



# **KESUBURAN DAN PEMUPUKAN TANAH**

Muhammad Asril • Hardian Ningsih • Basuki • Arum Asriyanti Suhastyo  
Ika Ayu Putri Septyani • Zainal Abidin • Mahyati • Tatuk Tojibatus Saadah  
Maria Paulina • Adriani S A Siahaan • Hasfiah • Jusman Tang



# **KESUBURAN DAN PEMUPUKAN TANAH**

#### UU 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 Pelaksanaan Pasal 26

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

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. 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 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).
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 a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

# **Kesuburan dan Pemupukan Tanah**

Muhammad Asril, Hardian Ningsih, Basuki  
Arum Asriyanti Suhastyo, Ika Ayu Putri Septyani  
Zainal Abidin, Mahyati, Tatuk Tojibatus Saadah  
Maria Paulina, Adriani S A Siahaan, Hasfiah, Jusman Tang



Penerbit Yayasan Kita Menulis

# Kesuburan dan Pemupukan Tanah

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2023

Penulis:

Muhammad Asril, Hardian Ningsih, Basuki  
Arum Asriyanti Suhastyo, Ika Ayu Putri Septyani  
Zainal Abidin, Mahyati, Tatuk Tojibatus Saadah  
Maria Paulina, Adriani S A Siahaan, Hasfiah, Jusman Tang

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: [kitamenulis.id](http://kitamenulis.id)

e-mail: [press@kitamenulis.id](mailto:press@kitamenulis.id)

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Muhammad Asril., dkk.

Kesuburan dan Pemupukan Tanah

Yayasan Kita Menulis, 2023

xiv; 186 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-696-1

Cetakan 1, Januari 2023

I. Kesuburan dan Pemupukan Tanah

II. Yayasan Kita Menulis

## Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa

izin tertulis dari penerbit maupun penulis

## Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada para penulis sehingga dapat berhasil menyelesaikan buku yang berjudul "Kesuburan dan Pemupukan Tanah".

Kesuburan tanah digambarkan sebagai "kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara esensial tanaman dan air tanah dalam jumlah dan proporsi yang memadai untuk pertumbuhan dan reproduksi tanaman tanpa adanya zat beracun yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman". Tanah yang subur "menyediakan nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman, mendukung komunitas biotik yang beragam dan aktif, menunjukkan struktur tanah yang khas dan memungkinkan dekomposisi yang tidak terganggu".

Buku ini ditulis secara bersinergi yang bertujuan untuk mempermudah mahasiswa dan praktisi yang bergerak di bidang pertanian dalam memahami hal yang berhubungan dengan kesuburan dan pemupukan tanah.

Secara lengkap buku ini membahas :

Bab 1 Konsep Kesuburan Tanah

Bab 2 Hubungan Tanah, Air, dan Tanaman

Bab 3 Kesuburan di Lahan Kering, Sawah, dan Gambut

Bab 4 Fosfor

Bab 5 Nitrogen di dalam Tanah

Bab 6 Kalium

Bab 7 Kalsium, Magnesium dan Sulfur

Bab 8 Unsur Hara Mikro dan Unsur Lain yang Bermanfaat Bagi Tanaman

Bab 9 Evaluasi dan Kesuburan Tanah

Bab 10 Dasar-dasar Pemupukan dan Pengelolaan Tanah

Bab 11 Pupuk Organik

Bab 12 Reaksi Pupuk dalam Tanah

Dalam penyusunan buku ini, penulis mendapatkan informasi dan data dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, laporan ilmiah yang mendukung penyampaian materi secara faktual sehingga buku ini dapat terjamin kesahihan informasi yang disampaikan. Akhir kata, penulis sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan buku ini dari awal hingga akhir. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai usaha ini dan menjadi ladang pahala bagi penulis dalam menyampaikan ilmu yang dimiliki. Aamiin.

Palembang, Januari 2023

Penulis

# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
<b>Bab 1 Konsep Kesuburan Tanah</b>	
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Tanah adalah Sistem Kompleks .....	3
1.2.1 Peran Kesehatan Tanah dan Ekosistem Tanah .....	5
1.2.2 Mengukur Kesehatan Tanah .....	9
1.3 Konsep yang Berhubungan dengan Penilaian Tanah .....	11
<b>Bab 2 Hubungan Tanah, Air, dan Tanaman</b>	
2.1 Pendahuluan.....	13
2.2 Interaksi Tanah dan Air.....	14
2.2.1 Tensi Air Tanah.....	15
2.2.2 Kandungan Lengas Tanah .....	16
2.2.3 Tanah Memegang Air.....	17
2.3 Penggunaan Air oleh Tanaman .....	17
2.3.1 Kebutuhan Air Tanaman .....	17
2.3.2 Kedalaman Akar Tanaman.....	18
2.3.3 Kualitas tanah dan Air .....	19
<b>Bab 3 Kesuburan di Lahan Kering, Sawah, dan Gambut</b>	
3.1 Pendahuluan.....	23
3.2 Kesuburan Tanah di Lahan Kering .....	25
3.3 Kesuburan Tanah di Lahan Sawah .....	29
3.4 Kesuburan Tanah di Lahan Gambut .....	33
<b>Bab 4 Fosfor</b>	
4.1 Pendahuluan.....	37
4.2 Sumber Unsur P dalam tanah .....	38
4.2.1 Fosfat Alam .....	38
4.2.2 Bahan Organik .....	39

