3. Lighting → dengan adanya Petir**

NITROGEN CYCLE



- R** = Reductase
- H** = Hidrogenase
- NR** = Nitrit Reductase
- NH₂OH** = Hidroksil Amine
- (A)** = Hydrotion Process
- (B)** = Hiponitrik (unsoluble)
- (C)** = Oxydation

PROSES TERBENTUKNYA BINTIL AKAR

- Bintil akar dapat terbentuk pada tanaman muda jenis legum atau kacang-kacangan setelah ada akar rambut pada akar utama atau akar cabang.

Bintil akar dibentuk oleh **BAKTERI *Rhizobium***.

- Di dalam tanah banyak terdapat mikro-organisme, salah satunya adalah bakteri *Rhizobium*.
- Akar tanaman legum mengeluarkan **triptofan dan substansi lain** yang menyebabkan perkembangan pesat dari populasi bakteri dan mikroba tanah lainnya di sekitar akar (Dart dan Mercer, 1964; dan Nutman, 1959).

- **Triptofan digunakan oleh bakteri dan diubah menjadi IAA (Indol Acetic Acid) yang menyebabkan akar rambut melengkung sebelum bakteri menyerbu ke dalamnya.**
- **Gejala melengkung ini terjadi apabila infeksi pada akar berlangsung pada saat pertumbuhan akar rambut, namun tidak tampak apabila infeksi terjadi pada akhir pertumbuhan akar rambut (Bieberdorf, 1938).**

- **Diduga bakteri merangsang terbentuknya enzim polygalacturonase atau enzim pectin lainnya di daerah infeksi** yang menyebabkan dinding sel melunak karena sebagian bahan dinding sel melarut.
- **Hal ini memungkinkan sel-sel *Rhizobium*** yang berekor menyelinap masuk melalui **jaringan mikrofibriler** pada tahap awal infeksi (Dart dan Mercer, 1964).
- Namun **sebagian peneliti berpendapat bahwa baik pektinilase maupun polygalacturonase TIDAK berperan penting pada proses infeksi,**

- **sehingga pengertian dari mekanisme infeksi awal ini masih belum jelas** (Lillich and Elkan, 1968 dan Macmilian and Cooke, 1969).
- Pada saat bakteri masuk ke dalam sel akar rambut, **maka sitoplasma sel akar membentuk benang infeksi yang menyatu dengan dinding sel.**
- Benang infeksi yang mengandung bakteri tumbuh ke arah dasar dari sel epidermis yang **memakan waktu sekitar 2 hari (Bieberdorf, 1938)**.

- Melalui benang infeksi ini sel **bakteri menembus dua sampai lima lapisan sel ke dalam korteks** (Bieberdorf, 1938. , Ikeda, 1955. dan Nutman, 1959).
- Benang infeksi yang terbentuk merupakan rangkaian segmen yang saling berhubungan.
- **Penetrasi benang infeksi tidak pernah mencapai ke dalam endodermis** (Bieberdorf, 1938).
- Sel-sel yang ditembus benang infeksi inilah yang dapat **dirangsang menjadi sel primordial bintil.**

- Pada saat benang infeksi menembus sel primordium bintil, tampak becak-bekak kecil pada dinding selulosa dari benang infeksi, tempat satu atau dua bakteri masuk ke dalam sel akar.
- Baik bakteri maupun sel akar memperbanyak secara cepat.
- Sel-sel primordial bintil dan sel-sel disekelilingnya yang tidak terinfeksi membagi, berdiferensiasi, dan berkembang membentuk bintil akar.

- Dalam proses ini jaringan xylem dan phloem pada bintil menyatu dengan unsur yang sama dari akar (Hinson dan Hartwig, 1977).
- Pada akhir minggu ke empat setelah infeksi bakteri, **bintil berhenti membesar.**
- Bintil-bintil yang matang berisi massa **berwarna merah muda yang terdiri dari sel-sel bakteroid** bercampur dengan sel-sel yang tidak terinfeksi.
- Warna merah dikarenakan **leghemoglobin (leg = legume hemoglobin).**

- Bintil-bintil yang **berwarna merah ini dianggap aktif dalam fiksasi nitrogen**, sedang bintil dengan massa hijau tidak aktif dalam fiksasi nitrogen (**Hinson and Hartwig, 1977**).
- Walaupun banyak faktor mempengaruhi lamanya bintil aktif, namun pada umumnya **pada minggu ke enam atau ke tujuh bintil mulai melapuk** (**Bergersen, 1958**).



