

ILMU TANAH DAN NUTRISI TANAMAN

Basuki S.P.,M.Sc

Fahmi Arief Rahman, S.P., M.Si.

Dr. Dewi Firnia.SP.,MP

Dr. Abdul Hasyim Sodiq, SP., M.Si

Dr. Anna Kusumawati, SP., M. Sc.

Erlina Rahmayuni, SP.,MP.

Endang Sulistyorini., S.P., M.Si

Stormy Vertygo, S. Si, M. Sc



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

ILMU TANAH DAN NUTRISI TANAMAN

Penulis:

Basuki S.P.,M.Sc
Fahmi Arief Rahman, S.P., M.Si.
Dr. Dewi Firnia.SP.,MP
Dr. Abdul Hasyim Sodik, SP., M.Si
Dr. Anna Kusumawati, SP., M. Sc.
Erlina Rahmayuni, SP.,MP.
Endang Sulistyorini., S.P., M.Si
Stormy Vertygo, S. Si, M. Sc

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Tahta Media

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

vi, 153, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-5488-00-4

Cetakan Pertama:

Juli 2022

Hak Cipta 2022, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2022 by Tahta Media Group

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP
(Grup Penerbitan CV TAHTA MEDIA GROUP)
Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karuniaNya Buku Kolaborasi dalam bentuk *Book Chapter* ini dapat dipublikasikan diharapkan sampai ke hadapan pembaca. *Book Chapter* ini ditulis oleh sejumlah Dosen dan Praktisi dari berbagai Institusi sesuai dengan kepakarannya serta dari berbagai wilayah di Indonesia.

Terbitnya buku ini diharapkan dapat memberi kontribusi yang positif dalam ilmu pengetahuan dan tentunya memberikan nuansa yang berbeda dengan buku lain yang sejenis serta saling menyempurnakan pada setiap pembahasannya yaitu dari segi Konsep yang tertuang sehingga mudah untuk dipahami. Sistematika buku yang berjudul “Ilmu Tanah dan Nutrisi Tanaman” terdiri dari 8 Bab yang dijelaskan secara terperinci sebagai berikut:

Bab 1 Komponen dan Karakter Penyusun Tanah

Bab 2 Hubungan Tanah, Air dan Tanaman

Bab 3 Klasifikasi dan Ketersediaan Unsur Hara

Bab 4 Macam dan Teknik Pemberian Pupuk

Bab 5 Mekanisme Penyerapan Unsur Hara

Bab 6 Fungsi-Fungsi Unsur Hara Bagi Tanaman

Bab 7 Gejala dan Defisiensi Toksisitas Unsur Hara

Bab 8 *Short and Long Distance Transport*

Akhirnya kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung penyusunan dan penerbitan buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Direktur Tahta Media
Dr. Uswatun Khasanah, M.Pd.I., CPHCEP

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Bab 1 Komponen dan Karakter Penyusun Tanah	
Basuki S.P.,M.Sc	
Universitas Jember	
A. Pembentukan Tanah.....	4
B. Faktor Pembentuk Tanah	5
C. Bahan Penyusun Tanah.....	5
Daftar Pustaka	20
Profil Penulis	22
Bab 2 Hubungan Tanah, Air dan Tanaman	
Fahmi Arief Rahman, S.P., M.Si.	
Universitas Trunojoyo Madura	
A. Konsep Air Tanah.....	25
B. Air Tanah Tersedia	27
C. Retensi, Infiltrasi dan Perkolasi	30
D. Larutan Tanah	31
E. Peran Air dan Serapannya Oleh Akar	32
Daftar Pustaka	35
Profil Penulis	39
Bab 3 Klasifikasi dan Ketersediaan Unsur Hara	
Dr. Dewi Firnia.SP.,MP	
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	
A. Klasifikasi Unsur Hara.....	41
B. Ketersediaan Unsur Hara	46
Daftar Pustaka	52
Profil Penulis	53
Bab 4 Macam dan Teknik Pemberian Pupuk	
Dr. Abdul Hasyim Sodik, SP., M.Si	
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	
A. Macam-Macam Pupuk.....	56
B. Teknik Pemberian Pupuk.....	64