---



**Bab 6 Kalium**

6.1 Pendahuluan.....	67
6.2 Peran dan Fungsi Kalium dalam Tanaman.....	68
6.2.1 Peran Kalium dalam Tanaman.....	68
6.2.2 Fungsi Kalium dalam Pertumbuhan Tanaman .....	69
6.3 Faktor Berpengaruh Ketersediaan Kalium Dalam Tanah .....	72
6.4 Faktor berpengaruh terhadap jumlah K dalam Tanaman .....	74
6.5 Unsur Hara Kalium dan Bentuk Kalium Dalam Tanah .....	75
6.5.1 Unsur Hara Kalium.....	75
6.5.2 Bentuk Kalium dalam tanah.....	76
6.6 Unsur Gara dan Fungsi K Dalam Tanaman .....	84
6.7 Pemupukan .....	86
6.7.1 Pupuk Kalium.....	86
6.7.2 Fungsi Pupuk Kalium .....	88
6.7.3 Manajemen K pupuk .....	89

**Bab 7 Kalsium, Magnesium dan Sulfur**

7.1 Pendahuluan.....	91
7.2 Siklus Biogeokimia Mineral Ca, Mg dan S.....	92
7.2.1 Sirkulasi Unsur Ca Dalam Tanah.....	92
7.2.2 Sirkulasi Unsur Mg Dalam Tanah.....	93
7.2.3 Sirkulasi Unsur S Dalam Tanah .....	93
7.3 Mineral Ca.....	96
7.3.1 Sumber-Sumber Mineral Ca .....	96
7.3.2 Pengaruh Kelebihan dan kekurangan Mineral Ca.....	98
7.4 Mineral Mg .....	100
7.4.1 Sumber Mineral Mg-tanah.....	100
7.4.2 Sumber-Sumber Mineral Mg.....	102
7.4.3 Fungsi Mineral Mg Pada Tanaman .....	102
7.5 Mineral S.....	103
7.5.1 Sumber-Sumber Mineral S .....	103
7.5.2 Fungsi Mineral S Pada Tanaman.....	103
7.5.3 Bentuk Mineral S Di dalam Tanah.....	104

**Bab 8 Unsur Hara Mikro dan Unsur Lain yang Bermanfaat Bagi Tanaman**

8.1 Pendahuluan.....	107
8.2 Peranan Unsur Mikro Bagi Tanaman .....	109
8.3 Sumber Unsur Mikro .....	111

---

## **Bab 7**

# **Kalsium, Magnesium dan Sulfur**

### **7.1 Pendahuluan**

Tanaman memerlukan nutrisi yang seimbang untuk pertumbuhan dan perkembangan biak yang maksimal. Kebutuhan nutrisi berupa unsur hara tanaman dapat diperoleh di dalam tanah, air dan udara. Adapun jenis-jenis nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Beberapa unsur makro yang dibutuhkan oleh tanaman antara lain: unsur kalsium (Ca), unsur magnesium (Mg) dan sulfur (S) yang menjadi nutrisi sekunder pada tanaman dan berkontribusi pada kekakuan dinding sel tanaman, serta proses pembelahan sel meristem dan ujung akar tanaman.

Unsur-unsur hara di dalam tanah dapat memengaruhi kesuburan tanah sehingga beberapa kegiatan dilakukan dengan pemupukan untuk menambahkan kandungan mineral dalam tanah yang seimbang disebut pupuk N, P dan K. Komposisi unsur hara sekunder yang tidak seimbang sehingga dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman. Jika tanaman memiliki kekurangan atau kelebihan unsur hara, maka pertumbuhan tanaman akan abnormal.

## 7.2 Siklus Biogeokimia Mineral Ca, Mg dan S

Siklus biogeokimia berfungsi menjaga kelangsungan makhluk hidup di bumi, dapat digunakan oleh semua komponen yang ada di bumi baik biotik maupun abiotik. Unsur-unsur hara di dalam tanah mengalami pertukaran dan mengalami perpindahan secara siklus yang dikenal dengan siklus biogeokimia untuk menjaga kelangsungan hidup di bumi. Unsur-unsur makro yang mengalami siklus seperti Ca, Mg dan S yang dibutuhkan oleh tanaman. Unsur Ca merupakan salah satu kation utama pada kompleks pertukaran dan dapat menyebabkan tingkat kemasaman (pH) tanah, pengapuran pada tanah, menetralkan kejenuhan unsur-unsur tanah, meningkatkan efektivitas dan efisiensi penyerapan unsur-unsur hara, berpartisipasi dalam fotosintesis dan pengangkutan gula dalam sistem.

