



EDISI 1

BUKU AJAR

Kesuburan Tanah & Pemupukan

Poltek LPP Press

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

BUKU AJAR

KESUBURAN TANAH DAN PEMUPUKAN

Penyusun:

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

Editor:

Rom Ubaidillah. M S.IP., M.A

Detail:

Cetakan Pertama, Edisi Pertama, 2021, (IV+70) 28x22 cm

ISBN:

Penerbit:

Poltek LPP Press

Jl. Urip Sumoharjo No.1, Klitren, Kec. Gondokusuman, Kota
Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55222

PRAKATA

Buku Ajar ini berisi mengenai beberapa bab, dimulai dengan pendahuluan yang berisi konsep pengertian Kesuburan Tanah, Unsur Hara dan Tanah yang berisi mengenai macam-macam unsur hara yang dibutuhkan tanaman hingga proses serapan hara oleh tanaman. Penjelasan mengenai karakterisasi hara, manfaat, dan dinamika hara disajikan untuk masing-masing unsur hara pada bab yang terpisah, baik unsur hara makro dan unsur hara mikro. Konsep mengenai pupuk dan pemupukan juga disampaikan dalam buku ini hingga bagaimana membuat dan menghitung kebutuhannya. Kesesuaian Lahan menjadi satu bab tersendiri karena berhubungan dengan tingkat kecocokan dari masing-masing lahan terhadap masing-masing tanaman dan diakhiri bab terakhir mengenai Aplikasi Pemupukan yang menjelaskan bagaimana konsep 5 Tepat dalam menciptakan efisiensi pemupukan yang tinggi. Buku Ajar ini menyajikan isi yang lengkap, mulai dari konsep teori hingga perhitungan dalam penerapan, sehingga dapat menjadi referensi baik untuk mahasiswa akademik maupun vokasi. Semoga buku ini memberikan manfaat.

DAFTAR ISI	Halaman
Cover	i
Halaman Judul	ii
Prakata	iii
Daftar Isi	iv
BAB 1. PENDAHULUAN (PENGERTIAN KESUBURAN TANAH)	1
A. Pengertian Kesuburan Tanah	1
B. Tanah Sebagai Media Tanaman	2
C. Evaluasi	3
BAB 2. UNSUR HARA DAN TANAH	4
A. Unsur Hara untuk Tanaman	4
B. Dinamika Unsur Hara dalam Tanah	8
C. Harkat Hara dalam Tanah dan Tanaman	9
D. Proses Penyerapan Hara Oleh Tanaman	12
E. Evaluasi	15
BAB 3. UNSUR HARA NITROGEN (N)	16
A. Karakteristik Hara N	16
B. Transformasi N dalam tanah	18
C. Evaluasi	22
BAB 4. UNSUR HARA PHOSFOR (P)	23
A. Karakteristik Hara P	23
B. Evaluasi	28
BAB 5. UNSUR HARA KALIUM (K)	29
A. Karakteristik Hara K	29
B. Bentuk-bentuk K dalam tanah	30
C. Siklus K	31
D. Evaluasi	33
BAB 6. UNSUR HARA Ca, Mg dan S	34
A. Unsur Hara Calcium (Ca)	34
B. Unsur Hara Magnesium (Mg)	36
C. Unsur Hara Sulfur (S)	39
D. Evaluasi	41
BAB 7. UNSUR HARA MIKRO	42
A. Hara Fe	42
B. Hara Mn	43
C. Hara Cu	44
D. Hara Zn	45
E. Evaluasi	46
BAB 8. PUPUK DAN PENGGOLONGANNYA	47
A. Pengertian Pupuk dan Pemupukan	47
B. Klasifikasi pupuk	48
C. Evaluasi	52
BAB 9. PUPUK ORGANIK	53
A. Definisi	53
B. Pupuk Kandang	54
C. Pupuk Hijau	56
D. Kompos	56
E. Pupuk hayati	58
F. Evaluasi	59
BAB 10. KESESUAIAN LAHAN	60
A. Konsep Kesesuaian Lahan	60
B. Evaluasi	62

BAB 1. PENDAHULUAN (PENGERTIAN KESUBURAN TANAH)

Tujuan Instruksional Umum Mahasiswa akan dapat memahami konsep
(TIU) kesuburan tanah

<i>Tujuan Instruksional Khusus (TIK)</i>	Mahasiswa dapat menjelaskan : 1. Konsep atau prinsip tanah yang subur 2. Parameter tanah yang subur.
<i>Bahan Kajian</i>	Konsep kesuburan tanah, pengertian, dan parameter pendukung.
<i>Metode Pembelajaran</i>	Ceramah dan diskusi

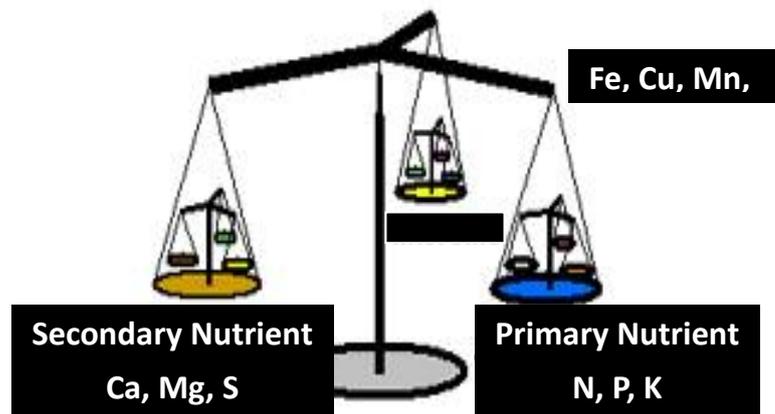
A. Pengertian Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah memiliki banyak definisi. Pengertian kesuburan tanah dapat dijelaskan pengertiannya berdasarkan dua hal yaitu:

- **Pertumbuhan tanaman:** merupakan kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman tertentu dalam waktu dan kondisi tertentu.
- **Produksi tanaman:** merupakan kemampuan tanah untuk menghasilkan produk tanaman tertentu dalam waktu dan kondisi tertentu. Produksi ini didasarkan pada hasil yang diambil dari tanaman, bisa berupa getah, batang, daun, buah dan biji.

Berdasarkan **kebutuhan hara tanaman**, pemahaman mengenai tanah yang subur adalah kemampuan tanah untuk menyediakan hara bagi tanaman, dalam keadaan tersedia, cukup, dan seimbang.

- tersedia : merupakan kondisi hara ada dalam jangkauan akar dan dapat diserap/diambil akar
- cukup : merupakan kondisi hara pada keadaan yang sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman dalam setiap fase pertumbuhannya.
- seimbang : merupakan kondisi hara ada pada konsentrasi unsur-unsur hara dalam jumlah yang relatif seimbang satu sama lain, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro.



Gambar 1.1. Gambaran Hara dalam Kondisi Seimbang

Kesuburan tanah dibedakan menjadi dua macam:

- a. Kesuburan tanah aktual (alami) : Kemampuan tanah menyediakan udara, air dan unsur hara untuk tanaman dalam waktu dan lingkungan tertentu.
- b. Kesuburan tanah potensial : Kemampuan tanah menyediakan udara, air, dan unsur hara untuk tanaman dalam waktu dan lingkungan tertentu setelah faktor-faktor penghambat diperbaiki sampai optimum. Jadi kesuburan tanah alami dapat ditingkatkan menjadi kesuburan tanah potensial.

B. Tanah Sebagai Media Tanaman

Untuk dapat tumbuh dengan baik, tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman antara lain :

1. Faktor genetik (turunan): faktor yang ada dalam tanaman itu sendiri (kromosom/gen) yang memberikan kemampuan tumbuh dan berproduksi dari suatu tanaman dalam kondisi lingkungan yang ada.
2. Faktor lingkungan
 - a. Bukan tanah
 - Biotik : hama, penyakit, gulma
 - Bukan biotik : iklim/cuaca setempat dan keadaan udara di sekitar perakaran

b. Tanah

Semua sifat tanah memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, baik sifat fisika, kimia maupun biologi.



Gambar 1.2. Korelasi antara ke tiga sifat tanah

C. Evaluasi

Jawablah dengan baik pertanyaan di bawah ini!

1. Jelaskan makna kesuburan tanah!
2. Menurut Anda, apakah sama antara kesuburan tanah untuk lahan yang ditanami karet dengan lahan yang ditanami sayuran? Jelaskan!
3. Jelaskan pentingnya sifat biologi tanah dalam sebuah konsep tanah yang subur.