Daftar Pustaka	73
Profil Penulis	75
Bab 5 Mekanisme Penyerapan Unsur Hara	
Dr. Anna Kusumawati, SP., M. Sc.	
Politeknik LPP Yogyakarta	
A. Faktor Yang Mempengaruhi Penyerapan Hara.....	77
B. Perpindahan Unsur Hara Dari Tanah ke Tanaman	82
Daftar Pustaka	84
Profil Penulis	89
Bab 6 Fungsi-Fungsi Unsur Hara Bagi Tanaman	
Erlina Rahmayuni, SP.,MP.	
Universitas Muhammadiyah Jakarta	
A. Fungsi – Fungsi Unsur Hara Makro.....	92
B. Fungsi – Fungsi Unsur Hara Mikro	97
Daftar Pustaka	102
Profil Penulis	106
Bab 7 Gejala dan Defisiensi Toksisitas Unsur Hara	
Endang Sulistyorini., S.P., M.Si	
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	
A. Deskripsi Tanah dan Nutrisi Tanaman.....	108
B. Identifikasi Defisiensi dan Toksisitas Unsur Hara.....	110
C. Gejala Defisiensi dan Toksisitas Unsur Hara Makro	113
D. Gejala Defisiensi dan Toksisitas Unsur Hara Mikro.....	119
Daftar Pustaka	127
Profil Penulis	130
Bab 8 <i>Short and Long Distance Transport</i>	
Stormy Vertygo, S. Si, M. Sc	
Politeknik Pertanian Negeri Kupang	
A. Transportasi Jarak-Dekat (<i>Short-Distance Transport</i>).....	133
B. Transportasi Jarak-Jauh (<i>Long-Distance Transport</i>)	140
Daftar Pustaka	150
Profil Penulis	153



BAB

6

**FUNGSI-FUNGSI UNSUR
HARA BAGI TANAMAN**

**Erlina Rahmayuni, SP.,MP.
Universitas Muhammadiyah Jakarta**

Tanaman sangat membutuhkan unsur hara untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur hara tersebut selanjutnya akan digunakan untuk proses metabolisme tanaman dan setiap unsur hara yang diserap tanaman memiliki fungsi spesifik yang umumnya tidak dapat digantikan oleh unsur hara lain. Unsur hara terbagi atas dua kelompok yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro dimana unsur hara makro merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit. Unsur hara makro terdiri dari 9 unsur yaitu terdiri dari karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Sedangkan unsur hara mikro terdiri dari 7 unsur diantaranya adalah boron (B), klor (Cl), tembaga (Cu), besi (Fe), Mangan (Mn), Molibdenum (Mo) dan seng (Zn). Secara rinci unsur hara yang dibutuhkan tanaman di alam dalam posisinya pada Tabel Periodik Unsur dilihat pada Gambar 1.

H																	He																												
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne																												
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar																												
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	L	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo																												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> <td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lr</td> </tr> </tbody> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

Gambar 1 Unsur hara makro dan mikro dalam Sistem Tabel Periodik Unsur

Unsur hara makro dan mikro memiliki fungsi penting (essensial) dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dimana masing-masing unsur hara tersebut mempunyai fungsi spesifik dan tidak dapat digantikan dengan unsur hara lainnya. Artinya jika salah satu unsur hara ditemukan dalam jumlah yang banyak di tanah, tetapi unsur hara tersebut tidak dapat mengatikan kekurangan salah satu unsur hara yang tidak terdapat pada tanah tersebut. Setiap unsur hara memiliki karakter dan peranan masing-masing dalam mendukung proses metabolisme tanaman.

A. FUNGSI – FUNGSI UNSUR HARA MAKRO

1. Karbon (C), Hidrogen (H) dan Oksigen (O)

Karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O) merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman. Ketiga unsur hara ini keberadaannya melimpah di alam, sehingga tanaman tidak akan terganggu untuk ketersediaannya. Fungsi-fungsi unsur C bagi tanaman diantaranya adalah sebagai unsur penunjang pertumbuhan tanaman dalam hal pembentukan karbohidrat, protein, lemak dan pembentuk selulosa sebagai penguat dinding sel tanaman. Selain itu unsur C sangat berperan dalam menciptakan rasa pada buah dan pembentuk warna pada bunga dan daun tanaman. Unsur hara H berfungsi sebagai pembentuk glukosa menjadi karbohidrat atau sebaliknya dan berperan dalam proses pembentukan lemak dan protein. Sedangkan unsur O berfungsi sebagai pembentuk bahan organik dan sangat berperan dalam proses oksidasi yaitu merubah karbohidrat menjadi energi.