### 7.2.1 Sirkulasi Unsur Ca Dalam Tanah

Unsur Ca dalam tanah berfungsi untuk mengoreksi pH tanah, menetralkan kejenuhan zat-zat yang meracuni tanah, meningkatkan efektivitas dan efisiensi penyerapan zat-zat hara, dan masih banyak lagi. Unsur Ca merupakan mineral atau unsur kimia yang dapat didaur ulang. Ca terletak di dalam organisme sebagai ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan sulfat, fluoride, fosfat, dan silikat.

Siklus Ca merupakan jalur yang dibuat Ca antara makhluk hidup dan lingkungannya, secara melingkar. Proses sirkulasi unsur Ca yang diawali oleh pergerakan geologis dari unsur Ca ke permukaan dalam bentuk endapan atau batuan. Fenomena atmosfer yang berbeda menguraikan batuan tersebut. Selanjutnya unsur Ca diserap oleh akar tanaman, dan diangkut oleh air (cairan) melalui sistem pembuluh darah ke batang, ke tangkai, daun dan lain-lain. Selanjutnya dikonsumsi oleh hewan sebagai bagian dari rantai makanan dan melalui ekskresi hewan serta dekomposisi tanaman dan hewan akan diserap ke dalam tanah dan diangkut oleh perairan sungai. Ketika tumbuhan dan hewan mati, ini akan kembali ke dalam tanah, dan mengikuti aliran air seperti sungai, selanjutnya unsur Ca kembali ke dasar laut dan siklus unsur Ca kembali dari awal siklus. (Mahyati dan Azis Abdul, 2013).

## 7.2.2 Sirkulasi Unsur Mg Dalam Tanah

Unsur Mg murni tidak tersedia di alam. Ini adalah bagian dari komposisi lebih dari 60 mineral, seperti dolomit, magnesit, brucite, karnalit, dan olivin. Unsur Mg termasuk logam ringan, kuat sedang, putih keperakan dan tidak larut. Ini adalah elemen ketujuh yang paling melimpah di kerak bumi dan yang ketiga paling melimpah di air laut. Unsur Mg sebanyak 0,75% dari bahan kering tanaman dan mudah diserap oleh tanaman dalam bentuk kation dari dua muatan positif ( $Mg^{2+}$ ).

Siklus unsur Mg termasuk suatu proses biogeokimia yang menjelaskan adanya aliran dan transformasi unsur Mg antara tanah dan makhluk hidup. Siklus unsur Mg sangat penting bagi kehidupan di planet ini dan banyak ditemukan di alam terutama di batu kapur dan batu marmer, dapat meresap ke dalam tanah dalam bentuk ion-ion Mg sehingga mudah diserap oleh tanaman secara pasif dan secara difusi yang dapat mencapai seluruh jaringan sel pada tanaman.

Pada tanaman mengalami proses fotosintesis karena mineral ini merupakan bagian penting dari molekul klorofil dan berpartisipasi dalam sintesis minyak dan protein dan dalam aktivitas enzimatik metabolisme energi. Pada hewan itu penting dalam keseimbangan neurologis dan hormonal organisme.

Unsur Mg yang tidak dapat dipertukarkan dengan komponen mineral utama dalam tanah dan membentuk dasar struktural silikat tanah pada jaringan kristal. Unsur Mg dalam larutan tanah tersedia dalam bentuk senyawa yang larut, mudah dipertukarkan dengan unsur yang lain secara elektrostatis melekat pada partikel-partikel tanah liat dan bahan organik. Selanjutnya dapat bersirkulasi pada makhluk hidup kembali ke dalam tanah berasal dari ekskresi dan mengalami dekomposisi tanaman dan hewan.

Di dalam tanah, sebagian kecil unsur Mg dapat mengalir mencapai sungai atau lautan sehingga dapat memengaruhi kandungan Mg dalam air laut. Selanjutnya unsur Mg dalam tanah dapat terdegradasi diakibatkan adanya proses pencucian dan proses adsorpsi yang dapat menyebabkan kandungan Mg lebih tinggi di daerah yang memiliki curah hujan tinggi dan tanah berpasir.

## 7.2.3 Sirkulasi Unsur S Dalam Tanah

Tumbuhan dan hewan juga memerlukan unsur S atau senyawanya secara kontinyu karena salah satu unsur penyusun pada sintesis asam-asam amino dan

protein. Proses pertukaran unsur S di dalam ekosistem berlangsung melalui aktivitas bakteri.

Sumber-sumber unsur S di alam yang dibutuhkan oleh tanaman sebagai berikut:

1. Mineral tanah

Ada beberapa mineral tanah yang mengandung unsur S yang dapat dilepaskan untuk tanaman, misalnya sulfida besi, nikel dan tembaga banyak terdapat dalam tanah terutama tanah dengan drainase terbatas. Sulfida itu juga jika mengalami oksidasi berubah menjadi sulfat yang dapat cepat tersedia untuk tanaman.