BAB 2. UNSUR HARA DAN TANAH

Tujuan Instruksional Umum Mahasiswa dapat memahami dan
(TIU) menganalisa hubungan unsur hara dan tanah sebagai media tanam

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: 1. Hubungan kondisi tanah dan unsur hara 2. Hubungan unsur hara dan kesuburan tanah 3. Proses penyerapan hara oleh tanaman.
Bahan Kajian	Tanah sebagai media tanam berperan sebagai sumber unsur hara untuk tanaman.
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

A. Unsur Hara untuk Tanaman

Tanaman untuk dapat tumbuh dengan baik membutuhkan beberapa hal yaitu antara lain:

1. Air (H_2O)
2. Karbon Dioksida (CO_2)
3. Cahaya
4. Oksigen (O_2)
5. Unsur-unsur Hara (Mineral Nutrients)

Unsur hara tanaman yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dapat dibagi menjadi beberapa, yaitu:

1. Hara makro (*macronutrients*)

Unsur hara ini merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Hal ini dikarenakan unsur hara tersebut terdapat dalam jaringan tanaman dengan konsentrasi $> 0,1\%$ bahan kering. Unsur hara yang masuk golongan unsur hara makro antara lain: (C, H, O), N, P, K, Ca, Mg, S.

Hara makro juga dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu Makro primer : N, P, K dan Makro sekunder : Ca, Mg, S. Tabel 2.1 dan Gambar 2.1. menunjukkan bahwa untuk hara makro yang dibutuhkan tanaman, sebagian besar didapatkan dari dalam tanah.

2. Hara mikro (micronutrients)

Unsur hara ini merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit. Hal ini dikarenakan unsur hara tersebut terdapat dalam jaringan tanaman dalam konsentrasi 0,01%. Unsur hara yang masuk golongan unsur hara mikro antara lain: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl. Tabel 2.1 dan Gambar 2.1. menunjukkan bahwa untuk hara mikro yang dibutuhkan tanaman, sebagian besar didapatkan dari dalam tanah.

3. Unsur Hara Esensial.

Unsur hara dapat juga disebut sebagai unsur Hara esensial bagi tanaman, tetapi tidak semua unsur hara merupakan Unsur Hara Esensial. Kriteria Esensialitas hara antara lain:

1. Tanpa unsur tersebut tanaman tidak dapat menyelesaikan daur hidupnya (life cycle).
 2. Fungsi unsur tersebut harus spesifik & tidak dapat digantikan oleh unsur lain.
 3. Unsur tersebut harus berperan langsung dalam pertumbuhan dan metabolisme tanaman.
4. Kelompok Unsur Toksik (meracun) : I, Br, F, Al, Ni, Cr, Se, Pb, Cd (Bukan unsur-unsur esensial.) dan Fe, Mn, Zn, Cu, B (Esensial pada konsentrasi rendah tetapi toksik pada konsentrasi tinggi.)

Tabel 2.1. Unsur hara untuk tanaman dan sumbernya

Unsur hara makro		Unsur hara mikro
Dari udara	Dari tanah	Dari tanah
C (karbon)	N (Nitrogen)	Fe (besi)
H (hidrogen)	P (fosfor)	Mn (mangan)
O (oksigen)	K (kalium)	B (boron)
	Ca (kalsium)	Mo (molibdenum)
	Mg (magnesium)	Cu (tembaga)
	S (belerang)	Zn (seng)
		Cl (klor)

Table 1. Essential element, role in plant, and source.

ELEMENT	ROLE IN PLANT	SOURCE
Carbon (C)	Constituent of carbohydrates; necessary for photosynthesis	Air
Hydrogen (H)	Maintains osmotic balance; important in numerous biochemical reactions; constituent of carbohydrates	Water
Oxygen (O)	Constituent of carbohydrates, necessary for respiration	Air/Water
Nitrogen (N)	Constituent of proteins, chlorophyll and nucleic acids	Air/Soil
Phosphorus (P)	Constituent of many proteins, coenzymes, nucleic acids and metabolic substrates; important in energy transfer	Soil
Potassium (K)	Involved with photosynthesis, carbohydrate translocation, protein synthesis, etc.	Soil
Calcium (Ca)	A component of cell walls; plays a role in the structure and permeability of membranes	Soil
Magnesium (Mg)	Enzyme activator, component of chlorophyll	Soil
Sulfur (S)	Important component of plant proteins	Soil
Boron (B)	Believed to be important in sugar translocation and carbohydrate metabolism	Soil
Chlorine (Cl)	Involved with oxygen production in photosynthesis	Soil
Copper (Cu)	A catalyst for respiration; a component of various enzymes	Soil
Iron (Fe)	Involved with chlorophyll synthesis and in enzymes for electron transfer	Soil
Manganese (Mn)	Controls several oxidation-reduction systems and photosynthesis	Soil
Molybdenum (Mo)	Involved with nitrogen fixation and transforming nitrate to ammonium	Soil
Nickel (Ni)	Necessary for proper functioning of the enzyme, urease, and found to be necessary in seed germination	Soil
Zinc (Zn)	Involved with enzyme systems that regulate various metabolic activities	Soil

Gambar 2.1. Unsur hara, peran dan sumbernya

Tabel 2.2. Bentuk-bentuk hara yang dapat diserap oleh tanaman

Unsur Hara	Bentuk yang diserap	Unsur Hara	Bentuk yang diserap
N	NH_4^+ , NO_3^-	Fe	Fe^{+2} , Fe^{+3}
P	HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-	Mn	Mn^{+2} , Mn^{+4}
K	K^+	B	BO_3^{-3}
Ca	Ca^{+2}	Mo	MoO_4^{-2}
Mg	Mg^{+2}	Cu	Cu^+ , Cu^{+2}
S	SO_4^{-2}	Zn	Zn^{+2}
		Cl	Cl^-

Jika dilihat dari kondisi Unsur Hara didalam tanah, terdapat beberapa konsep mengenai unsur hara:

1. Hara total : Total hara merupakan unsur hara didalam tanah, baik tersedia dan tidak tersedia, baik bersumber dari alamnya (mineral) maupun jika tambahan dari luar seperti kegiatan pemupukan pupuk anorganik.
2. Hara tidak tersedia : kondisi unsur hara yang tidak tersedia untuk tanaman, karena syarat ketersediaannya tidak terpenuhi. Hara tidak tersedia ini tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman.
3. Hara tersedia : merupakan kondisi unsur hara yang tersedia untuk tanaman karena syarat tersedianya terpenuhi, seperti :
 - a) Bentuk: Tabel 2.2. menunjukkan bahwa masing-masing untuk hara memiliki bentuk yang berbeda sebagai syarat dapat diserap oleh tanaman. Jika bentuk belum sesuai, maka tanaman tidak dapat menyerap unsur hara tersebut dan nantinya akan mempengaruhi proses yang terjadi didalam tubuh tanaman seperti fotosintesis.
 - b) pH lingkungan
 - c) Kadar lengas
 - d) batuan induk
 - e) Lempung
 - f) Bahan organik

B. Dinamika Unsur Hara dalam Tanah

Keberadaan unsur hara di dalam tanah sifatnya dinamis. Dalam tanah, unsur hara terdapat pada tiga kondisi/bentuk :

1. Unsur hara di kompleks penyimpanan.

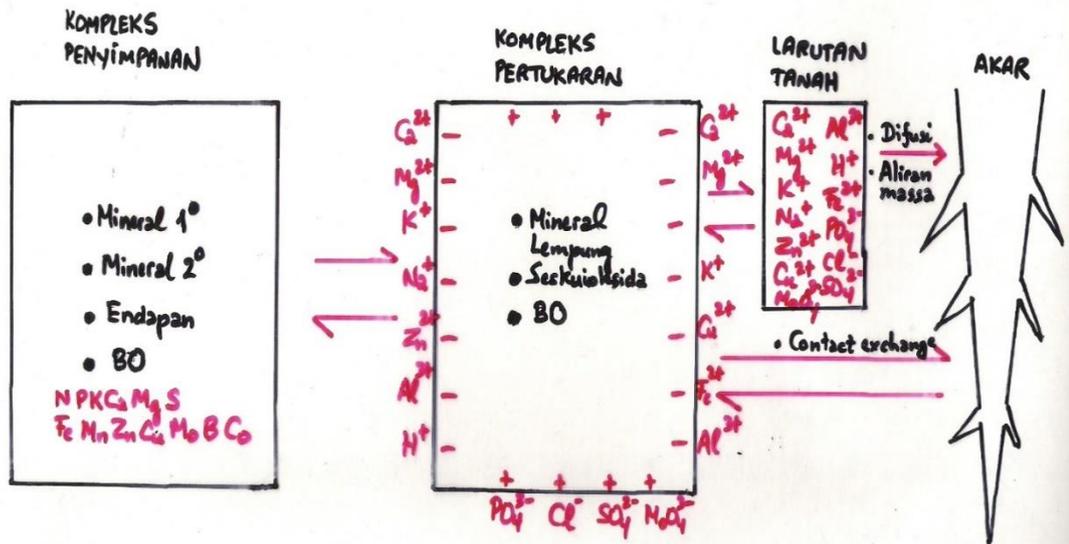
Unsur hara yang pada kondisi di kompleks penyimpanan ada dalam bentuk senyawa. Kompleks penyimpanan ini antara lain: mineral tanah, Bahan organik dan Senyawa yang mengendap. Sifat unsur hara disini berada pada kondisi ketersediaan lambat s/d sangat lambat untuk tanaman.