- **Gambar 1. Bintil akar pada tanaman kedelai**

TIPE INANG	<i>Spesies Rhizobium</i>
1. Ercis	<i>Leguminosarum</i>
2. Semanggi	<i>trifolii</i>
3. Buncis	<i>phaseoli</i>
4. Alfalfa	<i>meliloti</i>
5. Kedelai	<i>japonicum</i>
6. Kacang Tanah	<i>Tidak terdefiniskan</i>

Tabel 1. Tahapan pembentukan bintil akar (Bergersen, 1958., Bieberdorf, 1938., Carison, 1973. , dan Ikeda, 1955).

Umur Bintil (hari)	Tahap Nodulasi
0	<i>Rhizobium</i> masuk ke dalam akar rambut atau sel epidermis
1 - 2	Benang infeksi mencapai dasar sel epidermis dan memasuki korteks
3 - 4	Suatu massa kecil sel-sel terinfeksi dalam primordium bintil
5	Pembagian pesat dari sel-sel bakteri dan sel-sel akar inang
7 - 9	Bintil mulai tampak
12 - 18	Pertumbuhan lanjut dari jaringan bintil, jaringan bakteroid berwarna merah muda, dan mulai terjadi fiksasi nitrogen
23	Sebagian besar pembagian sel dari bakteri dan sel inang berhenti, tetapi pembesaran bintil tetap berlanjut karena pembesaran sel. Periode aktif fiksasi nitrogen.
28 - 37	Bintil mencapai besar maksimum, fiksasi nitrogen berlanjut sampai awal pelapukan bintil.
50 - 60	Pelapukan bintil

Ketahanan hidup *Rhizobium* di alam sangat tergantung pada kondisi tanah, terutama :

1. pH
 2. Kelembaban
 3. BO
 4. Dan lamanya jarak antara tanaman-tanaman budidaya yang menjadi inangnya → 10 th setelah penanaman kedelai, populasi ***Rhizobium japonicum*** masih cukup besar (Elkins, dkk, 1976).
- * **Rhizobium** dapat bertahan hidup secara heterotrop dalam tanah selama ber-tahun² walaupun tanpa inangnya.

Faktor-faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Fiksasi N₂

1. Rasio C-N

Pembintilan dan fiksasi N₂ pada legum dibatasi oleh N yang tersedia (Fred, dkk., 1932)
NH₃ → Menurunkan fiksasi N₂ pada legum.

2. Nutria Mineral

Pada tanah yang kurang Molibdenum, besi atau belerang (penyusun Nitrogenase), K dan Fosfor. Tembaga → peranannya dalam sitokrom dan Respirasi Oksidatif.

3. Pestisida

Pestisida tertentu terutama Fungisida Air Raksa yang digunakan pada benih-benih dapat mengurangi jumlah organisme pemfiksasi N, dan mengurangi pembentukan bintil (Vincent, 1974).

4. Faktor Cuaca

Panas dan kekeringan dapat mengurangi populasi dan merendahkan fiksasi N₂.

- Suhu dingin (5°C) → dapat mengurangi fiksasi N₂ hingga **NOL**
- Kelembaban > 80 % agar bintil tetap hidup
- Kelembaban kapasitas lapang

5. Ca dan pH

Ca mempengaruhi meristem bintil.
pH yang tinggi, 3-5 hari bintil mulai muncul (Lie, 1974).

Pembengkokan akar peka pH.