2. Sulfur Atmosfer

Pembakaran bahan bakar, terutama batu bara melepaskan sulfur dioksida dari senyawa sulfur lain dalam atmosfer, sering berhubungan erat dengan jarak dari pusat industri. pada pantai terdapat percikan garam dan menambah sulfur dengan nyata dan didekat rawa-rawa yang merupakan sumber Hidrogen Sulfida, olehnya itu pembakaran batubara merupakan sumber paling berarti bagi sulfur atmosfer. Jumlah sulfur yang di absorpsi langsung oleh tanaman dari atmosfer akan bervariasi tergantung pada keadaan tanah.

3. Sulfur yang terikat dalam organik

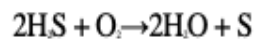
Pada tanah permukaan daerah lembab, sebagian besar unsur S dalam bentuk organik. Seperti halnya pada nitrogen, sedikit sekali diketahui tentang senyawa sulfur itu. Sulfur yang terdapat dalam sisa-sisa tanaman sebagian besar dalam bentuk protein yang biasanya rendah yang mendapat serangan mikroba. Dengan beberapa cara sulfur (bersama nitrogen) dihindarkan dari pelepasan yang cepat, hilang atau dibiarkan tanaman tingkat tinggi.

Penamaan sulfur atau belerang merupakan suatu unsur yang sama. Oksidasi belerang (S) atau senyawa-senyawa organik belerang dalam kondisi aerobik disebabkan oleh bakteri *Thiobacillus Thiooxidans*. Akan tetapi, bakteri jenis yang lain misalnya *Thiobacillus Denitrificans* merupakan jenis aerobik

sehingga bakteri tersebut dapat mengoksidasi belerang dan senyawa-senyawa tanpa adanya oksigen dari udara.

Energi yang diperlukan untuk perkembangan dan pertumbuhan bakteri jenis ini diperoleh sebagai akibat atau hasil oksidasi belerang dan terbentuk asam sulfat. Bakteri ini, paling mudah berkembang baik dalam lingkungan asam dengan pH antara 0-6. Jenis bakteri ini dapat menghasilkan asam sulfat hanya mencapai konsentrasi sekitar 10% atau 2N.

Bakteri sulfur dapat menerima energi untuk kehidupannya yang berasal dari oksidasi asam sulfit. Bakteri jenis ini akan mempercepat terjadinya korosi, seperti pada reaksi:



Seperti juga bakteri pengoksidasi sulfur, bakteri ini juga menggunakan sulfat sebagai sumber energi bagi pertumbuhan dan perkembangan dirinya.

Sumber belerang dalam tanaman adalah dari mineral tanah dan bahan organik yang melepaskan ion sulfat.

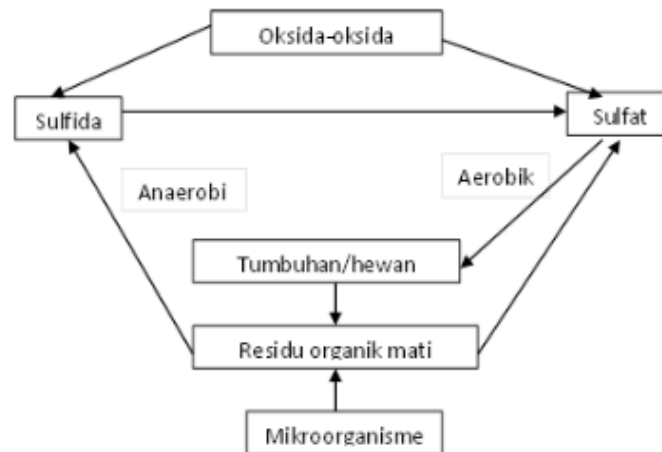
Perubahan H<sub>2</sub>S dan belerang menjadi sulfat dan terbentuk sulfat selanjutnya sulfatifikasi. Sulfatifikasi ini dikerjakan oleh bakteri tanah aerob yang disebut *Beggiatoa* dan *Thiobacillus thiooxidans*. Ion sulfat adalah bentuk S tersedia bagi tanaman. Pada pemberian S (SO<sub>4</sub>) berlebihan maka sebagian sulfat terdapat bebas di dalam tanaman sebagai ion SO<sub>4</sub> dan digunakan dalam metabolisme selanjutnya. Apabila kadar SO<sub>4</sub> bebas di dalam tanaman sebagai 20 ml/Kg bahan kering dapat dikatakan bahwa status S dalam tanaman cukup.

Disamping itu, kekurangan S dapat menghambat proses konversi S menjadi N protein sehingga kadar amida dan nitrat tanaman tinggi dan ini sangat berbahaya pada ternak (khususnya tanaman ternak). Disamping itu S merupakan bagian aktif dari beberapa enzim (papain, bromelin, ficin) dan vitamin.