2. Unsur hara di dalam kompleks pertukaran.

Unsur hara yang pada kondisi di dalam kompleks pertukaran ini sudah berupa ion yang terikat lemah sehingga dapat ditukar dengan ion lain. Sifat ketersediaannya tersedia lambat s/d sedang.

3. Unsur hara di dalam larutan tanah.

Unsur hara yang pada kondisi di dalam larutan tanah ini merupakan ion bebas dalam larutan tanah, sehingga ketersediaannya cepat s/d sangat cepat untuk tanaman.



DINAMIKA HARA DALAM TANAH

Gambar 2.2. Dinamika hara dalam tanah

C. Harkat Hara dalam Tanah dan Tanaman

Harkat hara dalam tanah dan tanaman terdapat dalam beberapa kondisi:

1. Sangat Rendah : Pada keadaan ini tanaman menderita gejala kekurangan hara. Produksi tanaman sangat rendah, apabila dipupuk menunjukkan respon yang nyata dan produksi tanaman meningkat, gejala kekurangan hara menghilang.
2. Rendah: sebagian tanaman menampakkan gejala kekurangan hara, produksi tanaman rendah dan bila dipupuk dengan pupuk yang mengandung hara ini, produksi naik, cukup memadai atau menunjukkan tanggapan terhadap pemupukan.
3. Cukup, Sedang, Medium : Keadaan hara dalam tanah cukup, produksi memadai, bila dipupuk dengan pupuk yang mengandung hara ini sedikit menunjukkan produksi atau masih tanggap terhadap pemupukan.
4. Tinggi : tanaman umumnya menampakkan gejala pertumbuhan normal dan pemupukan tidak nyata meningkatkan produksi atau tanaman kurang tanggap terhadap pemupukan.

5. Sangat tinggi : bila kadarnya melampaui ambang batas toleransi, sebagian tanaman akan menunjukkan gejala penyimpangan pertumbuhan. Penyimpangan berupa keracunan hara, produksi menunjukkan penurunan secara nyata.

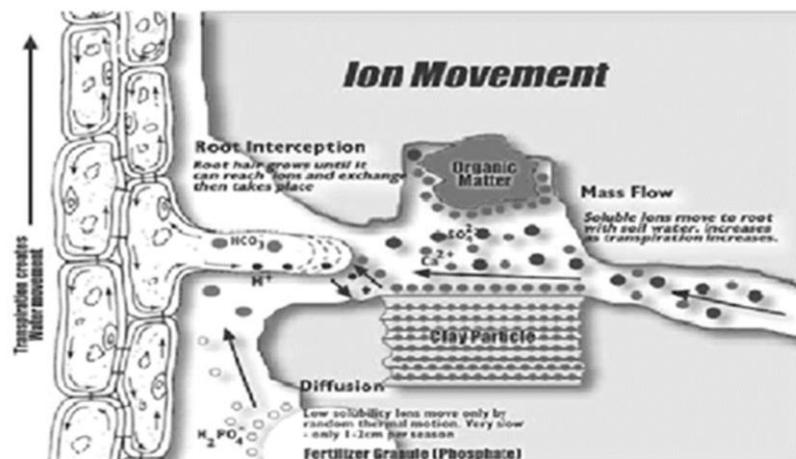
Tabel 2.3. Harkat dari masing-masing parameter sifat tanah

Indikator Tanah	Satuan	Nilai				
		1 (sangat rendah)	2 (rendah)	3 (sedang)	4 (tinggi)	5 (sangat tinggi)
Sifat Fisika tanah						
Kemantapan Agregat (Soekodarmojo (1985) dalam Setyaningsih <i>et al.</i> (2001), dimodifikasi)		<40	41-50	51-80	61-80	>81
Berat Volume (Wander (2002) <i>cit</i> Supriyadi (2014))	g/cm ³	<1,2	1,21-1,3	1,31-1,4	1,41-1,5	>1,5
Porositas (Sutanto, 2005)	%	<30	30-49	50-60	61-80	>81
Kedalaman Efektif (Supriyadi, 2014)	cm	<81	81-87	88-93	94-100	>100
Sifat Kimia tanah						
pH H ₂ O (Balitan, 2009, dimodifikasi)	-	<4,5	4,5-5,75	5,76-7	7,01-8,25	>8,25
C (Balitan, 2009)	%	<1	1-2	2-3	3-5	>5
N total (Balitan, 2009)	%	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
P tersedia (Bray) (Balitan, 2009)	ppm	<4	5-7	8-10	11-15	>15
P tersedia (Olsen) (Balitan, 2009)	ppm	<5	5-10	11-15	16-20	>20
K tersedia (Balitan, 2009)	(me/100 g)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1
KPK	(cmol(+)/kg)	<5	5-16	17-24	25-40	>40

(Balitan, 2009)						
Na tersedia	(me/100 g)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1	>1
(Balitan, 2009)						
Ca tersedia	(me/100 g)	<2	2-5	6-10	11-20	>20
(Balitan, 2009)						
Mg tersedia	(me/100 g)	<0,3	0,4-1	1,1-2,0	2,1-8	>8
(Balitan, 2009)						
Kejenuhan Basa	%	<20	20-40	41-60	61-80	>80
(Balitan, 2009)						
Zn tersedia	ppm	0,5	0,51-0,67	0,68-0,83	0,84-0,99	1
(Balitan, 2009, dimodifikasi)						
Sifat Biologi Tanah						
C-mineralisasi	(%)	<0,0190	0,020-0,0566	0,0567-0,0942	0,0943-0,132	>0,132
(Wander (2002) cit Supriyadi (2014))						
N-mineralisasi	(%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
(Balitan, 2009)						
<i>C-microbial biomass</i>	(mg/kg)	<0,0190	0,020-0,0566	0,0567-0,0942	0,0943-0,132	>0,132
(Wander (2002) cit Supriyadi (2014))						
<i>N-microbial biomass</i>	(mg/kg)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75
(Balitan, 2009)						
<i>C-particulate organic matter</i>	(%)	<0,0190	0,020-0,0566	0,0567-0,0942	0,0943-0,132	>0,132
(Wander (2002) cit Supriyadi (2014))						

D. Proses Penyerapan Hara Oleh Tanaman

Unsur hara sangat penting dalam pertumbuhan dan produksi tanaman. Unsur hara dibutuhkan tanaman ada yang dalam jumlah atau kuantitas yang tinggi (unsur hara makro) dan ada yang dibutuhkan dalam jumlah atau kuantitas kecil (unsur hara mikro). Pertumbuhan terjadi jika tanaman memperoleh hara yang cukup dan kekurangan salah satu unsur dari nutrisi tanaman berpengaruh pada proses pertumbuhan tanaman (Sagala et al., 2022). Jumlah dan kecepatan penyerapan air, oksigen, dan unsur hara oleh tanaman tergantung pada kemampuan akar menyerap larutan tanah serta kemampuan tanah untuk mensuplai air, oksigen, dan hara ke akar tanaman (Almendro-Candel et al., 2018). Kecukupan hara ini sangat tergantung pada proses penyerapan hara oleh tanaman, sehingga mekanisme penyerapan hara ini sangat perlu menjadi perhatian.



Gambar 2.3. Proses penyerapan hara oleh tanaman

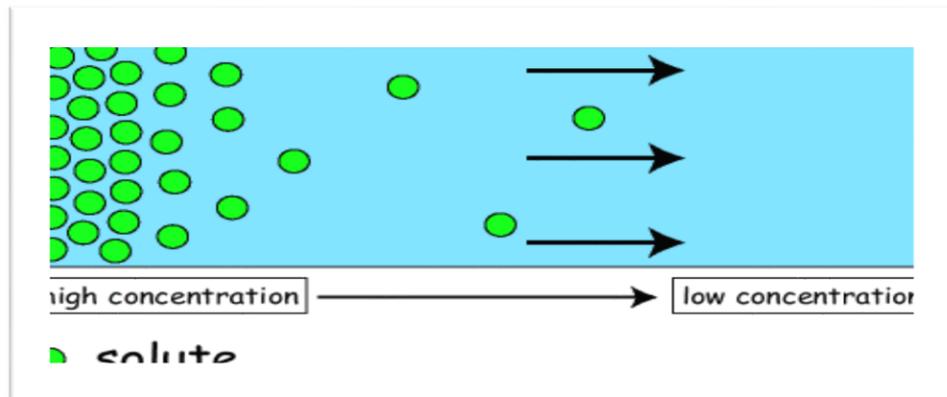
Proses perpindahan unsur hara dari dalam tanah ke tanaman terjadi melalui salah satu dari tiga proses, yaitu difusi, aliran massa dan intersepsi akar (Alaoui et al., 2022).

