

UNSUR HARA MIKRO TANAH DAN TANAMAN

Hara mikro:

- dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit
- Sama pentingnya dengan hara makro
- Defisiensi juga menghambat pertumbuhan

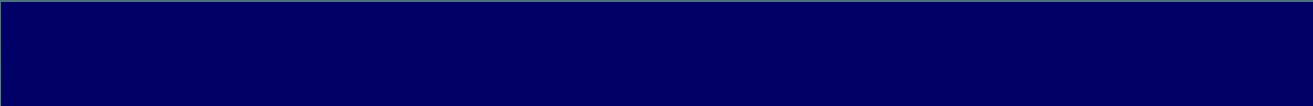
unsur tergolong hara mikro:

1. Fe (besi)
2. Cu (tembaga)
3. Mn (mangan)
4. Zn (seng)
5. B (boron)
6. Mo (molibdenum)
7. Cl (klor)

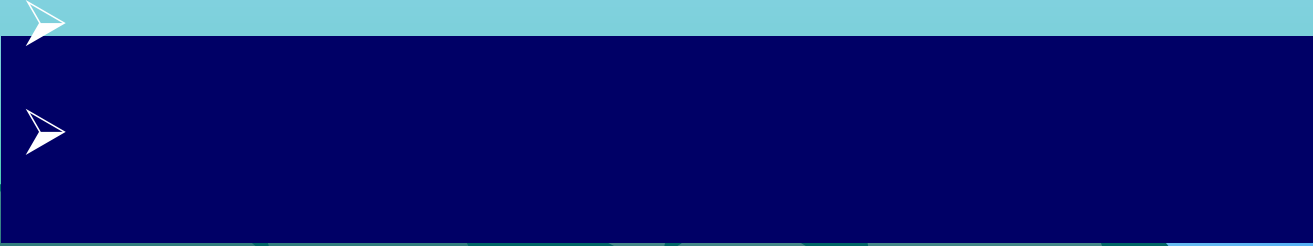


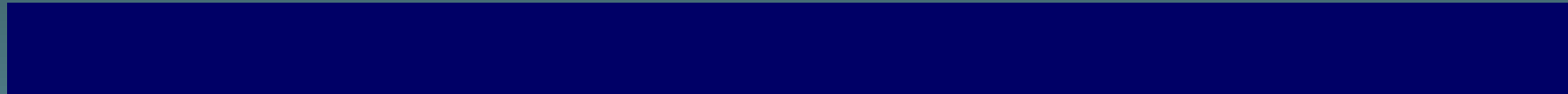
Defisiensi hara mikro terjadi pada:

1. Tanah pasiran
2. Tanah organik/gambut
3. Tanah pertanian intensif dipupuk NPK, sisa tanaman tidak dikembalikan



Hara Mikro	Total di tanah kg/ha
Fe	11.200 - 224.000
Zn	22,4 - 672
B	22,4 - 224
Mn	11,20 – 11.200
Cu	2,2 - 448
Mo	1,12 – 7,84





Hara Mikfro	Nilai pH
B	5,0 – 7,0
Cu	5,0 – 7,0
Fe	4,0 – 6,5
Mn	5,0 – 6,5
Zn	5,0 – 7,0
Mo	5,5 – 8,5
Cl	Tidak dipengaruhi



Fe di dalam tanah

1. Fe unsur terbesar ke 4 penyusun tanah (0,7% - 55%)
2. Sumber Fe mineral primer dan sekunder
3. Mineral primer feromagnesium:
olivin, augit, hornblende, biotit
4. Mineral sekunder: goetit $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} / \text{Fe}(\text{OH})_3$
limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
hematit (Fe_2O_3)