Dalam lingkungan perairan yang sangat tercemar, mungkin terdapat kondisi anaerobik di mana kandungan oksida anaerobik di mana kandungan oksigen terlarut sangat kecil atau bahkan tak ada sama sekali. Pada kondisi seperti ini aksi bakteri pembusuk akan menghasilkan senyawa hidrogen sulfida yang sangat toksik dan deposit besi sulfida yang memberikan warna hitam pada lingkungan perairan tersebut. Dalam perairan yang belum tercemar, atau sedikit tercemar, lingkungannya masih memberikan kondisi aerobik. Pada

kondisi seperti ini, bakteri-bakteri sulfur akan mengubah sulfida-sulfida menjadi senyawa sulfat yang dapat digunakan dalam produksi protein selanjutnya.

Siklus bagian atas pada Gambar 7.1 menunjukkan proses oksida belerang sedangkan siklus bagian bawah menunjukkan perubahan sulfat menjadi protein selular dari hewan tumbuhan dan degradasi bahan/bahan yang mati akibat aksi bakteri.



**Gambar 7.1:** Siklus sulfida menjadi sulfat yang terjadi di alam (Mahyati dan Azis Abdul, 2013).

## 7.3 Mineral Ca

Kalsium atau zat kapur dengan simbol Ca dan nomor atom 20. Mempunyai massa atom 40.078 amu. Unsur Ca termasuk golongan 2A atau golongan alkali tanah, dan unsur terbanyak kelima di dalam air laut dan dibumi. Kalsium terdapat di kerak bumi dalam jumlah yang jauh lebih besar yaitu 3,6% yang merupakan hasil dekomposisi dan pelapukan batuan dan mineral (Foth and Ellis, 1997).

### 7.3.1 Sumber-Sumber Mineral Ca

Mineral Ca di dalam tanah dapat diperoleh dari batuan, mineral pembentuk tanah, bahan kapur dan pupuk. Mineral-mineral yang mengandung Ca pada

umumnya sedikit lebih cepat lapuk dari pada mineral-mineral yang lainnya, sehingga ada kecenderungan Ca di dalam tanah akan menurun dengan meningkatnya pelapukan dan pencucian. Melalui proses pelapukan dan penghancuran mineral-mineral tersebut dapat membebaskan Ca ke dalam air disekitarnya. Mineral Ca di dalam tanah diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{Ca}^{2+}$ , yang berasal dari bentuk yang dapat ditukar atau dalam bentuk larut air.

Beberapa jenis batuan yang mengandung unsur Ca antara lain:

1. Amfibal ( $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)$ ),
2. Apatit ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{ClF})$ ),
3. Dolomit ( $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$ ),
4. Pyroxenes (augite),
5. Albite
6. Anorthite ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ),
7. Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan
8. Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ).

Menurut Havlin et al (2017), beberapa faktor penting dalam menentukan ketersediaan  $\text{Ca}^{2+}$  bagi tanaman adalah:

1. Pasokan Ca total.
2. pH tanah.
3. KTK.
4. % Kejenuhan  $\text{Ca}^{2+}$  pada KTK.
5. Jenis tanah liat.
6. Rasio larutan  $\text{Ca}^{2+}$  terhadap kation lain.

Faktor-faktor yang menentukan ketersediaan unsur Ca bagi tanaman, karena dapat dipertukarkan di dalam tanah yang mempunyai kaitan penting dengan pH tanah dan ketersediannya, antara lain:

1. Jumlah unsur Ca yang dapat ditukar.
2. Derajat kejenuhan unsur-unsur tersebut pada kompleks pertukaran.
3. Tipe koloid tanah.
4. Sifat ion-ion komplementer yang diadsorpsi oleh mineral – mineral tanah liat.



### 7.3.2 Pengaruh Kelebihan dan kekurangan Mineral Ca

Kelebihan unsur Ca menyebabkan kalsium karbonat mengendap dan pH penyangga mendekati 8, sehingga akan mengakibatkan turunnya kelarutan fosfor, besi, Mo dan Zn, dan kadang-kadang menyebabkan kekahatan satu atau lebih hara-hara tanaman esensial. Pada umumnya persediaan kalsium di dalam tanah cukup besar, tetapi dengan adanya pemakaian pupuk Nitrogen, Fosfor, Kalium secara terus menerus dan penggunaan varietas yang konsumtif terhadap unsur hara menyebabkan persediaan di dalam tanah menipis, yang berakibat pada tanah-tanah masam karena terjadi kekurangan unsur Ca dan terjadi proses kompleks pada pertukaran kation yang dikuasai oleh ion-ion Al. Padahal kita ketahui Al terlarut dapat meracuni tanaman.

Unsur ini yang paling berperan pada pertumbuhan sel tanaman. Ia komponen yang menguatkan, dan mengatur daya tembus, serta merawat dinding sel. Perannya sangat penting pada titik tumbuh akar.