1. Difusi.

Pengertian difusi merupakan proses penyerapan hara karena adanya perbedaan konsentrasi, hara bergerak dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Jumlah ion/hara yang terdifusikan ke akar dipengaruhi oleh :

- jumlah kandungan air/lengas tanah
- konsentrasi hara pada permukaan akar

- konsentrasi hara dalam keseimbangan larutan

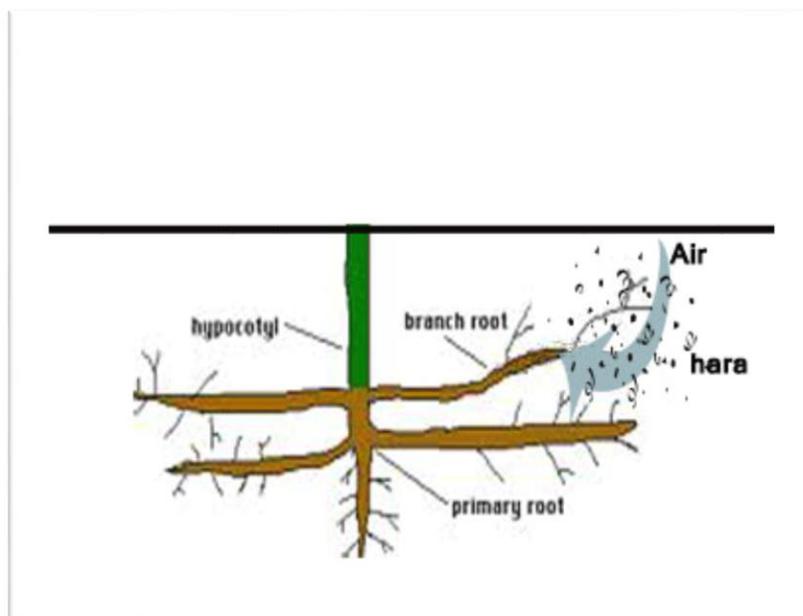


Gambar 2.4. Proses difusi hara

Pada proses difusi ini, hara berpindah menuju apoplas, lalu ke membran sel untuk selanjutnya didistribusikan ke jaringan lain untuk proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman (Farrasati et al., 2021).

2. Aliran masa

Aliran masa merupakan proses perpindahan hara dengan air tanah sebagai perantara, yang terutama disebabkan oleh daya serap akar. Gerakan air dalam tanah memungkinkan terjadinya kontak air-akar sehingga hara dapat bergerak ke dalam akar.



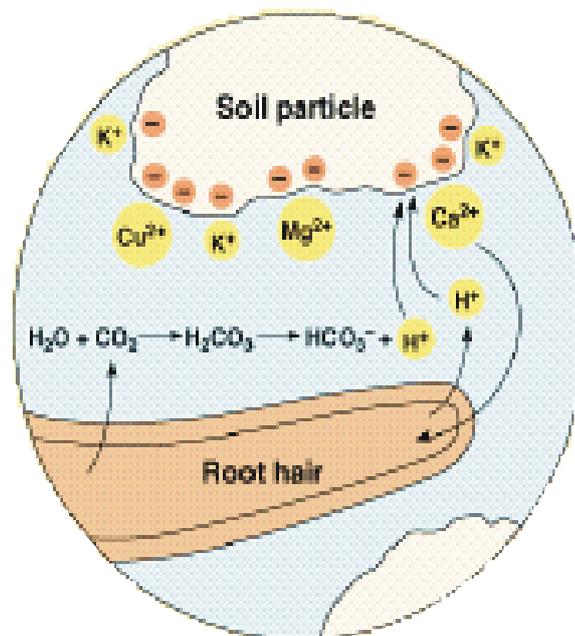
Gambar 2.5. Proses aliran massa unsur hara

Hara-hara yang relatif lebih banyak terdapat di larutan tanah seperti N akan lebih banyak diserap melalui aliran massa. Pada tanah dengan kandungan pasir tinggi, K ditransportasikan melalui proses aliran massa, dan menyebabkan tingginya kehilangan K dari tanah permukaan tanah (Siswanto, 2019). Pada kondisi adanya aplikasi mikoriza, proses penyerapan hara akan lebih banyak dengan adanya bantuan hifa melalui proses aliran massa terutama untuk hara N, P dan K (Basri, 2018).

3. Persinggungan akar

Pertumbuhan akar dan terbentuknya bulu akar baru menyebabkan terjadi persinggungan antara akar dengan ion hara tanaman. Pertumbuhan bulu akar akan menembus pori agregat tanah dan bersinggungan dengan ion/hara yang ada. Bila ion dalam bentuk tersedia, maka terjadi pertukaran ion dan kemudian ion masuk ke dalam tubuh tanaman. Persinggungan akar ditentukan oleh :

- Hara yang tersedia pada volume tanah yang ditempati oleh akar
- Volume tanah yang ditempati oleh akar
- Pori-pori tanah
- akar.



Gambar 2.6. Proses persinggungan akar unsur hara

Proses masuknya unsur hara ke dalam jaringan tanaman bersifat sangat selektif. Agar dapat digunakan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman, ion hara berpindah melalui epidermis dan korteks menuju bagian endodermis. Bagian endodermis berperan dalam mengendalikan serapan hara ke dalam tabung vaskular sentral akar (stele). Proses tersebut juga merupakan bentuk selektivitas dalam transfer ion di sistem vaskular (Farrasati et al., 2021).

E. Evaluasi

Jawablah dengan baik pertanyaan di bawah ini!

1. Jelaskan tiga konsep proses penyerapan hara oleh tanaman!
2. Sebutkan hal-hal yang mempengaruhi rendahnya efisiensi pemupukan!
3. Jelaskan pentingnya tanah yang subur dalam konsep ketersediaan hara untuk tanaman!

BAB 3. UNSUR HARA NITROGEN (N)

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa peran, dinamika dan siklus unsur hara N.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: <ol style="list-style-type: none">1. Peran Unsur Hara2. Dinamika hara N3. Sumber unsur hara N4. Siklus Unsur hara N
Bahan Kajian	<ol style="list-style-type: none">1. Peran Unsur Hara2. Dinamika hara N3. Sumber unsur hara N4. Siklus Unsur hara N
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

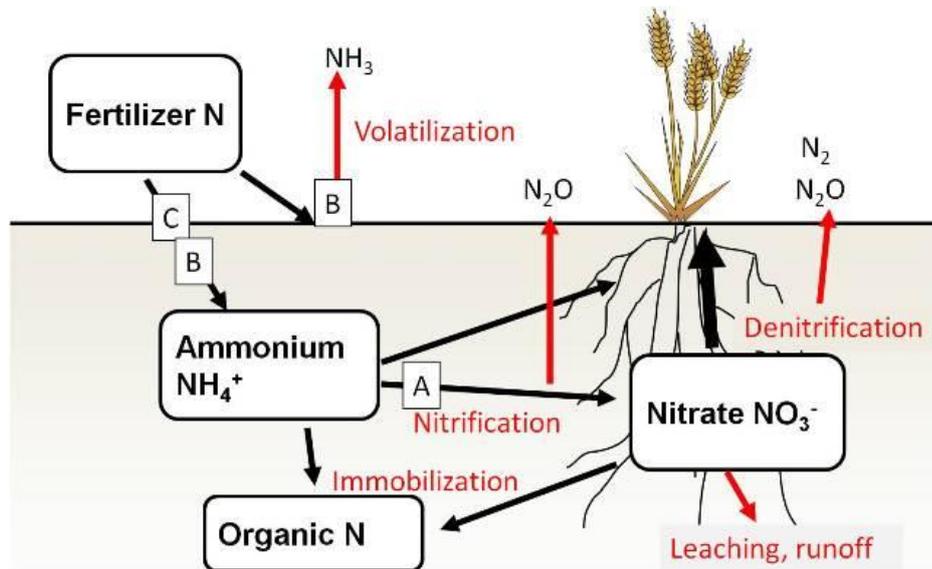
A. Karakteristik Hara N

Unsur hara Nitrogen (N) merupakan hara makro esensial bagi tanaman yang artinya harus mutlak harus ada, dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Unsur hara ini merupakan hara **mobile** dalam tanaman dan tanah (mudah bergerak dan berpindah tempat). Unsur ini diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^- atau amonium NH_4^+) dari tanah. N umumnya menjadi faktor pembatas pada tanah-tanah yang tidak dipupuk. Kadar N dalam berat kering tanaman adalah sekitar 1-5 %, tergantung spesies dan fase pertumbuhan tanaman. Konsentrasi N lebih tinggi pada jaringan tanaman muda, kandungan N total dalam tanaman menurun dengan bertambahnya umur tanaman.

Sumber alami Nitrogen

- N berasal dari dekomposisi bahan organik, tidak ada N yang berasal dari pelapukan mineral dalam tanah (Raviv *et al.*, 2004).
- Karena N hanya berasal dari bahan organik tanah, maka jumlah N dalam tanah sangat dipengaruhi oleh jumlah BO dalam tanah dan kecepatan dekomposisinya.

Siklus Nitrogen



Gambar 3.1. Siklus hara Nitrogen (N)

Bentuk-bentuk N

Table 1. Definitions of each N form.