Hemati -- > warna tanah merah

Goetit -- > warna tanah kuning



Perilaku Fe di dalam tanah

- Reaksi dg senyawa organik -- > kompleks Fe-organik (khelat) -- > tidak larut
- Khelat (Fe-organik) tidak tersedia bagi tanaman
- Diserap tanaman: Fe^{2+} dan Fe^{3+}
- Kelarutan Fe dipengaruhi pH dan redoks
- Fe larut tinggi -- > kond. Reduktif/tergenang & pH rendah akibatnya:- tanaman keracunan Fe
 - Fe memfiksasi P, Mo & SO_4
($\text{FeH}_2\text{PO}_4^-$, FeMoO_4^- & FeSO_4^{2-})

Fungsi Fe di dalam tanaman

1. Sintesis klorofil
2. Komponen protein citarasa/flavorproteins
3. Komponen sistim enzim
4. Komponen porfirin: sitokrom transpor elektron, sitokrom respirasi, hematin, ferikron, dan leghemoglobin.
5. Komponen protein feredoksin, reduksi nitrat (NO_3^-), sulfat (SO_4^{-2}), pembentuk energi (NADP)
6. Sintesis senyawa haem/porphyrins: katalase & peroksidase aktif dalam oksidasi biologi
7. Pembentuk meristem akar

Kesimpulan kahat Fe terganggu proses fisiologi dan metabolisme (fotosintesis & oksidasi biolog)

Gejala defisiensi Fe di dalam tanaman

1. tidak mobil
2. gejala awal pada daun muda
3. khlorosisi pada daun muda diantara vena
4. defisiensi parah daun kering, tulang daun hijau pucat
- kecoklatan
5. terjadi pada tanah pH tinggi ($\text{pH} > 7,5$)
6. terjadi bila logam (Mo, Cu, Mn dan Zn) tidak seimbang



Kandungan Fe di dalam daun tanaman

1. Berkisar 10 ppm – 1000 ppm
2. Tingkat kecukupan 50 ppm – 75 ppm
3. Titik kritis Fe sebagian besar tanaman 50 ppm



Sumber	Kadar Fe (%)
Besi Sulfat	19 - 23
Besi oksida	69 - 73
Besi amonium sulfat	14
Besi amonium polifosfat	22
Besi kelat	5 - 14
Bahan organik lain	5 - 10

Dosis :

$\text{FeSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = 5 - 25 \text{ kg/ha}$ ketanah

= 0,2 – 0,5% (larutan) disemprotkan kedaun

Tembaga (Cu)

Cu di dalam tanah dan tanaman

1. Kandungan Cu total dlm tanah 1 – 50 mg/kg tanah
2. Bentuk Cu dalam tanah: bahan organik, terjerap spesifik, kelat (komplek Cu-organik) dan Cu-dd
3. Ikatan Cu-organik lebih kuat daripada Fe/ Al-organik
4. Akibatnya di gambut terjadi defisiensi Cu
5. > 90% Cu bentuk kompleks Cu-organik
6. . pH tanah tinggi > 6,8 Cu kurang tersedia, $\text{Cu}(\text{OH})_2$



8. Sumber utama mineral: sulfida kalkopirit (CuFeS_2)
9. Fe, Mn & Al larut terlalu tinggi menekan serapan Cu
10. Kadar Cu dalam jaringan tanaman 5 ppm – 20 ppm
11. Kadar kritis Cu dalam daun 20 - 30 ppm
12. Cu larut tinggi dalam tanah meracun bagi tanaman dan menekan aktivitas/ serapan Fe
13. Keracunan akar oleh Cu, 5 – 10 x lebih toksik dari Al pertumbuhan akarter hambat



Fungsi Cu dalam tanaman

1. Komponen dan aktivator enzim

enzim polifenol oksidase dan diamin oksidase →
sintesis lignin (dinding sel)

3. Tanaman kahat Cu mudah rebah dan peka terhadap serangan hama & penyakit

4. Cu terlibat dalam reaksi redoks ($\text{Cu}^{2+} + e \rightleftharpoons \text{Cu}^+$) (transpor elektron, fotosintesis, respirasi, pembentukan ATP)