Peranan unsur Ca di dalam pertumbuhan tanaman antara lain:

1. Mendorong pembentukan dan pertumbuhan akar lebih dini
2. Memperbaiki ketegaran dan kekahatan tanaman
3. Memengaruhi pengangkutan air dan hara-hara lain
4. Diperlukan untuk pemanjangan sel-sel, sintesis protein dan pembelahan sel
5. Mengatur distribusi hasil fotosintesis
6. Mengatur translokasi karbohidrat, kemasaman dan permeabilitas sel
7. Mendorong produksi tanaman padi-padian dan biji tanaman
8. Membantu menetralkan asam-asam organik yang bersifat meracuni
9. Membantu pembentukan bakteri-bakteri bintil akar (*Rhizobia*) pada tanaman legum.
10. Meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit
11. Meningkatkan kualitas hasil panen
12. Membantu hasil panen lebih tahan selama transportasi
13. Membantu hasil panen lebih tahan lama dalam penyimpanan
14. Membantu akar tanaman lebih cepat menyerap kalsium dan nitrat yang ada di dalam tanah
15. Meningkatkan zat hijau daun/klorofil

Apabila unsur Ca yang dilepaskan akan mengalami kekurangan:

1. Hilang terbawa air perkolasi atau air drainase
2. Terhambat regenerasi sel-sel tanaman
3. Diserap oleh organisme hidup
4. Dijerap oleh organisme hidup
5. Diendapkan kembali sebagai mineral-mineral sekunder terutama di daerah beriklim kering.

Apabila terjadi kekurangan unsur Ca pada tanaman maka akan terjadi titik tumbuh melemah atau kerdil, terjadi perubahan bentuk daun, mengeriting, kecil, dan akhirnya rontok, produksi bunga akan terhambat, pertumbuhan tanaman akan tinggi tetapi tidak kekar serta bunga dan buah akan berguguran. Tanaman yang kekurangan kalsium tumbuh kerdil karena sel-sel yang baru kecil-kecil dan jumlahnya sedikit, dan mempunyai batang lemah, karena dinding-dinding selnya tipis dan tidak setebal dengan dinding sel normal.

Gejala pertamanya akan teramati pada titik-titik tumbuh dan daun-daun muda. Bagian-bagian ini menjadi rusak dan klorosis, dan pada tingkat lanjut terjadi nekrosis pada tepi-tepi daun. Daun-daun dan akar-akar muda sering melekuk-lekuk, berkerut-kerut pendek dan berlekatansatu sama lain.

Suatu kegiatan yang dapat dilaksanakan untuk menghindari terjadinya kekurangan unsur Ca yaitu penggunaan pupuk kalsium, adapun beberapa jenis merk yang beredar dipasaran yaitu:

1. Kapur Pertanian/Dolomit
2. Pupuk Cantik
3. Pupuk Ultrasol Calcium
4. Pupuk Nitrabor
5. Pupuk Kalsium Cap Tawon
6. Pupuk Kalsium Cap Kumbang
7. Pupuk Green House Grada (CN-G)
8. Pupuk Kalsium Power
9. Pupuk Kalsium Natural
10. Pupuk Kalsium Suryacal
11. Pupuk Super Fosfat, dsb (Yulita P, 2019)

## 7.4 Mineral Mg

Unsur Mg merupakan unsur kimia yang memiliki nomor atom 12, berat atom 24,31 dan termasuk golongan 2A atau alkali tanah. Kandungan Mg sekitar 2% dari berat kulit bumi dan unsur ketiga terbanyak pada air laut. Tanaman menyerap dalam bentuk ion Mg, sebesar sekitar 0,5% dan berfungsi sebagai penyusun klorofil, aktifator enzim pada ribosom, kloroplast, kofaktor, menyusun protein dan fotosintesis.

Kadar Mg dalam tanaman, relatif rendah jika dibandingkan dengan kadar kalium (K) dan Ca karena semakin tinggi penyerapan unsur K maka penyerapan unsur Mg makin rendah. Suatu gejala defisiensi pada tanaman yaitu klorosis di antara tulang daun tua, jika berjalan secara terus menerus akan mengakibatkan tanaman menjadi kering dan mati. Muncul bercak-bercak kuning di permukaan daun tua. Daun tua menjadi lemah dan akhirnya mudah terserang penyakit terutama embun tepung (powdery mildew).

Unsur Mg merupakan aktivator yang berperan dalam transportasi energi dari beberapa jenis enzim di dalam tanaman. Unsur ini sangat dominan keberadaannya di daun, terutama untuk ketersediaan klorofil. Jadi kecukupan Mg sangat diperlukan untuk memperlancar proses fotosintesis, sehingga Mg sebagai komponen inti pembentukan klorofil dan enzim di berbagai proses sintesis protein.