NITROGEN FORM	MOLECULAR FORMULA	NOTES
Nitrogen gas	N_2 (g)	Represents about 80% of the air we breathe
Ammonia gas	NH_3 (g)	Generally cheapest form of N, toxic at high concentrations
Ammonium	NH_4^+	Plant available, attracted to exchange sites on clay particles
Nitrate	NO_3^-	Very mobile, requires more energy by plant than ammonium
Nitrite	NO_2^-	Mobile, generally low concentrations, toxic to young mammals
Organic N	-	Slowly supplies available N to soil solution

B. Transformasi N dalam tanah

a) Amonifikasi

perubahan komponen secara cepat menjadi ammonium (NH_4^+)

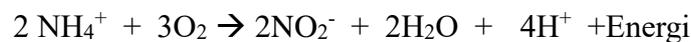
b) Nitrifikasi

Proses ini merupakan proses perubahan bentuk dari ammonium menjadi nitrat oleh kegiatan mikroorganisme nitrifikasi. Mikroorganisme ini menggunakan sumber karbon (C) lain dan energi dari oksidasi ammonium menjadi nitrat. Organisme yg berperan dlm proses nitrifikasi :

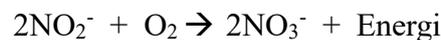
Untuk merubah NH_4^+ menjadi NO_2^- adalah Nitrosomonas

Untuk merubah NO_2^- menjadi NO_3^- adalah Nitrobacter

Reaksi Nitrifikasi :



Nitrit



Nitrat

: artinya Reaksi oksidasi enzimatik

Hal-hal yang mempengaruhi Nitrifikasi :

- 1) Aerasi/penghawaan tanah: aerasi tanah semakin baik, proses nitrifikasi akan berjalan lebih cepat. dalam praktek, untuk mempercepat nitrifikasi dengan pembajakan dan penyiangan.
- 2) Suhu: nitrifikasi berjalan baik pada suhu 27-32 °C
- 3) Kelembaban : terlalu kering atau basah, nitrifikasi terhambat. Kelembaban yang optimum bagi tanaman merupakan kondisi optimum juga bagi nitrifikasi.
- 4) pH tanah : pada umumnya pH 5,5-10,0 nitrifikasi dapat berjalan dan optimum pada pH 6,5-8,5
- 5) Pupuk: pupuk makro dan mikro membantu nitrifikasi. Nitrifikasi berjalan baik pada keseimbangan N, P, K.

- 6) Nisbah C/N : Nisbah C/N berpengaruh terhadap nitrifikasi. C/N tinggi → nitrifikasi terhambat karena kurangnya N ammonia yang digunakan oleh mikroorganisme.

c) Denitrifikasi

Denitrifikasi merupakan proses perubahan N dalam bentuk nitrat menjadi gas-gas N oleh kegiatan biologi (ada peran dari mikroorganisme). Proses ini terjadi pada kondisi tidak ada oksigen (anaerobik) menjadi gas-gas N seperti N_2O (nitrous oksida), NO (nitrit oksida) dan N_2 (Eleftheriadis et al., 2018).

d) Immobilisasi

Immobilisasi merupakan perubahan bentuk N anorganik (NO_3^- atau NH_4^+) menjadi bentuk N organik karena aktivitas biologi (mikroorganisme). Mikroorganisme mengambil dan memanfaatkan N untuk diubah menjadi protein dan dinding sel. Immobilisasi merupakan proses kebalikan dari Mineralisasi.

e) Volatilisasi

Volatilisasi merupakan perubahan N dalam bentuk amonium menjadi gas amoniak (NH_3) dalam suasana alkalis (ada sumber OH^- , pH di atas 7).

f) Fiksasi N

Fiksasi N adalah proses penambatan/pengambilan N dari udara dengan bantuan mikroorganisme (bakteri). Terdapat 2 kelompok bakteri yang dapat memfiksasi N dari udara :

- fiksasi secara simbiosis : mikroorganisme yang hidup berasosiasi dengan akar tanaman legume (kacang"an) membentuk bintil akar. Genus bakteri *Rhizobium* adalah kelompok bakteri yang dapat mengambil N dari udara melalui proses sintesis yang menggunakan karbohidrat terlarut sebagai sumber energi dari tumbuhan inang.

- Fiksasi N bukan simbiosis: bakteri heterotof pada kondisi aerobik (ada oksigen) yang berperan penting memfiksasi N adalah *Azotobacter*.

Peran/Fungsi N bagi tanaman

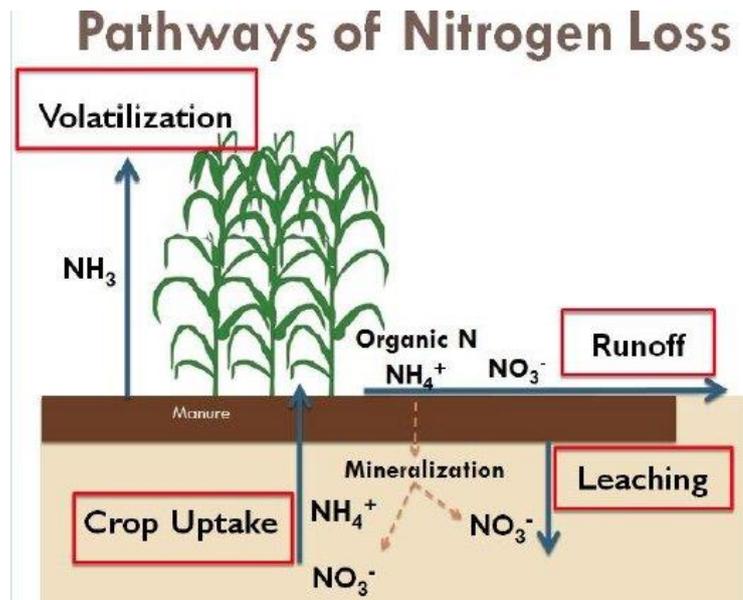
1. Bersama dengan hara Mg, sebagai bahan pembentuk inti molekul klorofil (Leghari et al., 2016).
2. Berperan dalam sintesis (pembentukan) protein
3. Penyusun asam amino
4. Bersama dengan hara P menyusun asam nukleat
5. Memacu pertumbuhan vegetatif tanaman (Saleem *et al.*, 2012).
6. Serapan nitrat akan memberikan hasil biomassa yang lebih tinggi, luas permukaan daun, pertumbuhan akar sehingga meningkatkan efisiensi N (Nastaro et al., 2019).

Sumber tambahan Nitrogen untuk tanaman

1. Fiksasi N
2. Mineralisasi/dekomposisi bahan organik
3. Pupuk organik dan anorganik
4. Air irigasi

Kehilangan N

1. Immobilisasi
2. Denitrifikasi
3. Volatilisasi
4. *Leaching* (pelindian oleh air) (Firmansyah and Sumarni, 2013).
5. Terangkut bersama hasil panen
6. Erosi



Gambar 3.2. Penyebab kehilangan hara nitrogen

Gejala kekurangan/defisiensi N

1. Tanaman terhambat pertumbuhannya, kerdil
2. Daun berwarna hijau cerah sampai kuning pucat
3. Daun rontok/kering
4. Tanaman mengalami kematangan dini → menurunkan kualitas
5. Gejala defisiensi tampak jaringan tua, karena N bersifat mobile.

Pupuk yang mengandung N

Table 7. Composition of selected N fertilizers.

FERTILIZER SOURCE	COMMERCIAL GRADE
Ammonium nitrate	34-0-0
Ammonium phosphate-sulfate	16-20-0
Ammonium polyphosphate	10-34-0
Ammonium sulfate	21-0-0
Anhydrous ammonia	82-0-0
Diammonium phosphate	18-46-0 to 21-54-0
Monoammonium phosphate	10-48-0 to 11-55-0
Urea	46-0-0

Gambar 3.3. Daftar pupuk sumber hara N dan kandungannya

C. Evaluasi

1. Urea mengandung N 46%. Jika JOKO membeli pupuk urea 1000 kg, berapa kandungan N tersedia untuk tanaman dari 1000 kg urea?
2. diketahui kebutuhan nitrogen 400 kg/ha. Berapa kebutuhan urea untuk 1 ha?