5. ATP berperan dalam proses fisiologis & metabolisme sintesis protein, lemak, serapan hara secara aktif



Defisiensi Cu dalam tanaman

1. Jarang terjadi
2. Defisiensi Cu khlorosis pada daun muda dg pinggir dan tulang daun hijau pucat.
3. tanaman sensitif terhadap kahat Cu: padi, asparagus, kentang dan kedelai
4. Jeruk kekurangan Cu mengakibatkan buah pecah
5. Defisiensi parah -- > mati mulai dari pucuk batang
Pada jagung dan biji-bijian, tanaman kerdil, daun muda kuning
5. Mempeengaruhi pembentukan biji dan buah

Sumber	Kadar Cu (%)
Cu Sulfat	22
Cu-NH ₄ -posfat	30
Kelat tembaga	bervareasi
Bahan organik lain	bervareasi

Dosis :

$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = 5 - 25 \text{ kg/ha}$ ketanah

= 0,2 – 0,5% (larutan) disemprotkan kedaun

Mangan (Mn) di dalam tanah

1. mineral primer dan bahan organik
2. bentuk dlm tanah: mineral, kompleks Mn-organik, Mn-dd & Mn larut
3. konsentrasi Mn dalam tanah beragam (20 - 3000 ppm), rata-rata 600 ppm
4. mineral mengandung Mn: pirolusin (MnO_2), Manganit (MnOOH), hausmanit (Mn_3O_4)
5. bentuk kompleks Mn-organik dlm tanah 80 – 90%
6. Kelarutan Mn dipengaruhi pH dan redoks tanah



Keluruhan: Mn(OH)_2 < ---- > Mn^{2+}

pH tinggi

pH rendah

Mn^{4+}

<----> Mn^{2+}

oksidatif

reduktif

Reduktif & pH rendah Mn^{2+} meningkat

oksidatif & pH tinggi Mn^{2+} turun (kurang tersedia/kahat Mn)

Tanah mineral masam Mn^{2+} sangat tinggi

terjadi keracunan

Gejala keracunan Mn, bercak coklat pada daun tua dan klorosis → penyerapan Fe, Cu dan Zn terhambat

Peranan Mn dalam tanaman

1. Komponen khloroplas
2. Aktivator enzim (proses fotosintesis, respirasi, metabolisme N, dekarboksilase dan dehidrogenase)
3. Kovaktor berbagai enzim : dalam proses fotosintesis, fenilalamin (mediasi asam fenolik, peroksidase → polimerisasi alkohol -- > pembentukan lignin.
4. Lignin komponen dinding sel, kekurangan Mn tanaman mudah diserang fungi/jamur
5. Konsentrasi Mn di dlm tanaman beragam 20 – 500 ppm
6. Batas kritis 10 – 20 ppm

Gejala kahat Mn

1. Mn tidak mobil dalam tanaman
2. gejala kekurangan pada daun muda
3. khlorosis antar tulang daun, bercak kecoklatan/abu dan nekrosis dengan tulang daun masih hijau
4. defisiensi sangat parah daun muda coklat – kekuningan
5. pertumbuhan akar terhambat
6. kahat Mn terjadi pada pH tinggi.

Sumber	Kadar Mn (%)
Mangan Sulfat	26 - 28
Mangan oksida	41 - 68
Mangan kelat	12
Mangan karbonat	31
Mangan klorida	17

Dosis :

$\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} = 5 - 25 \text{ kg/ha}$ ketanah