2. Nitrogen (N)

Nitrogen (N) merupakan unsur hara yang utama dan dibutuhkan dalam jumlah yang banyak untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen merupakan salah satu faktor penunjang penting bagi pertumbuhan tanaman dalam bentuk komponen struktural utama protein, koenzim, klorofil, pirimidin, purin, dan asam nukleat. Nitrogen secara aktif terlibat dalam banyak proses metabolisme yang memberikan kontribusi langsung terhadap peningkatan produktivitas dan meningkatkan hasil panen. Karena tanaman membutuhkan nitrogen dalam jumlah besar, jumlah itu harus tersedia bagi tanaman, jika kurang ditambahkan ke tanah melalui aplikasi pupuk. Tetapi beberapa tanaman seperti kacang-kacangan mendapatkan beberapa proporsi nitrogen yang dibutuhkan dari atmosfer melalui proses fiksasi nitrogen. Nitrogen adalah elemen yang bersifat mobile dan di tanah tersedia sebagai nitrat (NO_3^-) atau amonium (NH_4^+) untuk tanaman dan adanya kelembaban tanah yang memadai sangat penting untuk proses mineralisasi nitrogen. Meskipun amonium beracun pada konsentrasi yang lebih tinggi namun dapat dengan cepat diubah menjadi senyawa organik di akar tanaman. Sementara nitrat mudah diangkut dan disimpan dalam organel penyimpanan sel akar dan pucuk. Fungsi nitrogen dalam pertumbuhan tanaman yaitu:

- a. merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama dalam pertumbuhan akar, batang dan daun tanaman
- b. berperan dalam pembentukan zat hijau daun yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis
- c. berpengaruh langsung terhadap sintesis karbohidrat di dalam sel tanaman
- d. berperan terhadap vigor tanaman
- e. berperan dalam penyusunan semua senyawa protein, lemak, dan berbagai persenyawaan organik lainnya.

Peranan nitrogen, dapat ditandai dengan berjalannya proses fotosintesis, warna daun lebih hijau dan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik. Adanya defisiensi nitrogen menyebabkan aktifitas pembelahan sel dan pembesaran sel menjadi terhambat. Hal tersebut menyebabkan tanaman tumbuh kerdil. Sebagai unsur penyusun klorofil pada daun, maka nitrogen bertanggungjawab dalam pembentukan warna hijau daun. Tanaman yang mengalami defisiensi nitrogen akan menunjukkan gejala warna daun yang kekuningan, daun berukuran kecil dan pucat serta terjadinya gugur daun sebelum saatnya.

3. Fosfor (P)

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro yang sangat dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak setelah unsur N. Di alam, fosfor ada dalam bentuk organik dan inorganik. Fosfor organik berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang belum terdekomposisi oleh mikroba di dalam tanah. Fosfor inorganik berhubungan dengan senyawa aluminium, besi dan kalsium dari berbagai kelarutan dan ketersediaannya bagi tanaman. Fosfor dalam tanah berupa ion ortofosfat; tanaman mengambil unsur P dalam bentuk ion $H_2PO_4^-$ atau HPO_4^{2-} tergantung pada pH tanah dan penyerapan fosfor tertinggi biasanya berada pada kisaran pH 5.0 sampai 6.0, dimana unsur P dalam bentuk $H_2PO_4^-$ mendominasi didalam tanah.

Fungsi unsur P yaitu:

- a. merangsang pertumbuhan, khususnya akar, benih dan tanaman muda
- b. berperan dalam pembentukan sejumlah protein tertentu
- c. membantu proses asimilasi dan pernapasan tanaman
- d. Mempercepat pembungaan dan pemasakan biji dan buah

Fosfor diperlukan dalam pembentukan ATP dan energi yang dihasilkan dari ATP tersebut dimana nantinya akan berperan penting dalam penyerapan unsur hara lain seperti unsur P, K dan Cu. Hal ini disebabkan karena penyerapan hara tersebut berlangsung melalui proses difusi, dimana pergerakan hara dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah membutuhkan energi ATP. Fosfor merupakan komponen molekul penting seperti asam nukleat, fosfolipid dan ATP.

Pengamatan secara visual tanaman yang kekurangan unsur hara P akan menunjukkan gejala daun berwarna ungu atau kemerahan pada daun tua. Hal ini disebabkan karena terbentuknya pigmen antosianin karena terjadinya akumulasi gula pada daun sebagai akibat dari terhambatnya proses sintesa protein. Rendah konsentrasi fosfor dalam tanah menyebabkan terhambatnya proses metabolisme seperti respirasi, fotosintesis, pembelahan sel dan ekspansi. Serta kekurangan fosfor juga mengurangi penyerapan dan asimilasi nitrat dalam tanaman. Cekaman kekeringan pada tanah mengurangi transfer fosfor dari tanah ke akar dan transportasi selanjutnya ke batang. Faktor penting dalam meningkatkan mobilitas dan penyerapan fosfor adalah dengan menjaga ketersediaan air yang cukup dalam tanah. Efisiensi dan konversi fosfor dapat dipercepat dengan penambahan pupuk fosfor ke tanah.