BAB 4. UNSUR HARA PHOSFOR (P)

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa peran, dinamika dan siklus unsur hara P.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: <ol style="list-style-type: none"> 1. Peran Unsur Hara P 2. Dinamika hara P 3. Sumber unsur hara P 4. Siklus Unsur hara P
Bahan Kajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peran Unsur Hara P 2. Dinamika hara P 3. Sumber unsur hara P 4. Siklus Unsur hara P
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

A. Karakteristik Hara P

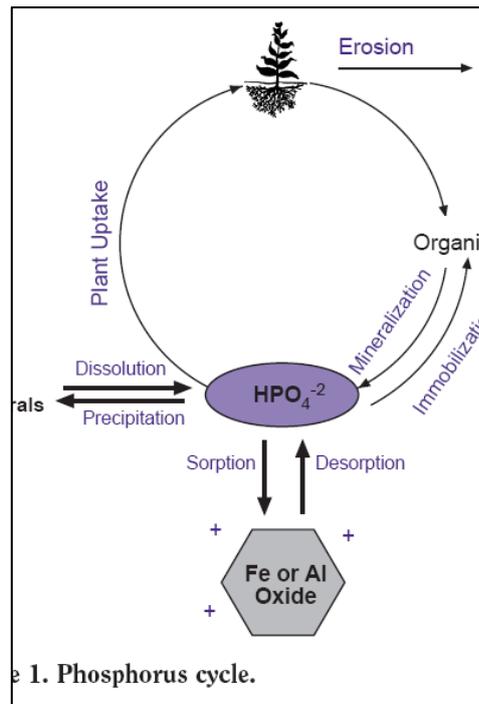
Unsur hara Phosfor (P) merupakan hara makro esensial bagi tanaman yang artinya mutlak harus ada, dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Unsur hara ini merupakan hara mobile dalam tanaman, immobile dalam tanah. Unsur ini diserap tanaman dalam bentuk ion fosfat H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} dari tanah. Kadar P dalam berat kering tanaman sekitar 0,1-0,5 %, tetapi tergantung spesies dan fase pertumbuhan tanaman. P dalam tanah berasal dari pelapukan mineral tanah yang mengandung P (contoh : apatit) dan dekomposisi bahan organik

Bentuk-bentuk P dalam tanah

PHOSPHORUS FORM	EXAMPLE MOLECULAR FORMULA	NOTES
Phosphate	$\text{HPO}_4^{-2}, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	Form that plants can use
Sorbed P	—	Can slowly become available
Mineral P		
Calcium phosphates	CaHPO_4	Relatively insoluble
Aluminum phosphate	AlPO_4	
Iron phosphate	FePO_4	
Organic P	—	Slowly supplies available P to plants and microorganisms

Gambar 4.1. Bentuk-bentuk hara P

Siklus P

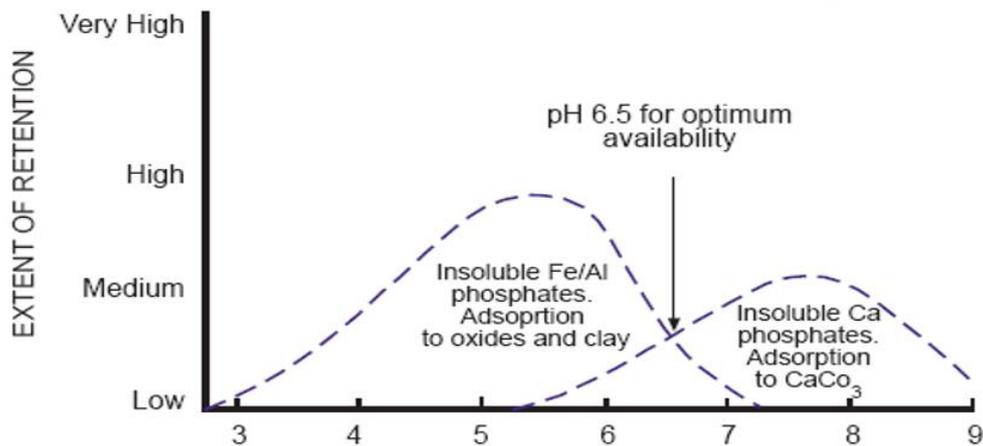


Gambar 4.2. Siklus hara P

Keterangan :

- Mineralisasi : perubahan bentuk dari P organik menjadi P anorganik, dapat diserap tanaman.
- Immobilisasi : kebalikan dari mineralisasi; perubahan bentuk dari P anorganik menjadi P organik, tidak dapat diserap tanaman.
- Sorption : ion P diikat kuat oleh partikel tanah; tidak dapat diserap tanaman.
- Desorption : kebalikan dari sorption; ion P dilepaskan ke larutan tanah, dapat diserap tanaman.
- Dissolution : pelarutan mineral tanah yang mengandung unsur P sehingga menghasilkan ion-ion P yang dapat diserap tanaman.
- Precipitation : kebalikan dari dissolution; pengendapan ion-ion P.
- Plant uptake : diserap tanaman
- Erosion : erosi

Pengaruh pH terhadap jerapan P



- Retensi atau jerapan P : yaitu ion P diikat oleh partikel tanah; misal lempung, oksida besi, atau kapur (CaCO_3)
- Pada pH rendah : $< 6,5 \rightarrow$ P diikat kuat oleh mineral lempung, oksida besi (Fe) dan aluminium (Al), Mn
- Pada pH tinggi : $> 6,5 \rightarrow$ P diikat kuat oleh kalsium (Ca) menjadi kalsium fosfat.

Peranan P bagi tanaman (Ukwattage et al., 2020):

- Komponen enzim dan protein tertentu, ATP (transfer energi), RNA dan DNA (pembawa sifat genetik/keturunan)
- Penyusun asam-asam amino tertentu
- Merangsang pertumbuhan dan aktif dalam pembelahan sel
- Metabolisme karbohidrat
- Pembentukan bunga, buah dan biji
- Memperkokoh tegaknya tanaman
- Meningkatkan ketahanan terhadap penyakit

Faktor yang mempengaruhi ketersediaan P

- pH tanah : mempengaruhi pengikatan P dalam tanah
- Fe, Al, Mn yang larut : pH rendah menyebabkan Fe dan Al tinggi, sehingga membuat ikatan dengan P
- Mineral yang mengandung P (apatit)
- Ketersediaan Ca : pH tinggi, Ca banyak, Ca mengikat P
- Jumlah dan tingkat dekomposisi BO
- Kegiatan jasad renik (mikroorganisme) tanah

Sumber hara P

- Pupuk buatan dan pupuk organik
- Mineralisasi : Fosfat primer terbentuk dari pembekuan magma alkali yang bersusunan mineral fosfat apatit, terutama fluor apatit $\{Ca_5(PO_4)_3F\}$ dalam keadaan murni mengandung 42 % P_2O_5
- perombakan bahan organik: menyumbang 20-80% dari total P dalam tanah

Kehilangan hara P

1. Diserap tanaman
2. Immobilisasi P : Proses ini merupakan kebalikan dari mineralisasi. Pengambilan P anorganik dari tanah (HPO_4^{2-} or $H_2PO_4^-$) kemudian diubah menjadi P organik oleh mikrobia. Nisbah C:P menentukan laju perombakan bahan organik (seperti halnya nisbah C/N), mineralisasi P juga ditentukan oleh nisbah C/N. Nisbah C/P tinggi, mikrobia menggunakan P tersedia dari larutan tanah, ketersediaan bagi tanaman berkurang. Jika kadar P dalam larutan tanah rendah maka pertumbuhan mikrobia terhambat, perombakan bahan organik juga lambat.
jika $C:P > 300$, P immobilisasi $>$ P mineralization,
jika $C:P = 200-300$, P immobilisasi = P mineralization
jika $C:P < 200$, P immobilisasi $<$ P mineralization,
3. Presipitasi (pengendapan P)
Pada tanah masam: dirajai kation terlarut Al dan Fe, menyebabkan presipitasi mineral Al-fosfat dan Fe- fosfat. Pada tanah netral dan kapuran: dirajai kation

terlarut Ca, menyebabkan presipitasi mineral Ca-fosfat. Keadaan pH larutan dan kelarutan Al, Fe dan Ca fosfat menentukan kadar P dalam larutan tanah, perhatikan stabilitas mineral. Ketersediaan P maksimum pada pH 6 – 7, yaitu diantara zona Al dan Fe fosfat dengan Ca fosfat yang tidak terlarut. Reaksi presipitasi umumnya terjadi sangat lambat. Ion fosfat jarang terlindi (leaching) karena secara cepat akan bereaksi dengan partikel tanah membentuk endapan (presipitasi) atau terjerap pada permukaan mineral tanah (sorption). Reaksi tsb menyebabkan fosfat tidak dalam bentuk tersedia bagi tanaman.

Gejala kekurangan P

- Pertumbuhan lambat, tanaman kerdil
- Daun berwarna hijau gelap
- Pada daun tua menunjukkan bercak berwarna keungu-unguan, berwarna kelam kecoklatan
- Perkembangan akar terhambat
- Dalam keadaan parah, daun warnanya beraneka dan batangnya kurus, terjadi penundaan perkembangan biji atau buah.

Gejala kelebihan/keracunan P

- Kelebihan P menunjukkan gejala kekurangan hara mikro : Fe dan Zn adalah unsur pertama yang terpengaruh.
- Hubungan hara P dan Fe (dan Zn) → antagonis

Pengelolaan hara P

- Menjaga pH tanah berkisar antara 6,0-7,0
- Pemupukan
- Pemberian BO
- Pencegahan erosi

Sumber Pupuk Sumber Hara P

Sumber pupuk P dan kesetaraan P₂O₅

Pupuk P	% P ₂ O ₅	
		15
<i>Single super</i>	16-18	88
<i>Double super/SP36</i>	36	42
<i>Triple super</i>	44-46	33
DiammoniumP(DAP)*	44-46	33

B. Evaluasi

1. Ahmad membeli pupuk SP-36 (%P₂O₅= 36%) sebanyak 10.000 kg, maka berapa kg P₂O₅ nya?
2. Rekomendasi P₂O₅ 40kg/ha. Berapa banyak pupuk SP36 yang harus diaplikasikan untuk 10 ha?