= 0,2 – 0,5% (larutan) disemprotkan kedaun

$\text{MnSO}_4 = 11 \text{ kg/ha}$

0,2 – 0,5% (larutan) semprotkan ke daun

Seng (Zn) di dalam tanah

1. mineral primer dan bahan organik
2. Bentuk Zn dalam tanah: Zn-mineral, kompleks Zn-organik, Zn-dd & Zn larut
3. Konsentrasi Zn dalam tanah beragam (10 - 300 ppm)
4. Mineral mengandung Zn: Spalerit (ZnS), Smitsonit ($ZnCO_3$), hemimorfit $Zn_4(OH)_2Si_2 \cdot 7H_2O$,
5. Zn mengganti Mg dalam mineral liat silikat monmorilonit
6. Zn larut dipengaruhi pH
7. pH rendah (5,5 – 6,5) ketersediaan Zn tinggi,
pH tinggi Zn membentuk $Zn(OH)_2$ -- > tidak tersedia

8. kahat Zn sering terjadi daripada hara mikro lain
9. pemupukan P dosis tinggi -- > kahat Zn (Zn-fosfat) terutama konsentrasi Zn rendah
10. ukuran Zn relatif sama Mg -- > Zn terfiksasi
11. Zn-organik tidak tersedia bagi tanaman
12. Zn diimobilisasi oleh mikroba tanah
13. ketersediaan Zn meningkat oleh mikoriza



Peranan Zn di dalam tanaman

1. Kofaktor enzim termasuk triptofan dan hormon auksin
2. Komponen enzim (alkohol dehidrogenase, Cu-Zn superoksid dismutase, karbonic anhidrase, RNA-polimerase
3. Enzim alkohol dehidrogenase -- > pembentukan etanol dari asetildehida pada ujung akar.
4. Karbonik anhidrase terdapat dalam kloroplas untuk asimilasi CO_2 fotosintesis
5. Penting dalam metabolisme karbohidrat, sintesis protein, pertumbuhan batang, Zn penting dlm transkripsi DNA



Defisiensi Zn pada tanaman

1. Zn tidak mobil
2. gejala pada daun muda (klorosis, tulang daun hijau)
3. pertumbuhan terhambat, buku pendek, daun kecil/kerdil
4. keriting dan mengelompok pada bagian atas tanaman
5. tanaman sensitif kurang Zn: jeruk, jagung, kapas, kentang
6. defisiensi Zn pada tanah tererosi berat/terlapuk lanjut, pasir, gambut
7. kandungan Zn dalam tanaman beragam: 25 – 150 ppm
8. titik kritis Zn dlm tanaman 10 – 20 ppm

Sumber	Kadar Zn (%)
Zink Sulfat	23 - 2836
Zink oksida	78
Zink sulfat (basic)	55
Zink organik	5 - 10

Dosis :

Pemupukan Zn melalui daun : 0,6 – 1,12 kg/ha (larutkan dg konsentrasi 0,2 – 0,5%)

Molibdenum (Mo) di dalam tanah

1. sumber mineral primer dan bahan organik
2. mineral mengandung Mo dalam tanah: besi-molibdat : $\text{Fe}_2(\text{MoO}_4)_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, wulfenit : PbMoO_4 , powelit : CaMoO_4
3. kandungan Mo total dalam tanah beragam (0,2 - 36 ppm)
4. bentuk dalam tanah: mineral, terjerap/labil-Mo & Mo larut
5. fiksasi MoO_3^{-2} : mineral alofan, oksida/hidroksida Al, Fe & Si amorf
6. Mo larut: MoO_4^{2-} , HMoO_4^- , H_2MoO_4^- (MoO_4^{2-} terbanyak)
7. konsentrasinya tergantung pH,
8. pH meningkat -- > ketersediaan Mo

8. pengapuran -- > meningkatkan ketersediaan Mo
9. pemupukan P dosis tinggi meningkatkan serapan Mo
10. pemupukan S dosis tinggi menekan serapan Mo
11. sensitivitas tanaman terhadap kahat Mo beragam tergantung jenis dan varietas tanaman
12. total Mo-organik >> daripada Mo-mineral
13. anion molibdat (MoO_4^{2-}) membentuk kompleks dengan anion lain : fosfomolibdat