4. **Kalium (K)**

Kalium (K) merupakan unsur makro bagi tanaman dan merupakan ion yang sangat dinamis (mobile) dalam sistem tanah, dan termasuk kation yang paling melimpah keberadaannya di alam. Kalium berperan dalam pengangkutan hasil fotosintesis didalam tanah, selain itu kalium dibutuhkan dalam jumlah yang banyak setelah unsur N dan P. Fungsi-fungsi unsur K bagi pertumbuhan tanaman yaitu:

- a. berperan ganda dalam membantu dan memfasilitasi proses produksi, terutama berfungsi seperti konveyor muatan listrik di sel tumbuhan dan bertindak sebagai katalis untuk banyak proses enzimatik. Unsur K bertindak seperti penggerak utama aktivasi lebih dari 60 enzim dalam sistem tanaman, seperti sintesis protein, transpor gula, metabolisme N, C dan proses fotosintesis.

- b. sebagai nutrisi kunci dalam toleransi tanaman terhadap kondisi lingkungan seperti suhu rendah, kekeringan, serangan penyakit dan hama
- c. berperan dalam pengaturan tegangan osmotik air pada tumbuhan, dalam mempertahankan turgor sel yang mempunyai tekanan tinggi
- d. berperan dalam pemanjangan sel untuk pertumbuhan, mengatur pembukaan dan penutupan stomata serta proses penting bagi fungsi dan perkembangan tanaman
- e. berperan dalam pendinginan, transpirasi dan penyerapan karbon dioksida untuk fotosintesis
- f. berperan dalam pengangkutan hasil fotosintesis dari daun ke organ reproduktif dan penyimpanan, diantaranya buah, biji, dan umbi
- g. berperan dalam pembentukan buah dan jumlah gula pada buah, sehingga unsur K dapat memperbaiki rasa dan warna pada buah
- h. berperan dalam meningkatkan aktivitas translokasi hasil fotosintesa dari daun. Karena kalium bersifat sangat mobile sehingga berperan penting dalam mengatur tekanan osmotik sel dan menyeimbangkan kation dan anion di sitoplasma.

Interaksi antara unsur K dan unsur hara lainnya di dalam tanah, dimana konsentrasi K yang tinggi dalam larutan tanah menghambat penyerapan Mg dan dapat menyebabkan defisiensi Mg pada tanaman. Namun, defisiensi K dapat meningkatkan penyerapan Na^+ dan Ca^{2+} pada jagung dan dapat menghambat penyerapan N pada kapas dan secara signifikan mengurangi kandungan NO_3^- dalam daun. Jelas bahwa K mempengaruhi secara langsung penyerapan dan pemanfaatan nutrisi lain oleh tanaman.

5. Kalsium (Ca)

Kalsium (Ca) merupakan unsur hara terpenting setelah unsur hara makro utama (N, P, dan K) dan kalsium keberadaannya menempel pada dinding jaringan tanaman. Kalsium berfungsi sebagai:

- a. penyedia hara bagi tanaman.
- b. menstabilkan dinding sel dan mendukung pembentukan dinding sel serta terlibat dalam pertumbuhan dan perkembangan sel. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kekuatan tanaman, mengaktifkan pembentukan akar dan pertumbuhannya.

- c. pembentukan protein dan pergerakkan karbohidrat
- d. berhubungan dengan transportasi unsur N, K, dan P dalam jaringan tanaman dan berkontribusi pada retensi mineral di dalam tanah
- e. menetralkan zat beracun pada tanaman dan berkontribusi pada pembentukan benih
- f. menstabilkan dan mengatur beberapa proses yang berbeda. Kekurangan kalsium menyebabkan bintik-bintik kuning dan coklat pada daun. Kondisi tersebut juga memperlambat pertumbuhan tanaman secara umum.

6. Magnesium (Mg)

Magnesium (Mg) merupakan inti dari molekul klorofil dan penting untuk fotosintesis. Magnesium berfungsi sebagai:

- a. pembentuk zat hijau daun (klorofil), karbohidrat, lemak dan senyawa minyak yang dibutuhkan tanaman. Magnesium merupakan elemen yang sangat diperlukan untuk pengembangan tanaman
- b. pembantu penyerapan dan transportasi unsur P pada tanaman. Magnesium berkontribusi pada penyimpanan gula di dalam tanaman.
- c. mengaktifkan enzim yang berperan dalam fotosintesis, respirasi dan sintesis DNA dan RNA. Magnesium pada kenyataannya mengaktifkan lebih banyak enzim daripada nutrisi lainnya. Kekurangan magnesium menyebabkan batang tanaman menjadi lemah, hilangnya warna hijau pada daun tanaman yang tua, dan munculnya bintik-bintik kuning dan coklat pada daun, meskipun batang daun tetap hijau.