BAB 5. UNSUR HARA KALIUM (K)

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa peran, dinamika dan siklus unsur hara K

<i>Tujuan Instruksional Khusus (TIK)</i>	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: 1. Peran Unsur Hara K 2. Dinamika hara K 3. Sumber unsur hara K 4. Siklus Unsur hara K
<i>Bahan Kajian</i>	1. Peran Unsur Hara K 2. Dinamika hara K 3. Sumber unsur hara K 4. Siklus Unsur hara K
<i>Metode Pembelajaran</i>	Ceramah dan diskusi

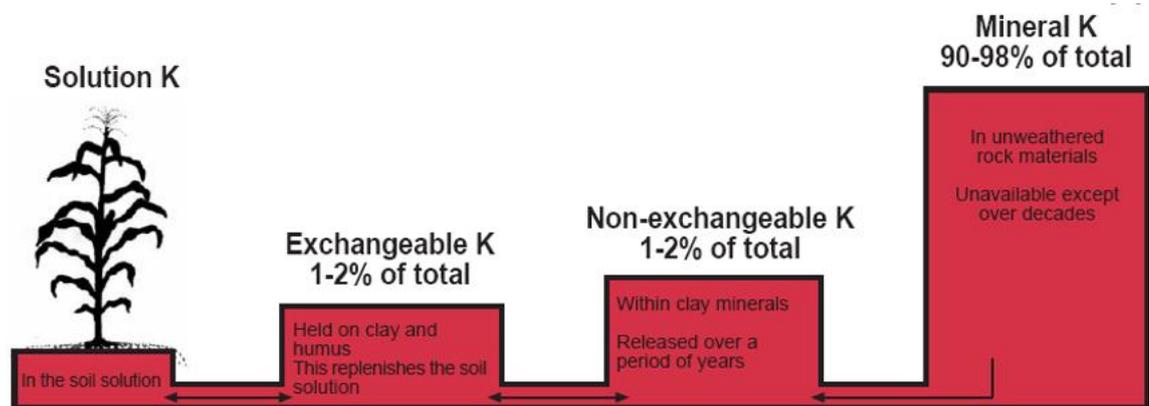
A. Karakteristik Hara K

Unsur hara Kalium (K) merupakan unsur hara makro esensial bagi tanaman yang berarti mutlak harus ada dan dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Hara ini merupakan hara mobile dalam tanaman dan immobile dalam tanah. Unsur ini diserap tanaman dalam bentuk kation K^+ . Kadar K dalam berat kering tanaman : sekitar 0,5-0,8 %; lebih tinggi dari hara fosfor (P).

Unsur hara K ini dinamis di dalam sistem tanah. Reaksi yang dinamis tersebut melibatkan bentuk-bentuk K di dalam larutan tanah, K tertukar, K terfiksasi (K yang terikat) dan mineral K. Reaksi-reaksi tersebut selanjutnya mempengaruhi keberadaan hara K, apakah akan diserap oleh tanaman, hilang terlindi ke bagian bawah tanah atau diubah dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. K dalam tanah berasal dari pelapukan mineral tanah yang mengandung K (contoh : feldspar, mika) dan dekomposisi bahan organik (McCray and Powell, 2016). K merupakan hara utama yang dibutuhkan untuk meningkatkan pertumbuhan akar dan ketahanan terhadap kerebahan tanaman dan hama penyakit.

Pada kebanyakan tanah, pelindian K oleh aliran air kecil, **kecuali** pada tanah pasiran yang nilai KPKnya rendah, di daerah dengan curah hujan tinggi sehingga menyebabkan ketersediaan K rendah, karena banyak yang terlindi. K bersifat antagonis dengan hara Mg , dan jika konsentrasi K tinggi menyebabkan Mg defisien.

B. Bentuk-bentuk K dalam tanah

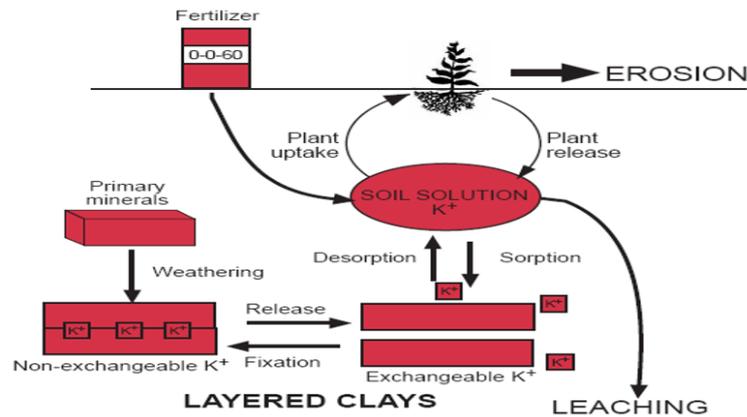


Gambar 5.1. Bentuk hara K di dalam tanah

Gambar 5.1. menunjukkan bentuk-bentuk hara K didalam tanah, yaitu antara lain:

1. K tidak tersedia : merupakan hara K yang terdapat dalam mineral tanah; 90-98% dari total K
2. K tidak dapat dipertukarkan (*non-exchangeable K*): merupakan unsur hara K yang berada di antara kisi-kisi atau bagian-bagian mineral tanah; 1-2% dari total K; lambat tersedia
3. K dapat dipertukarkan (*exchangeable K*); 1-2% dari total K : merupakan unsur hara tersedia bagi tanaman
4. K tersedia cepat : merupakan unsur hara K yang terdapat dalam larutan tanah

C. Siklus K



Gambar 5.2. Siklus hara kalium (K)

Unsur hara K dalam siklusnya melewati beberapa proses antara lain :

1. Weathering : pelapukan mineral tanah yang menghasilkan ion-ion K^+ (tidak dapat dipertukarkan atau *non-exchangeable*)
2. Release : pelepasan ion-ion K hasil pelapukan mineral tanah yang tidak dapat diertukarkan menjadi dapat dipertukarkan (*exchangeable*)
3. Fixation : fiksasi (pengikatan) ion-ion K oleh bagian-bagian dalam mineral tanah → hara K menjadi tidak tersedia bagi tanaman
4. Sorption : ion K diikat oleh partikel tanah; tidak dapat diserap tanaman.
5. Desorption : kebalikan dari sorption; ion K^+ dilepaskan ke larutan tanah, dapat diserap tanaman.
6. Plant uptake : diserap tanaman
7. Plant release : dilepaskan tanaman

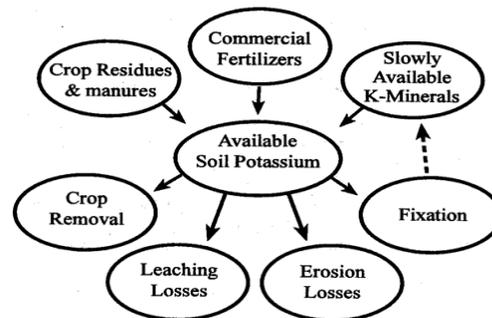
Fungsi/Peranan K bagi tanaman

Unsur hara K memiliki banyak peranan atau fungsi, antara lain (Gopaldasundaram *et al.*, 2012):

1. Mengaktifkan enzim tanaman (Sumarni *et al.*, 2012).
2. berperan dalam fotosintesis
3. Berperan dalam translokasi karbohidrat (gula)
4. Berperan dalam pembentukan protein
5. Berperan dalam fiksasi nitrogen pada tanaman legume

6. Terlibat dalam pembentukan ATP dan ADP (transfer energi untuk proses metabolisme dalam tanaman)
7. Meningkatkan ketahanan tanaman (Mozumder *et al.*, 2007)
8. Meningkatkan pertumbuhan akar
9. Berperan dalam pernafasan

Sumber tambahan dan kehilangan K



Gambar 5.3. Proses-proses penyebab kehilangan dan penambahan kalium

Gejala kekurangan K

Terdapat beberapa tanda atau gejala terjadinya kekurangan atau defisiensi unsur hara K, antara lain:

1. Daun cepat menua
2. Pertumbuhan terhambat
3. Ruas batang memendek
4. Klorosis (tanaman menguning)
5. Nekrosis (tanaman berwarna kecoklatan lalu mati)
6. Perkembangan akar terhambat
7. Tanaman mudah rebah
8. Pada tanaman padi, gabah menjadi hampa, dan bobot gabah menjadi ringan
9. Pada tanaman jagung, ujung tongkol bagian atas tidak penuh berisi biji

Pupuk buatan K

FERTILIZER SOURCE	COMMERCIAL GRADE	FORMULA
Potassium chloride	0-0-60	KCl
Potassium sulfate	0-0-50	K_2SO_4
Potassium nitrate	13-0-44	KNO_3

Gambar 5.4. Beberapa pupuk anorganik sumber hara K

D. Evaluasi

1. Jika Joko membeli 10.000 kg pupuk KCl, maka berapakah besar kandungan K_2O nya?
2. Jika rekomendasi hara K_2O pada lahan A adalah 5 ton/ha untuk ditanami tebu, berapakah kebutuhan pupuk KCl per ha?