6. $\text{CO}_2 \rightarrow 4\%$

- **Ciri bintil akar yang Efektif :**
- **1. terletak pada akar utama**
- **2. bila dibelah akan berwarna merah**
- **3. bintil berat dan besar-besar**

- **Untuk terbentuknya leghaemoglobin diperlukan unsur-unsur hara mikro :
Fe; Co; Mo**

- **Bagaimana Nitrogen dilepas pada tanaman ? (Ada beberapa teori) :**
- **1. Sel-sel dalam bakteri mengalami lisis melepaskan senyawa-senyawa Nitrogen ke dalam sitoplasma sel.**
- **2. Bukan sel-sel bakteri yang mengalami lisis, tetapi sel-sel bakteri mengekresikan senyawa-senyawa Nitrogen yang larut ke dalam sitoplasma dalam akar rambut**

2. FOSFOR :

- Tanaman menyerap fosfor dari tanah dalam bentuk ion **Orthophosphat Primer** (H_2PO_4^-) atau juga sedikit dalam bentuk ion **Ortophosphat Sekunder** ($\text{HPO}_4^{=}$). H_2PO_4^- sepuluh kali lebih banyak dari $\text{HPO}_4^{=}$.
- **Jika p^{H} asam akan meningkatkan absorpsi H_2PO_4^- (Orthophosphat Primer)**
- **dan jika p^{H} tinggi atau alkali akan meningkatkan absorpsi $\text{HPO}_4^{=}$.**
- **(Ortophosphat Sekunder)**

- **Pada tanah yang alkali, fosfor** akan diendapkan oleh Calcium dalam bentuk $(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2)$ = mono Calcium phosphat, Ca_2HPO_4 ; tri calcium phosphat $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$.
- **Sedangkan pada tanah yang asam** (yang dominan unsur Al^{3+}) fosfor akan diikat oleh unsur Al dan diendapkan dalam bentuk $(\text{Al}(\text{HPO}_4)_2)$.

Peranan atau Fungsi P :

- **1.** Berperan penting di dalam transfer energi di dalam sel tanaman, misal : ADP dan ATP, NAD, NADPH dan senyawa sistem informasi genetik DNA, dan RNA.
- **2.** Berperan dalam pembentukan membran sel, misal : lemak fosfat.
- **3.** Bahan penyusun fosfolipid, seperti : Lesitin dan Kolin yang memegang peranan penting dalam hal integritas membran.

- **4.** Berpengaruh terhadap struktur K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Mn^{2+} terutama terhadap fungsi unsur-unsur tersebut mempunyai kontribusi terhadap stabilitas struktur dan konformasi makro molekul, **misal :** gula fosfat, Nukleotida dan Koenzim.
- **5.** Berperan dalam proses pembentukan akar tanaman dan dalam proses pemasakan buah dan biji.
- **6.** Memperbesar persentase pembentukan bunga menjadi buah atau biji.

7. Meningkatkan efisiensi fungsi dan penggunaan N

- **DEFISIENSI P :**
- **Gejala defisiensi P** daun-daun berwarna hijau gelap atau hijau ke biru-biruan,
- terjadi penimbunan gula yang ditunjukkan **dalam bentuk pigmentasi Antosianin atau warna yang ke ungu-unguan** pada bagian dasar batang dan urat-urat daun terutama pada jagung,

- dalam beberapa hal kekurangan P akan nampak atau **timbul Nekrotik** pada daun, tunas, dan buah.
- **Fosfor itu bergerak (mobil)** dan diretribusi dari jaringan tua ke jaringan muda, sehingga gejala/symptoms **defisiensi pertama kali ditunjukkan oleh daun-daun tua.**

3. KALIUM / POTASIUM

- **Peranan / Fungsi K :**
- **1. Mengaktifkan kerja** beberapa enzim yang terlibat di dalam N metabolisme dan sintesa protein, yaitu : Asetik Thiokinase, Aldolase, Piruvat kinase, Glutamilsistein sintetase, Formil tetrahydrofolat sintetase, Suksinil- CoA sintetase, induksi nitrat reduktase, sintesis tepung, ATP ase.
- **2. Terlibat dalam karbohidrat metabolisme** (terkait dengan proses fotosintat), yaitu dalam pembentukan,

- pemecahan atau penguraian dan **memacu translokasi karbohidrat (pati) atau gula dari daun ke organ tanaman yang lain**, terutama organ tanaman penyimpan karbohidrat atau gula, **misal : ubi, tebu, jagung manis.**
- **Tebu** memerlukan lebih banyak unsur K daripada N dan P. Jika diberikan K dalam jumlah tinggi, maka kandungan gulanya tinggi.
- **3. Sebagai pengontrol atau mengatur aktifitas beberapa unsur mineral.**