Peranan Mo di dalam tanaman

1. sebagai kofaktor beberapa enzim: nitrat reduktase, nitrogenase, santin oksidase/dehidrogenase, aldehyd oksidase, sulfat oksidase.
2. Nitrat reduktase enzim" mereduksi $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3$,
nitrogenase \rightarrow fiksasi N_2 udara
(simbiosis atau nonsimbiosis)
3. defisiensi Mo = gejala defisiensi N (reduksi nitrat/fiksasi N_2 udara terganggu)
4. kandungan Mo dalam tanaman 0,34 – 1,5 ppm

Kelebihan Mo di dalam tanaman

1. jarang terjadi kelebihan Mo dalam tanaman
2. tanaman dengan kadar Mo tinggi -- > sapi keracunan (kadar Mo ≥ 5 ppm)
3. kadar Mo tinggi pada jarirangan tanaman -- > tanah alkalin
4. kelebihan Mo pada ternak -- > defisiensi Cu
penyebab penyakit molibdenosis pada ternak

Defisiensi Mo di dalam tanaman

1. daun muda berwarna pucat, pinggir daun coklat seperti terbakar, pertumbuhan daun terhambat
2. daun tua klorosis seperti kahat N dari daun tua terus ke daun muda (defisiensi berat)
3. defisiensi Mo bersamaan dengan defisiensi S dan P
4. titik kritis kadar Mo dalam daun 0,1 – 1,0 ppm
5. defisiensi Mo sering terjadi pada tanah mineral masam dan tanah bertekstur pasir
6. aplikasi P dosis tinggi meningkatkan serapan Mo,
7. aplikasi S dosis tinggi mengurangi serapan Mo (pH tanah turun)

Sumber	Kadar Mo (%)
Amonium molibdat $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$	54
Natrium molibdat $(\text{Na}_2\text{MoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O})$	39 - 41
Asam molibdat (H_3MoO_4)	47,5
Molibdat trioksida (MoO_3)	66

Boron (B) di dalam tanah

1. Sumber B : mineral primer dan bahan organik
2. kandungan B total dalam tanah beragam (1 - 270 ppm)
3. bentuk Mo dalam tanah: mineral B, terjerap pada mineral liat, oksida /hidroksida Al dan Fe, Mo larut & B-organik
4. B dalam tanah tidak mobil karena difiksasi
5. jerapan B meningkat bila pH naik dari 4 -- > 8 – 9 berkurang pada pH > 9
6. B larut dalam tanah: H_3BO_3 atau $B(OH)_4$, kelarutan meningkat pada pH rendah

7. mineral mengandung B: aksenit, uleksit, kolemanit, kermit, turmalin (dominan).
8. sumber utama B: B-organik
9. tanah berkadar bahan organik rendah berpotensi kahat B
10. B sangat mobil dlm tanah, tanah pasir & drainase baik curah hujan tinggi (B tercuci tinggi/kahat B)
11. bentuk anion B : H_2BO_3^- , HBO_3^{2-} , BO_3^{3-} & $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$
(pada pH > 7 bentuk mudah diserap tanaman)
12. umumnya diserap tanaman H_3BO_3 pada pH rendah



Peranan B di dalam tanaman

1. pembentukan dinding sel, integritas membran sel, membantu translokasi gula dan serapan Ca
2. Penting pada: perkecambahan, pembungaan, pembentukan tepung sari, buah, pembelahan sel, status air, pergerakan hormon
3. Translokasi gula dalam floem
4. B tidak mobil, sukar ditranslokasi ke daun/jaringan muda
5. kandungan B dalam tanaman monokotil 6 – 18 ppm dan dikotil 20 – 60 ppm
6. titik kritis B < 20 ppm