7. Sulfur (S)

Sulfur (S) merupakan unsur hara makro yang berfungsi dalam pembentukan klorofil, bintil akar tanaman dan membantu pertumbuhan tanaman. Sulfur merupakan unsur hara penting untuk metabolisme tanaman. Sulfur diperlukan untuk melakukan proses fotosintesis, sintesis protein dan pembentukan jaringan tanaman. Sulfur sangat penting dalam metabolisme nitrogen, karena meningkatkan efisiensi nitrogen. Sulfur berperan dalam meningkatkan pertahanan tanaman secara umum. Kekurangan Sulfur jarang terjadi, tetapi ketika itu terjadi, warna tanaman menjadi lebih terang, tampak hijau pucat. Secara

langsung kekurangan sulfur yaitu klorosis yang umum terlihat tanaman, mirip dengan gejala yang disebabkan karena kekurangan nitrogen.

B. FUNGSI – FUNGSI UNSUR HARA MIKRO

1. Boron (B)

Boron (B) merupakan unsur hara mikro. Boron berfungsi sebagai pengangkut karbohidrat ke dalam tubuh tanaman, membantu bagian-bagian tanaman untuk tumbuh aktif dan berperan dalam pembelahan sel pada tanaman yang menghasilkan biji. Fungsi utama boron berhubungan dengan kekuatan dinding sel dan perkembangan, pembelahan sel, perkembangan buah dan biji, pengangkutan gula dan perkembangan hormon. Beberapa fungsi boron saling berhubungan dengan fungsi-fungsi dari nitrogen, fosfor, kalium dan kalsium dalam tanaman. Fungsi boron yang paling penting adalah dalam perkembangan tanaman sebagai pembentuk struktur pada dinding sel tanaman dan dapat menghambat proses metabolisme tertentu.

Kekurangan boron dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan dan produksi tanaman. Beberapa peneliti memperkirakan bahwa lebih dari 90% dari total boron terlokalisasi di dinding sel. Boron bersama dengan Ca^{2+} mampu membentuk kompleks dengan beberapa komponen dinding sel seperti pektin, polimer polihidroksil, poliol dan membentuk sel tanaman.

2. Klor (Cl)

Unsur hara mikro klor (Cl), dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang kecil tetapi sering diserap oleh tanaman pada jumlah yang banyak, sebanding dengan unsur hara makro. Terdapat banyak sumber klor di alam dan gejala defisiensinya jarang terlihat. Klor berfungsi dalam proses fotolisis air, dimana kekurangan Cl menyebabkan tanaman layu dan akar pendek pada tanaman serta pembentukan buah berkurang. Ion Cl mutlak diperlukan dalam proses fotosintesis tanaman. Klor diperlukan untuk mempertahankan aktivitas sintesis asparagin yang optimal, amilase dan ATPase. Pada proses fotosintesis, klor merupakan kofaktor penting untuk aktivasi enzim. Klor adalah anion yang bergerak dalam jaringan tanaman

dan secara tidak langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman dengan regulasi kehilangan air pada stomata. Klor dapat meningkatkan kelembaban dengan mengurangi layu pada tanaman dan membatasi sistem akar bercabang banyak pada tanaman sereal. Klor adalah kofaktor penting untuk evolusi kompleks oksigen pada proses fotosintesis dan berhubungan erat dengan unsur Mn dan Ca. Ion klor terlibat dalam mekanisme yang mengendalikan dan mengatur gerakan stomata pada daun tanaman, terutama selama musim kemarau. Klorida memiliki fisiologis tertentu yang berperan pada tanaman kelapa. Dimana konsentrasi klor yang tinggi dalam jaringan daun kelapa, peran dalam tekanan osmotik selama kekeringan jaringan tanaman. Tumbuhan dari jenis *Palmaceae* dan buah kiwi (*Actinidia deliciosa*) membutuhkan konsentrasi klor yang lebih tinggi, oleh karena itu pada spesies tanaman ini kekurangan klor dapat dengan mudah diamati.

3. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah unsur hara mikro penting lainnya untuk tanaman. Tembaga memainkan peran kunci dalam rantai transpor elektron dalam proses fotosintesis dan pernapasan, metabolisme dinding sel dan perlindungan dari stres oksidatif. Tembaga juga terlibat dalam pembentukan serbuk sari dan memiliki peran penting dalam mempertahankan viabilitas tanaman, memediasi penyerbukan, biosintesis lignin, kuinon dan karotenoid. Pada tingkat sel, tembaga memainkan peran penting dalam metabolisme dinding sel, pensinyalan, mekanisme pertukaran protein, fosforilasi oksidatif, mobilisasi besi dan biogenesis kofaktor molibdenum. Dengan demikian, konsentrasi tembaga yang tepat sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang normal, dan kekurangannya menimbulkan gejala tertentu pada tumbuhan. Daun muda dan organ reproduksi merupakan organ yang paling sensitif terhadap kekurangan tembaga. Kekurangan tembaga dapat mengubah fungsi penting dalam metabolisme tanaman.