- **4. Sebagai penetral proses-proses fisiologis penting dari beberapa unsur esensial.**
- **5. Mengaktifkan pertumbuhan jaringan meristematik.**
- **6. Mengatur gerak membuka dan menutupnya stomata, serta merupakan komponen penting di dalam mekanisme pengaturan osmotik di dalam sel.**
- **7. Mengatur gerakan air dalam tanaman/ sel dan kehilangan air lewat Respirasi.**

8. Berpengaruh langsung terhadap tingkat semipermeabilitas membran dan fosforilasi di dalam khloroplast.

- **Defisiensi K :**

- 1. Menyebabkan jatuh rebah batang dan akar.
- 2. Nampak adanya khlorosis, dan diikuti dengan berkembangnya **bintik Nekrotik kecil antara urat daun dengan pucuk**, dan tepi daun yang terbakar pada daun-daun yang lebih tua pada banyak spesies tanaman.

- **3.** Dalam beberapa hal tendensi pucuknya menggulung ke bawah dan pada tanaman kentang menggulung ke dalam menuju ke permukaan daun sebelah atas.
- **4.** Pertumbuhan terhambat karena adanya pemendekan dari buku-buku atau ruas-ruas.
- **5.** Terhambatnya fotosintesis dan bertambah giatnya Respirasi
- **6.** Pada tanaman tomat kekurangan Kalium / potasium menyebabkan desintegrasi dari sel-sel empulur dan menghasilkan peningkatan sel-sel parenchym floem.

4. SULFUR/BELERANG = S

- **Peranan/ Fungsi Sulfur :**
- **1. Sebagai struktur molekul tiga asam amino esensial, yaitu : Sistin, Sistein, dan Metionin.**
- **2. Koenzim, yaitu : Thiamin, Biotin, Koenzim A bahan yang terlibat di dalam rantai transfer elektron pada respirasi dan fotosintesis, yaitu : Ferredoksin.**
- **3. Bahan produksi sekunder yang mudah menguap, yaitu : Allyl Sulfit pada**

- **bawang-bawangan, mustrad, sulfat flavonoid. Sulfolipid (Sulfoquinovosil digliserida) terdapat pada membran khloroplast.**
- **4. Sulfat organik membantu mencegah melarutnya bahan organik di dalam air. Hal ini penting di dalam mekanisme cekaman terhadap salinitas.**
- **5. Menambah kandungan protein dan vitamin.**

- **Defisiensi S :**

- 1. Defisiensi S seperti halnya tanaman yang kekurangan N, yaitu : **secara umum terjadi khlorosis** dan diikuti terjadinya pigmen Anthosianin yang berlebihan, batangnya kurus, pertumbuhan kerdil.
- 2. Pada **tanaman makanan ternak** defisiensi **S** menyebabkan terjadinya **Akumulasi senyawa-senyawa non protein dalam tanaman yang menyebabkan keracunan pada pencernaan ternak.**

5. KALSIUM/ Ca

- **Peranan /Fungsi Ca :**
- 1. **Berperan penting sebagai elemen struktural dinding sel**, khususnya Ca-pektat di dalam penyusun lamela tengah.
- 2. **Esensial di dalam mengatur struktur membran dan aktivitasnya**, terutama pada aliran ion di akar.
- 3. **Berperan dalam Nitrat Reduktase, Amilase, ATP ase, Fosfolipase P.**

- **4. Jembatan penghubung suatu bahan makro molekul, **misal** : tepung.**
- **5. Memacu pertumbuhan “Pollen Tubes”.**
- **6. Berperan dalam detoksifikasi cairan sel dengan cara membentuk garam yang tidak larut, misalnya ; kristal kalsium oksalat.**

Defisiensi dari Ca :

- 1. Menyebabkan kegagalan tunas-tunas tanaman untuk berkembang dan juga kegagalan dari pucuk akar untuk berkembang.
- 2. Pada tanaman polong ditunjukkan oleh **pertumbuhan yang kerdil dan menguning**.
- 3. Dalam pertumbuhan buah, defisiensi Ca **menyebabkan busuk ujung merah muda pada tomat dan hati coklat pada kacang tanah**.

- **4. Pada jagung** defisiensi Ca mencegah munculnya daun-daun baru dan pucuknya tidak berwarna, dan ditutupi semacam bahan yang lengket yang menyebabkan daun yang satu dengan yang lainnya itu saling melengket.
- **5. Pada tomat** defisiensi Ca akan nampak pendek, gemuk dan coklat (stubby).