Defisiensi B dalam tanaman

1. Gagal pertumbuhan pucuk, batang kaku, pertumbuhan cabang lateral
2. Daun berwarna ungu, coklat dan kuning, menebal, keriting, buah mudah rontok
3. Buah, umbi dan akar berubah warna, berkarat coklat dan pecah
4. Tanaman buah dan sayur mudah busuk, buah kasar, matang tidak merata, buah keropos
5. Kahat B jarang terjadi
6. terjadi pada tanah pasiran, drainase baik, curah hujan tinggi

Sumber	Kadar Mo (%)
Borak	11,3
Natrium pentaborak	18,0
Natrium tetraborak (pupuk borak 46)	14,0
Natrium tetraborak (pupuk borak 65)	20,0
Asam borak	17,0
Colemanite	10,0
Solubor	20

Khlor (Cl) di dalam tanah

1. Dalam bentuk garam larut: NaCl , CaCl_2 , MgCl_2
2. Hampir tidak ada dalam bentuk mineral, terfiksasi dan organik
3. Ion Cl sangat mobil dalam tanah, mudah tercuci
4. Masuk kedalam tanah melalui air hujan, air irigasi, letusan gunung berapi, air laut
5. Kahat Cl jarang terjadi
6. Ditambahkan melalui pemberian pupuk KCl (65% Cl), MgCl_2 (74% Cl) dan NaCl (66% Cl)
7. Diserap tanaman dalam bentuk Cl^-

Peranan Cl dalam tanaman

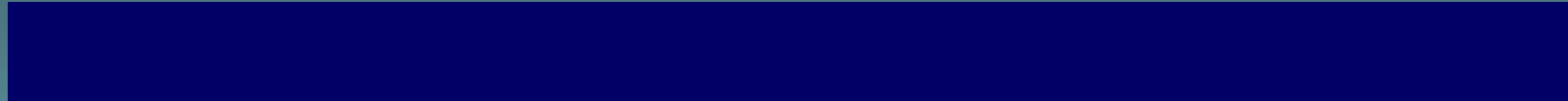
1. Terlibat dalam beberapa proses metabolisme tanaman
2. Mengatur tekanan osmosis cairan sel, mengatur membuka dan menutup stomata, gerakan air, dan zat-zat terlarut dalam sel tanaman
3. Mengatur keseimbangan ion dalam penyerapan hara dan fotosintesis
4. Penting dalam proses fotosintesis (kadarnya dalam kloroplas 10%)
5. Ion Cl^- dalam tanaman sangat mobil, mudah larut dan tercuci dari tubuh tanama

Defisiensi dan kelebihan Cl dalam tanaman

1. Titik kritis Cl bila kandungannya $< 0,15\%$
2. Gejala kahat Cl layu daun pucuk, klorosis, nekrosis, daun warna tembaga
3. Konsentrasi Cl terlalu tinggi -- $>$ tanaman keracunan (lebih sering terjadi dibandingkan kahat Cl)
4. Kelebihan Cl -- $>$ meningkatkan tekanan osmosis air tanah sehingga tanaman layu.
5. Tanaman sering keracunan Cl : tembakau dan tomat
ciri: daun menebal dan menggulung
6. Keracunan Cl pada tanah salin, kadar NaCl sangat tinggi, tekanan osmosis akar tinggi -- $>$ serapan air terganggu

Tabel 2. Kadar hara mikro dalam bahan kering tanaman untuk pertumbuhan normal

Unsur Hara		$\mu\text{g mol/g}$ berat kering	mg/kg bahan kering	Jumlah atom relatif
Molibden	Mo	0,001	0,1	1
Tembaga	Cu	0,10	6	100
Seng	Zn	0,30	20	300
Mangan	Mn	1,0	50	1000
Besi	Fe	2,0	100	2000
Boron	B	2,0	20	2000
Khlor	Cl	3,0	100	3000



Hara Mikro	Diserap Tanaman (kg/ha)	
	Jagung	Kapas
B	0,067	0,056
Cu	0,056	0,034
Fe	0,112	0,078
Mn	0,090	0,034
Mo	0,034	0,022
Zn	0,168	0,067