### 7.4.1 Sumber Mineral Mg-tanah

#### 1. Dolomit

Komposisi kimia: MgO 21.7%, CaO 30.4%, CO<sub>2</sub> 47.9%

Sistem: Trigonal, Simetri rhombohedral

Warna: Putih kelabu

Kekerasan: 3.5-4.0 ; Rapuh

Berat jenis: 1.8-2.9

Sifat diagnostik: Kondisi dingin lambat bereaksi dengan HCl

#### 2. Biotit

Sistem: Monoklinik

Habit: Kristalnya prisma pseudo-heksagonal, seringkali pipih berlapis

Belahan: Sempurna

Kekerasan: 2.5

Berat jenis: 2.8-3.4

Warna: Kuning pucat hingga coklat

Komposisi kimia: Komposisinya beragam. Sebagian K diganti oleh Na, Ca, Rb, Cs. Mg dapat diganti oleh fero dan feri; sebagian OH dapat diganti oleh F

3. Klorit

Sistem: Monoklinik

Habit: Kristal pseudo-heksagonal

Warna: Hijau khas

Kekerasan: 2.5

Berat jenis: 2.6-3.3

Warna: Hijau khas

Komposisi kimia: Mg dan Fe dapat saling menggantikan

4. Serpentin

5. Olivin

Kation magnesium dalam larutan tanah dapat mengalami:

1. Hilang bersama air drainase: Proses pencucian
2. Diserap oleh organisme
3. Dijerap pada permukaan koloid tanah
4. Diendapkan sebagai senyawa kalsium sekunder

Faktor ketersediaan Magnesium tanah:

1. Jumlah kalsium dapat ditukar (Mg<sub>d</sub> yang dijerap oleh koloid tanah)
2. Derajat kejenuhan Mg dari kompleks pertukaran
3. Tipe koloid tanah
4. Sifat ion-ion komplementer yg dijerap oleh koloid tanah

Berdasarkan kandungan Mg-dd (me/100g)

Nilai Magnesium dapat ditukar atau Mg-dd (me/100g) dalam tanah dikelompokkan dalam lima kategori berikut:

1. Sangat rendah untuk nilai Mg-dd (mg/100 g) < 0,4,
2. Rendah untuk nilai Mg-dd (mg/100 g) berkisar antara 0,4 s/d 0,1,

3. Sedang untuk nilai Mg-dd (mg/100 g) berkisar antara 1,1 s/d 2,0,
4. Tinggi untuk nilai Mg-dd (mg/100 g) berkisar antara 2,1 s/d 8,0 dan
5. Sangat tinggi untuk nilai Mg-dd (mg/100g) > 8,0.

#### 7.4.2 Sumber-Sumber Mineral Mg

1. Bahan organik  
Kebanyakan Mg segera terlindi dari seresah, sisanya mengalami mineralisasi pada tahap awal perombakan residu tersebut.
2. Rabuk, kompos dan biosolid  
Kebanyakan Mg terlarut, segera tersedia. oleh karena itu dengan mudah hilang sebelum diberikan ke lahan
3. Mg tertukar:  
Ion Mg<sup>2+</sup> termasuk kation dapat ditukar, pertukaran kation termasuk reaksi terpenting bagi Mg dalam tanah
4. Pelarutan mineral Mg  
Mineral primer atau mineral lempung sekunder, tanah kasar lebih sedikit kandungan Mg dibanding tanah halus
5. Kapur dan Pupuk  
Mg berada dalam senyawa yang digunakan untuk mentralkan pH tanah, terutama dalam bentuk batu kapur dolomit (CaMgCO<sub>3</sub>), bentuk yang lain misalnya garam epsom (MgSO<sub>4</sub>), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan MgSO<sub>4</sub> (Sul-Po-Mag)

#### 7.4.3 Fungsi Mineral Mg Pada Tanaman

Tanaman mengandung 0,1–0,4% Mg<sup>2+</sup>, sebagai penyusun utama klorofil, unsur Mg<sup>2+</sup> dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Klorofil menyumbang 15-20% dari total Mg pada tanaman (Sutarman and Miftakhurrohmat, 2019).

Beberapa fungsi mineral Mg<sup>2+</sup> pada tanaman:

1. Penyusun komponen struktural dalam ribosom,
2. Penstabil dalam konfigurasi yang diperlukan untuk sintesis protein
3. Pada tanaman yang kekurangan Mg<sup>2+</sup>, protein N berkurang sedangkan non-protein N meningkat

4. Aktivator maksimum pada enzim fosforilasi yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat pada tanaman
5. Terlibat pada transfer fosfat dari adenosin trifosfat (ATP)
6. Berperan pada proses dasar transfer energi yang terjadi dalam fotosintesis, glikolisis, siklus Krebs, dan respirasi
7. Memperlancar proses fotosintesis pada pembentukan klorofil dan
8. Enzim di berbagai proses sintesis protein (Marschner, 2012; Havlin, dkk, 2017).