6. MAGNESIUM/ Mg :

- Merupakan unsur hara makro dan **bersifat mobil**, diserap tanaman dalam bentuk Mg^{2+} ,
- **Peranan/Fungsi Mg :**
 - **1. Penyusun khlorofil**
 - **2. Pembawa fosfat terutama dalam pembentukan biji berkadar minyak tinggi yang mengandung Lesitin.**

- **3.** Aktif di dalam fungsi penggabungan antara Enzim dan “Substrat Sife”, **misalnya** : memompa Mg^{++} dari tilakoid ke stroma, pada keadaan ada cahaya dapat mengaktifkan RuBP Karboksilase.
- **4.** Berperan di dalam metabolisme Nitrogen dan Sintesis Protein.
- **5.** Dan diperkirakan menunjang integritas Ribosom

Defisiensi Mg :

- 1. **Terjadinya khlorosis** antara urat-urat daun/tulang-tulang daun pada daun-daun tua tetapi mungkin berlanjut mempengaruhi daun-daun yang lebih muda. Jika kekurangan berlanjut daun akan berwarna kuning pucat dan juga terjadi Nekrotik.
- 2. Khlorosis mulai dari pinggir daun dan ujung daun yang meluas ke bagian dalam, yaitu ke sel-sel parenchym daun. **Urat daun tetap hijau.**

- 3. Pada tanaman buncis, defisiensi Mg juga ditunjukkan **mempengaruhi sub struktur khloroplast**, menyebabkan pengurangan jumlah dan ukuran grana.
- **Symptoms/gejala defisiensi Mg :**
- Mg dapat didistribusikan kembali dalam tanaman , sehingga defisiensi pertamakali **tampak pada daun-daun tua sebagai khlorosis antar urat daun.**

UNSUR HARA MIKRO :

- **1. BESI/Fe :**
- Unsur Fe dalam jaringan tanaman sedikit **kurang mobil atau immobil, mobilitasnya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti :**
 - 1). ada tidaknya unsur Mn,
 - 2). kekurangan K,
 - 3). kandungan P yang tinggi, dan
 - 4). intensitas cahaya yang tinggi.
- **Karena immobil**, besi/Fe tidak bergerak dalam tanaman dan tidak didistribusikan kembali.

- **Peranan/Fungsi Fe :**
- **1. Komponen struktural porfirin, sitokrom, hematine, ferrikrome, leghaemoglobin.**
- **2. Ikut di dalam proses oksidasi/reduksi di dalam fotosintesis dan respirasi.**
- **3. Sebagai Kofaktor beberapa Enzim, yaitu : Sitokrom oksidasi, Katalase, Peroksidase, Sintesa khlorofil, Nitrogenase bersama-sama Mo.**

- **Defisiensi besi/ Fe :**
- **1. Terjadi khlorosis** diantara tulang-tulang daun menjalar ke seluruh permukaan daun dan jika sudah lanjut daun berwarna keputih-putihan.
- **2. Menyebabkan berkurangnya jumlah dan ukuran khloroplas.**
- **3. Grana dan lamela khloroplas berkurang pada tanaman jagung.**

2. MANGAN = Mn

- **Peranan/Fungsi Mn :**
- **1. Berperan dalam transport elektron pada fotosistem II.**
- **2. Elemen struktural membran khloroplas.**
- **3. Ikut berperan dalam beberapa fungsi Enzim, misalnya Enzim yang mengkatalisir pemecahan air, Respirasi, metabolisme N, dalam Siklus Krebs.**

- **4. Berperan dalam reduksi Nitrat, yaitu :**
sebagai aktifator Enzim : Nitrat Reduktase, Nitrit Reduktase, Hyponitrit Reduktase, Hydroxylamina Reduktase (Enzim ini tidak ikut terlibat tetapi mengaktifkan).
- **5. Inaktivasi protektor IAA (Indol Acetat Acid).**
- **6. Merangsang perkecambahan biji dan pemasakan buah.**

Defisiensi Mn :