Kadar air tanah sangat berpengaruh terhadap retensi tembaga. Kondisi tanah yang kering memiliki ketersediaan tembaga yang rendah. Stres kekeringan meningkatkan lignifikasi pada tanaman tetapi defisiensi tembaga mengurangi lignifikasi dinding sel karena keterlibatan langsungnya dalam biosintesis lignin melalui dua enzim pada tembaga

yaitu: polifenol oksidase (mengkatalisis oksidasi fenolat, yang bertindak sebagai prekursor lignin) dan *diamin oksidase* (menyediakan H_2O_2 yang dibutuhkan untuk oksidasi oleh *peroksidase*).

4. Besi (Fe)

Besi (Fe) menjadi elemen paling melimpah keempat di litosfer, besi umumnya berada dalam jumlah tinggi di tanah; namun, keberadaanya terhadap pH netral dalam kondisi lingkungan aerobik terbatas. Besi merupakan unsur hara mikro penting untuk tanaman, karena berperan penting dalam proses metabolisme seperti sintesis DNA, respirasi, dan fotosintesis. Besi adalah nutrisi ketiga yang paling membatasi untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman, terutama karena kelarutan yang rendah dari senyawa teroksidasi bentuk besi dalam lingkungan aerobik. Pada tanah aerobik, sebagian besar besi ditemukan di bentuk Fe^{3+} , dengan kelarutan yang sangat rendah. Kebanyakan kasus, bentuk ini tidak mencukupi kebutuhan tanaman.

Proses metabolisme banyak yang diaktifkan oleh Fe, dan merupakan konstituen kelompok prostetik dari banyak enzim. Fe memainkan peran penting dalam berbagai proses fisiologis dan jalur biokimia pada tumbuhan. Unsur Fe berperan sebagai komponen dari banyak enzim penting seperti sitokrom dari transpor rantai elektron. Unsur Fe terlibat dalam sintesis klorofil, sangat berperan dalam pemeliharaan struktur dan fungsi kloroplas pada tanaman.

Ketidakseimbangan antara kelarutan besi dalam tanah dan kebutuhan besi oleh tanaman adalah penyebab utama klorosis besi pada tanaman. Meskipun melimpah di sebagian besar tanah dengan aerasi yang baik, aktivitas biologis besi rendah terutama karena Fe membentuk senyawa besi yang sangat tidak larut pada tingkat pH netral.

Pada tanah yang tergenang air, konsentrasi besi terlarut dapat meningkat beberapa kali lipat karena potensi redoks rendah. Selanjutnya pada kondisi seperti itu besi dapat diambil dalam jumlah yang berlebihan. Namun, berpotensi beracun dan dapat mendorong pembentukan radikal berbasis oksigen yang reaktif, dapat merusak organ vital konstituen seluler (membran) oleh peroksidasi lipid pada tanaman.

5. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan unsur hara mikro yang berfungsi sebagai:

- a. Pengaktif dari enzim IAA Oksidat yang berfungsi memecahkan IAA (Indol Acetic Acid) atau hormon auksin. Tanaman kekurangan Mn mengakibatkan tingginya keberadaan auksin dalam tubuh tanaman sehingga pertumbuhan tanaman terhambat (tanaman kerdil). Auksin dalam kadar rendah memacu pembelahan dan pembesaran sel yang dimulai dari ekskresi ion H^+ dari sitoplasma ke dinding sel. Akibatnya tekanan pada dinding sel makin kuat, dengan adanya imbibisi air maka sel terbelah dan membesar yang mendorong pertumbuhan tanaman sebaliknya bila auksin berada dalam kadar tinggi akan menghambat pertumbuhan tanaman.
- b. pengurai air dalam proses fotolisis air sehingga terbentuk energi yang dapat digunakan tanaman untuk proses metabolisme seperti absorpsi, transpirasi, pembelahan sel, pembungaan, pembentukan buah dan lain-lain.

6. Molibdenum (Mo)

Molibdenum (Mo) adalah bagian dari unsur hara yang berhubungan dengan 4 enzim utama yang berperan dalam mengkatalisasi beragam reaksi redoks pada tumbuhan yaitu:

- a. nitrat reduktase adalah kunci dalam mengkatalisis proses asimilasi nitrogen inorganik,
- b. *aldehida oksidase* mengkatalisis proses terakhir dalam biosintesis fitohormon ABA,
- c. *xanthine dehydrogenase*, terlibat dalam katabolisme purin
- d. *sulfit oksidase* terlibat dalam detoksifikasi kelebihan sulfit.