Tabel 4. Kadar hara mikro dalam daun ketiga termuda tanaman kopi

Spesies	Lokasi	Hara Mikro				
		Fe	Mn	Zn	Cu	B
	 µg/g				
					
Coffea arabica	Aiyra, Papua New Guinea	55,8	147	4,25	16	17
Coffea canephora	Bubia, papua New Guinea	56	33	5,75	22,5	61

Tabel 5. Kadar hara mikro dalam tanaman karet muda (umur 27 bulan)

Hara mikro	g /pohon
Besi (Fe)	1,14
Mangan (Mn)	1,18
Seng (Zn)	0,4
Tembaga (Cu)	0,09
Boron (B)	0,13
Molibdenum (Mo)	0,004

UNSUR BERMANTFAAT LAIN BAGI TANAMAN



Unsur lain yang bermanfaat bagi tanaman:

1. Nikel (Ni)
2. Natrium (Na)
3. Kobal (Co)
4. Silikon (Si)

Nikel (Ni)

1. Ni ditetapkan sebagai unsur esensial bagi tanaman (laboratorium tanah, tanaman dan nutrisi & kantor penelitian dan pelayanan di Ithaca, New York, USA)
2. Ni pembentuk enzim urease untuk memecah urea mineralisasi N urea -- > tersedia bagi tanaman
3. berperan dalam penyerapan Fe oleh tanaman
4. dibutuhkan dalam perkecambahan biji
tanaman kahat Ni gagal membentuk biji

Natrium (Na)

1. berperan dalam pergerakan air (tekanan osmosis) dan keseimbangan ion dlm tanaman
2. Esensial bagi tanaman -- > pada tanah berkadar garam tinggi,
3. dalam vakuola -- > menjaga tekanan turgor sel & pertumbuhan tanaman
3. berpengaruh baik pada tanah kahat K, Na mengganti fungsi K
4. beberapa jenis tanaman butuh Na -- > pertumbuhan optimum contoh seledri dan bayam

Kobal (Co)

1. Co dibutuhkan mikroba dalam penambatan N_2 udara pada tanaman kacang-kacangan
2. Esensial bagi tanaman yang tumbuh pada tanah berkadar garam tinggi,
3. kandungan Co dalam tanaman berkadar garam tinggi 0,02 – 0,5 ppm.
3. Kebutuhan Co lebih tinggi pada tanaman penambat N_2 udara

Siklikon (Si)

1. Si unsur paling banyak kedua penyusun kerak bumi
2. Si komponen penyusun dinding sel tanaman
3. Kadar Si pada tanaman biji-bijian dan rumputan 0,2 – 2,0%, tanaman berdaun lebar 0,02 – 0,2%
4. Tanaman yang cukup Si mempunyai dinding sel lebih kuat dan tegar, tanaman tahan terhadap serangan hama dan penyakit
5. Tanaman yg cukup Si toleran terhadap kekeringan dan panas tinggi
6. Si mencegah keracunan Fe dan Mn.
7. Tanaman cukup si terhindar dari serangan hama kutu.

Defisiensi Cu



Defisiensi Cu menyebabkan:

- Mid crown chlorosis/peat yellow
- Chlorosis hijau pucat-kekuningan pada daun muda
- Daun pendek, kuning dan mati

Penyebab defisiensi:

- Ketersediaan (Cu-dd) rendah
- Jumlah hara tidak seimbang penambahan Mg telalu tinggi
Penambahan N & P tanpa K

Defisiensi Fe, Cu & B



Menyebabkan:

- pada daun bercak seperti pulau warna dasar hijau pucat
- ujung daun nekrosis
- tajuk atas menguning
- daun muda tidak tumbuh normal
- tanaman tidak berkembang
- tanaman kerdil/kanopi kecil