- **1. Terjadi khlorosis, seperti luka-luka pada daun muda (penyakit)**
- **2. Pada tanaman Oat, muncul sebagai bintik atau bercak abu-abu pada daun muda.**
- **Symptoms defisiensi Mn :**
- **Unsur mikro Mn adalah immobil, sehingga pertama kali yang tampak gejala defisiensi seperti luka-luka pada daun muda.**

3. BORON = B

- **Peranan/Fungsi B :**
- **1. Berpengaruh di dalam translokasi gula dari daun, metabolisme fenol dan RNA serta aktivitas asam Gibberellin dan Alpa (α) amilase.**
- **2. Berperan dalam proses pembiakan (reproduksi) tanaman, dan perkecambahan tepung sari.**
- **3. Penting dan ada kaitannya dengan tata air dalam sel, dan mengatur pemasukan air ke dalam sel.**

- **4. Sangat erat hubungannya dengan beberapa fungsi yang berhubungan dengan Ca di dalam tanaman yaitu : mengendalikan Ca lebih melarut dalam tubuh tanaman, sebagai regulator perimbangan K/Ca.**
- **5. Berperan dalam metabolisme Nitrogen, dan dalam perimbangan oksidasi-Reduksi dalam sel.**

Symptoms defisiensi B :

- **1. Terhambatnya pertumbuhan tunas dan diikuti dengan matinya daun-daun yang muda.**
- **2. Daun-daun yang muda menjadi hijau pucat, selain itu juga pertumbuhan akan daun-daunnya kecil kemudian mudah rapuh/remuk.**
- **3. Pada akar pertumbuhan terhambat, juga tidak terbentuk bunga.**
- **4. Terjadi disintegrasi jaringan-jaringan, juga pertumbuhan jaringan aktif yang abnormal.**

4. SENG = Zn

- **Diserap tanaman dalam bentuk ion bivalen Zn^{2+} .**
- **Peranan/Fungsi Zn :**
 - **1. Diperlukan untuk pembentukan Triptopan sebagai prekursor IAA metabolisme Triptamin.**
 - **2. Sebagai kofaktor (katalis) Enzim dehidrogenase, piridin, Nukleotida, alkohol, Glukose -6-P dan Triose P, karbonok anhidrase, fosfodiesterase.**

- 3. Merangsang sintesa Sitokrom C.
- 4. Berperanan dalam proses Oksidasi - reduksi.
- **Defisiensi Zn :**
 - 1. Terjadi khlorosis antara tulang-tulang daun.
 - 2. Terhambatnya pertumbuhan daunnya, membentuk kecil-kecil tetapi rapat (**terbentuk Roset pucuk**) dan pengguguran daun lebih awal, jika defesiensinya kuat (besar)
akan mati.

- **3. Pengurangan sintesis RNA dan Stabilitas Ribosom.**
- **Symptoms defisiensi :**
- **Gejala pertama yang tampak adalah ukuran daun yang kecil, diikuti oleh khlorosis pada daun yang termuda.**

5. TEMBAGA = Cu

- Diserap tanaman **bentuk ion Cu^{2+}** .
- **Peranan/Fungsi Cu :**
- 1, Berperan dalam transport elektron pada fotosintesis.
- 2. Penting selama pembentukan khlorofil.
- 3. Secara tidak langsung berperan di dalam pembentukan nodul akar.
- 4. Kofaktor beberapa Enzim penting, **yaitu : Enzim Oksaidase, misalnya : Tirosinase, asam askorbat, polifenol.**

- **5. Berperan dalam oksidasi terminal oleh Sitokrom Oksidase.**
- **Defisiensi Cu :**
- **1. Daun muda menjadi kuning dan terhambat, jika berlanjut menjadi pucat (memutih) dan melipat, daun secara keseluruhan tampak seperti semak (serealia).**
- **2. Pada beberapa kejadian bila keadaan lanjut terjadi mati jaringan-jaringan sepanjang tepi daun, dan gejala nampak seperti kekurangan Potasium.**

- **3. Pada tanaman jagung menyebabkan akumulasi, malai mungkin tidak berkembang (kegagalan pembentukan bunga) dan tidak membentuk biji.**
- **4. Pada tanaman buah-buahan, pucuk di ujung kerdil dan akan mengalami kematian (yang dimulai dari ujung-ujung cabang) pada musim panas.**

6. MOLIBDENUM = Mo

- Molibdenum diserap tanaman dalam bentuk MoO_4^{2-} .
- Mo diperlukan dalam jumlah kecil, jika terlalu banyak diserap oleh tanaman khususnya tanaman makanan ternak, itu akan membahayakan bagi ternak atau menyebabkan toksisitas.
- **Peranan/Fungsi Mo :**
 1. Komponen struktural Enzim Riboproteinase, Nitrogenase dan Nitrat Reduktase.