Molibdenum terikat pada senyawa bernama molibdenum kofaktor (MoCo) yang berperan dalam membantu meningkatkan metabolisme nitrogen. Molibdenum dapat mengurangi efek samping stres air dan meningkatkan kelembaban secara tidak langsung karena keterlibatannya dalam fiksasi nitrogen atau proses metabolisme, sintesis protein dan metabolisme sulfur pada jaringan tanaman. Molibdenum terlibat dalam pembentukan serbuk sari, jadi pembentukan buah dan biji-bijian pada tanaman dipengaruhi oleh unsur molibdenum. Kelembaban tanah yang

rendah menyebabkan defisiensi molibdenum dan meningkatkan kerentanan tanaman terhadap cekaman kekeringan.

7. Seng (Zn)

Seng (Zn) merupakan komponen penting dari ribuan protein dalam tanaman, meskipun dalam konsentrasi berlebih dalam tanah seng beracun bagi tanaman. Toksisitas seng pada tanaman jauh lebih berbahaya daripada defisiensinya. Seng berfungsi dalam mengaktifkan beberapa enzim pada tanaman salah satunya adalah berperan dalam sintesis hormon IAA dan jika kekurangan dapat menyebabkan perubahan bentuk tanaman yang lebih pendek dan kerdil. Seng juga berperan dalam biosintesis auksin, pemanjangan sel dan ruas batang pada tanaman.

Gejala keracunan Seng terlihat dari penurunan hasil dan terhambatnya pertumbuhan tanaman, klorosis akibat defisiensi unsur Fe melalui pengurangan sintesis klorofil dan degradasi kloroplas, serta terhambatnya serapan unsur P (Mg dan Mn). Kerentanan tanaman sangat berbeda terhadap toksisitas seng. Kasus yang ditemui pada tanah masam, terlihat pada spesies tanaman rumput-rumputan (*Graminaceous*) umumnya kurang sensitif terhadap toksisitas seng daripada kebanyakan jenis tanaman dikotil meskipun terbalik di tanah alkali. Pada tanaman dikotil, seperti tanaman sayuran sensitif terhadap toksisitas seng, terutama bayam dan bit, karena kapasitas penyerapan seng yang tinggi. Spesies tanaman lain yang peka terhadap toksisitas seng, adalah kedelai (*Glycine max L.*) dan padi (*Oryza sativa L.*).

DAFTAR PUSTAKA

- Amtmann A, Blatt MR. 2009. Regulation of macronutrient transport. *New Phytol* 35–52.
- Atmaja ISW. 2017. Pengaruh uji minus *one test* pada pertumbuhan vegetatif tanaman mentimun. *Jurnal Logika*, Vol 19 No 1.
- Barker AV, Pilbeam DJ. 2007. *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.
- Braconnier S, Bonneau X, Braconnier S. 1998. Effects of chlorine deficiency in the field on leaf gas exchanges in the PB121 coconut hybrid. *Agronomie, EDP Sciences* 18(8–9):563-572.
- Chaney RL. 1993. Zinc phytotoxicity. In: Robson AD, en. *Zinc in soil and plants*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 135-150.
- Cramer MD, Hawkins HJ, Verboom GA. 2009. The importance of nutritional regulation of plant water flux. *Oecologia* 161: 15–24.
- Damanik MMB, Hasibuan BE, Fauzi, Sarifuddin, Hanum H. 2011. *Kesuburan tanah dan pemupukan*. USU Press. Medan.
- Dong Y, Ogawa T, Lin D, Koh HJ, Kamiunten H, Matsuo M, Cheng S. 2006. Molecular mapping of quantitative trait loci for zinc toxicity in rice seedling (*Oryza sativa* L.). *Field Crops Research*. 95: 420-425.
- Du Q, Zahao XH, Jiang CJ, Wang XG, Han T, Wang J. 2017. Effect of potassium deficiency on root growth and nutrient uptake in maize (*Zea mays* L.). *Agric. Sci.* 8, 1263-1277.
- El Habbasha SF, Ibrahim FM. 2015. Calcium: physiological function, deficiency and absorption. *International Journal of ChemTech Research*. Vol.8, No.12, 196-202
- Furihata T, Suzuki M, Sakurai H (1992). Kinetic characterization of two phosphate uptake systems with different affinities in suspension-cultured *Catharanthus roseus* protoplasts. *Plant Cell Physiol* 33: 1151–1157
- Ge TD, Sun NB, Bai LP, Tong CL, Sui FG. 2012. Effects of drought stress on phosphorus and potassium uptake dynamics in summer maize