## 7.5 Mineral S

Unsur S dapat menghambat sintesis protein dengan akumulasi N dan nitrat organik terlarut dan menyebabkan terjadinya klorosis seperti tanaman kekurangan nitrogen serta unsur S lebih berfungsi untuk pertumbuhan tunas dari pada pertumbuhan akar serta lebih menonjol pada daun muda dengan warna daun yang menguning sebagai mobilitasnya sangat rendah di dalam tanaman.

### 7.5.1 Sumber-Sumber Mineral S

1. Perombakan bahan organik tanah, karena 90% S dalam tanah berada dalam bentuk organik tersebut
2. Rabuk, kompos dan biosolid.
3. Sulfat yang terjerap pada tapak pertukaran anion dari oksida Al dan Fe.
4. Mineral S pada musim kering sulfida dalam bentuk anaerob.
5. Pengendapan atmosfer dari industri, hujan asam.
6. Pupuk S.

### 7.5.2 Fungsi Mineral S Pada Tanaman

Secara umum kandungan mineral S tanah sekitar  $\geq 5$  ppm  $\text{SO}_4$  dan kebutuhan tanaman dapat berbeda berdasarkan jenisnya. Unsur S sebagai penyusun pada senyawa protein, beberapa hormon tanaman, vitamin (tiamin dan biotin),

enzim-enzim (proteolitik), glikosida minyak-mustard dan glutasi, dan esensial untuk pembentukan klorofil.

Pada umumnya S dibutuhkan oleh semua makhluk hidup dalam pembentukan asam amino yaitu: sistin, sistein, metionin, biotin, tiamin, ko-enzim A dan glutathionin. Diperkirakan 90% S penyusun protein nabati pada tanaman yang ditemukan dalam bentuk asam amino (sistin, sistein, dan metionin) (Fauziah, Prihatin and Suratno, 2018; Handayanto, Maddarisna and Fiqri, 2017; Sagala Danner, 2022)

Kandungan sistein dan metionin meningkat dengan meningkatnya kandungan S dalam daun. Salah satu fungsi utama S adalah pembentukan ikatan disulfida ( $-S-S-$ ) antara rantai polipeptida dalam protein. Keterkaitan disulfida penting dalam menentukan sifat katalitik atau struktur protein. Misalnya, S diperlukan untuk sintesis koenzim A, yang terlibat dalam oksidasi dan sintesis yang salah satu fungsi utamanya adalah penyusun protein yaitu pembentukan ikatan disulfida antara rantai-rantai peptida. Unsur S merupakan bagian dari hasil metabolisme senyawa-senyawa kompleks serta berfungsi aktivator, kofaktor atau regulator enzim dan berperan dalam proses fisiologi tanaman. (Havlin et al., 2017)

### 7.5.3 Bentuk Mineral S Di dalam Tanah

Bentuk S di dalam tanah berada dalam bentuk inorganik dan organik.

1. Sulfur Inorganik, yaitu:
  - a. Sulfat Larut: sebagai ion sulfat ( $SO_4^{2-}$ ), bentuk yang mudah diserap oleh tanaman. Ion ini bergerak melalui difusi dan aliran massa.
  - b. Bentuk ini mudah mengalami pencucian karena tidak dijerap kuat oleh tanah.
  - c. Sulfat Terjerap (Terfiksasi): penjerapan ini terjadi melalui mekanisme pertukaran kation. Penjerapan oleh kompleks hidroksi Al dan Fe, dan penjerapan oleh garam.
  - d. Sulfat Mengendap (kurang larut): S dapat mengendap sebagai endapan alam, bentuk ini kurang tersedia bagi tanaman.

- e. Sulfur Tereeduksi: S akan tereeduksi menjadi sulfida pada kondisi air tergenang (anareobik) dan sebagai S elementer pada lingkungan yang kondisi aerobik dan anaerobiknya bergantian.
  - f. Sulfida (H<sub>2</sub>S): Hasil reduksi sulfat yang dibantu oleh bakteri genus *Desulfovibrio*.
  - g. Sulfur Elementer (S): Akumulasi terjadi pada tanah di daerah delta sungai. Bentuk ini tidak tersedia bagi tanaman melalui sistem perakaran karena ia tidak larut dalam air.
2. Sulfur Organik antara lain:
- a. Sulfat-S Ester: Sulfur ini tidak terikat oleh atom C, namun dalam bentuk ester sulfat dan eter. Contoh: arilsulfat dan alkilsulfat yang menyusun rata-rata 50% total S organik.
  - b. S terikat langsung atom karbon: Sulfur yang terikat langsung pada atom C. Contoh: asam amino sistein dan metionin yang menyusun 10-20% total S organik.
  - c. S Residual: Kelompok S yang tidak masuk 2 kategori di atas. Kelompok ini menyusun 30-40% total S organik tanah dan termasuk S yang memiliki sifat stabil. (Kusumawati, 2021).