- **2. Berperan di dalam serapan dan translokasi besi.**
- **Symptoms Defisiensi Mo :**
- **1. Terjadi klorosis antar urat /tulang-tulang daun, khususnya dimulai dari daun sebelah bawah berkembang menjadi nekrotik, dan daun susah menggulung atau tegak kaku.**
- **2. Pada tanaman kubis jika kekurangan Mo, maka daunnya tidak dapat membentuk krop, karena daunnya tidak menggulung tetapi kaku.**

7. KHLOR = Cl

- Khlor diserap oleh koloid **sebagai anion Cl^-** , unsur yang **immobil/tidak bergerak** dalam tanaman dan berakumulasi di bagian-bagian yang tua.
- **Peranan/Fungsi Cl^- :**
 - 1. Berpengaruh terhadap turgor.
 - 2. Berpengaruh terhadap evolusi O_2 di dalam khloroplast
 - 3. Dalam jumlah kecil mungkin essensial di dalam fotosistem II

- **4. Membantu dalam stabilitas proses oksidasi**
- **5. Pada tanaman tembakau telah dapat dibuktikan dapat menaikkan kadar air jaringan dan berpengaruh dalam metabolisme kharbohidrat.**
- **6. Telah dapat dibuktikan in vitro dapat mempercepat fotosintesis.**
- **Symptoms defisiensi Cl :**
- **Muncul pertama kali sebagai layunya daun-daun yang segera diikuti dengan chlorosis dan warna daun merah tua.**

8. COBALT = Co

- **Peranan/Fungsi :**
 - **1. Berperan dalam fiksasi Nitrogen**
 - **2. Berperan dalam metabolisme leghemoglobin**
 - **3 Berperan dalam Reduktase Ribonukleotida.**
- **9. NATRIUM/ SODIUM = Na**
 - **Diserap tanaman dalam bentuk Na^+ , tetapi bukan merupakan unsur esensial.**

Peranan/Fungsi Na:

- **1. Berperan dalam akumulasi asam Oksalat**
- **2. Berperan dalam membukanya stomata, sebagai pengganti unsur K, dan dianggap mampu menggantikan sebagian dari peran K, tetapi belum ada bukti bahwa seluruh fungsi fisiologis K dalam kondisi kekurangan akan unsur K.**
- **3. Mampu meningkatkan daya tahan tanaman bit gula (dan tanaman lain) terhadap kekeringan dalam kondisi kurang air.**

10. SILIKON = Si

- Peranan Si untuk tanaman tingkat tinggi belum diketahui dengan pasti, **tetapi Si diperlukan untuk pertumbuhan ganggang Diatomeae, suku Grammineae dan beberapa suku lainnya, seperti ketimun dan barley.**
- Dalam penelitian di pot pada padi, dilaporkan bahwa Si meningkatkan karena perpanjangan batang, jumlah anakan dan meningkatkan berat kering dan berat basah tanaman padi.

- **Dapat mengurangi efek racun elemen yang lain.**
- **Defisiensi Si :**
- **Selama periode Reproduksi (pada tanaman padi) akan menurunkan jumlah gabah dan juga menurunkan produksi gabah yang masak.**

Catatan : Untuk terbentuknya leghaemoglobin diperlukan unsur-unsur hara mikro : Fe, Co, Mo

- **Bagaimana Nitrogen dilepaskan pada tanaman legume??**
- (Ada beberapa teori), diantaranya mengatakan :
- 1. Sel-sel dalam **bakteri mengalami lisis** melepaskan senyawa-senyawa Nitrogen ke dalam Cytoplasma sel.
- 2. Bukan sel-sel bakteri yang mengalami lisis, **tetapi sel-sel bakteri mengekrisikan** senyawa-senyawa Nitrogen yang larut ke dalam Cytoplasma dalam akar rambut.