- (*Zea mays*) throughout the growth cycle. *Acta Physiol Plant* 34(6): 2179–2186.
- Glass, A.D.M. 1973. Influence of phenolic acids on on uptake. I. Inhibition of phosphorus uptake. *Pl. Physiol.* 51: 1037–1041
- Hajiboland R. 2012. Effect of Micronutrient Deficiencies on Plants Stress Responses. In: *Abiotic Stress Responses in Plants*. Ahmad P, Prasad MNV (Eds), Springer, New York, 281-30
- Havlin, JL, Beaton JD, Tisdale SL, Nelson WL. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. 7th edition. Pearson Education, Inc. New Jersey. 515 p.
- Hepler PK, Vidali L, Cheung AY. 2001. Polarized cell growth in higher plant. *Annu. Rev. Dev. Biol.* 17, 159-187.
- Huang, L., J. Pant, B. Dell and R. Bell. 2000. Effects of boron deficiency on anther development and floret sterility in wheat (*Triticum aestivum* L. 'Wilgoyne'). *Ann. Bot.* 85:493-500.
- Hu W, Coomer TD, Loka DA, Oosterhuis DM, Zhou Z. Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. *Plant Physiol. Biochem.* 115, 408-417.
- Hu W, Jiang N, Yang J, Meng Y, Wang Y, Chen B. 2016. Potassium (K) supply affects K accumulation and differentetetic phyiology in two cotton (*Gossypium hisutum* L) cultivars with different K sensitivities. *Fiels Crop. Res.* 196, 51-63.
- Hu Y, Schmidhalter U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *J Plant Nut Soil Sci* 168(4): 541–549.
- Loomis, W.D and R.W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *Bio Factors.* 4:229–239.
- Malvi UR. 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka J. Agric. Sci.*,24 (1): (106-109) 2011.
- Marschner H. 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. Cambridge, MA: Academic press.

- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed., London, Academic Press
- Matoh, T., S. Kawaguchi and M. Kobayashi. 1996. Ubiquity of a borate-rhamnoglacturonan II complex in the cell walls of higher plants. *Pl. Cell Physiol.* 37:636-640
- Mendel RR, Bittner F. 2006. Cell biology of molybdenum. *Biochim Biophys Acta* 1763.7: 621-635.
- Mendel RR, Hansch R. 2002. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. *J Exp Bot* 53(375): 1689–1698.
- Munawar, Ali. 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Pemupukan. IPB Pres
- Oosterhuis D, Loka D, Kawakami E, Pettigrew W. 2014. The physiology of potassium in crop production. *Adv. Agron.* 126, 203-234.
- Pilbeam DJ, Cakmak I, Marschner H, Kikby EA. 1993. Effect of withdrawal of phosphorous on nitrate assimilation and PEP carboxylase activity in tomato. *Plant Soil* 154: 111–117.
- Rout GR, Sahoo S. 2015. Role of in plant grow and metabolism. *Agricultural Science*, 3:1-24
- Schachtman DP, Reid RJ, Ayling SM. 1998. Update on phosphorus uptake phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol* 116: 447–453.
- Salisbury, F. B and C.W. Ross. 1992. *Plant Fisiology*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, Hartatik W. 2013. Unsur hara dalam tanah. Jawa Barat. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Smithson, PC, Sanchez PA. 2001. Plant nutritional problems in marginal soils of developing countries. In: *Plant Nutrient Acquisition: New Perspectives*, Ae N, Arihara J, Okada K, Srinivasan A (Eds), Springer-Verlag, Tokyo, pp. 32–68

- Sitorus UKP, Siagian P, Rahmawati N. 2014. Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*) terhadap pemberian abu boiler dan pupuk Urea pada media pembibitan. Jurnal online agroekoteknologi. Vol 2, No 3: 1021-1029
- Trankner M, Tavakol E, Jakli B. 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiol. Plant.* 163, 414-431.
- Utomo M, Sudarsono, Rusman B, Sabrina T, Lumbanraja J, Wawan. 2014. Ilmu Tanah. Prenadamedia Group. Jakarta.
- Waraich EA, Ahmad R, Ashraf MY. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Aust J Crop Sci* 5(6): 764–777.
- Waraich EA, Ahmad R, Ashraf MY, Saifullah, Ahmad M. 2011. Improving agricultural water use efficiency by nutrient management. *Acta Agri Scandi Soil Plant Sci* 61(4): 291–304.
- Waskito K, Aini N, Koesriharti. 2017. Pengaruh komposisi media tanam dan pupuk Nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terong (*Solanum melongena L.*). *Jurnal Produksi Tanaman.* V 5 No 10 1586-1593.
- White PJ, Karley AJ. 2010. Potassium cell biology of metals and nutrients. Berlin: Springer, 199-224.
- Yruela I. 2009. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. *Funct Plant Biol* 36(5): 409–430.

PROFIL PENULIS



Erlina Rahmayuni, SP.,MP. Lulus S1 pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas (UNAND) tahun 2003 dan lulus S2 pada Program Studi Ilmu tanah Universitas Andalas (UNAND) tahun 2019. Saat ini adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ). Aktif sebagai *editor in chief* pada Jurnal Agrosains dan Teknologi.