BAB 6. UNSUR HARA Ca, Mg dan S

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa peran, dinamika dan siklus unsur hara Ca, Mg dan S.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: 1. Peran Unsur Hara Ca, Mg dan S 2. Dinamika hara Ca, Mg dan S 3. Sumber unsur hara Ca, Mg dan S 4. Siklus Unsur hara Ca, Mg dan S
Bahan Kajian	1. Peran Unsur Hara Ca, Mg dan S 2. Dinamika hara Ca, Mg dan S 3. Sumber unsur hara Ca, Mg dan S 4. Siklus Unsur hara Ca, Mg dan S
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

A. Unsur Hara Calcium (Ca)

Unsur hara Calcium (Ca) merupakan unsur hara makro esensial sekunder tanaman. Ca dalam tanah berasal dari mineral dimana tanah tersebut terbentuk, umumnya dalam fraksi pasir dan debu. Contoh : anortit, batu kapur, piroksin, amfibol, kalsit, dll. Kandungan Ca di dalam tanah beragam, pada tanah-tanah masam di tropika basah mengandung 0,1-0,3%, sedangkan pada tanah kapur pada iklim kering mengandung lebih dari 25%.

Kalsium diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Ca^{2+} . Fungsi Ca dalam tanaman antara lain :

1. Menjadi bagian dari struktur sel yaitu penyusun dinding dan membran sel (El Habbasha and Ibrahim, 2015)
2. Diperlukan dalam proses pembentukan atau pembelahan sel-sel baru, pemanjangan sel dan menjaga struktur membran di dalam tanaman (Hepler, 2005).
3. Terlibat dalam pengaturan sejumlah proses metabolis, termasuk respon tanaman terhadap lingkungan dan zat pengatur tumbuh.
4. Penting dalam translokasi karbohidrat dan hara
5. Berperan dalam proses perkecambahan biji dan fotosintesis.

Sumber alami Ca berasal dari pelapukan mineral. Mineral yang mengandung Ca antara lain : Anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), Piroksen ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$), Kalsit (CaCO_3), Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), Gypsum (CaSO_4), Kapur tohor (CaO). Selain mineral, bahan organik juga memiliki kandungan Ca tetapi dalam jumlah kecil karena sebagian besar Ca dapat terlindi, dan sebagian yang lain mengalami mineralisasi pada awal tahapan perombakan bahan tersebut. Referensi lain juga menyebutkan bahwa air laut merupakan sumber Ca bagi gambut ombrogen.

Kalsium diserap oleh tanaman dalam bentuk kation divalen Ca^{2+} . Ion Ca^{2+} bergerak menuju ke akar tanaman melalui proses aliran massa dan intersepsi akar. Setelah terangkut ke dalam tanaman, Ca^{2+} bergerak bersama aliran air transpirasi ke dalam xilem. Ca memasuki pembuluh xilem melalui jalur apoplastik. Pengangkutan menembus membran terbatas, diperlukan pertumbuhan akar terus menerus agar pengambilan Ca mencukupi kebutuhan.

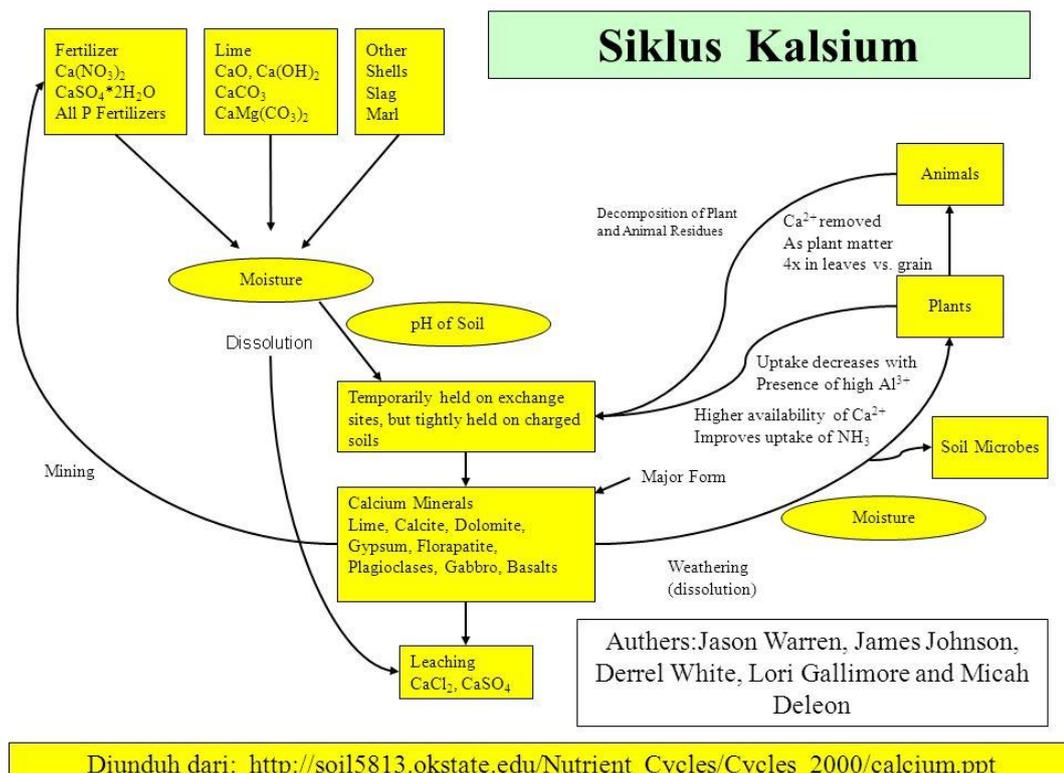
Tranformasi Ca sebagaimana kation lain, Kalsium yang dapat dipertukarkan (Ca-dd) dan Kalsium yang berada dalam larutan tanah berada pada posisi keseimbangan, sehingga jika ion Ca pada larutan tanah berkurang akibat pencucian atau diserap oleh tanaman maka Ca pada kompleks jerapan (Ca-dd) akan menyuplai kembali Ca pada larutan tanah sehingga tersedia bagi tanaman. Ion Ca dalam larutan dapat mengalami hilang karena pencucian, terimobilisasi (diikat oleh organisme tanah), terjerap pada kompleks jerapan dan Re-presipitasi terutama pada daerah arid.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan Ca antara lain :

- Total suplai Ca dan pH tanah: Total Ca pada tanah berpasir dan berliat sangat berbeda. Pada tanah berpasir sangat rendah, demikian juga pada tanah masam (pH rendah).
- KTK Tanah: Tanah-tanah dengan KTK rendah menjerap Ca relatif lemah
- Tipe koloid : tipe liat 2:1 (Montmorilonit) memerlukan kejenuhan Ca > 70%, sedangkan tipe kaolinit dapat menyuplai Ca yang cukup pada kejenuhan Ca 40-50%
- Nisbah Ca terhadap kation lain dalam larutan : berpengaruh terhadap pertumbuhan dan serapan hara.

Gejala Defisiensi Ca antara lain :

- Unsur Ca tidak mobile dalam tanaman sehingga gejala defisiensi muncul pada daun muda
- Berhentinya pertumbuhan ujung akar dan pucuk daun. Pucuk menjadi coklat dan mati.
- Tepi daun yang telah berkembang mengeriting dan menjadi coklat.
- Pinggiran daun yang baru tumbuh menyatu dengan daun lainnya
- Kualitas buah menurun dan sering menimbulkan busuk
- Pertumbuhan pada titik tumbuh batang dan akar terhambat, pada daun pada jagung menjadi lengket (sticky).



Gambar 6.1. Siklus hara Calcium (Ca)

B. Unsur Hara Magnesium (Mg)

Unsur hara magnesium (Mg) merupakan unsur hara makro esensial sekunder, diperlukan tanaman dalam jumlah relatif banyak, lebih sedikit dibanding N dan K, serupa jumlahnya dengan P, S dan Ca; umumnya Mg < Ca. Mg dalam tanah berasal dari dekomposisi batuan yang mengandung mineral biotit, hornblende, serpentin,

epsomit, dan olivin. Selain itu, Mg juga dijumpai pada mineral liat sekunder seperti klorit, ilit, montmorilonit, dan vermikulit (Gransee and Fühns, 2013). Seperti halnya unsur hara yang lain, Mg di dalam tanaman berada dalam bentuk Mg^{2+} yang dapat dipertukarkan (Mg-dd) dan Mg^{2+} yang ada dalam larutan tanah (Mg larut). Mg diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Mg^{2+} . Unsur hara Mg memiliki banyak peran dan manfaat, antara lain:

- Komponen penyusun klorofil
- Berperan penting pada hampir seluruh metabolisme tanaman dan sintesis protein
- Di dalam sistem enzim, Mg sebagai ko-faktor yang aktif di dalam proses fosforilasi, sebagai jembatan antara struktur pirofosfat pada ATP atau ADP dengan molekul enzim
- Menstabilkan partikel ribosom dalam konfigurasi sintesis protein

Rata-rata Mg menempati 1,93 % kerak bumi, dan seperti Ca dan K, kadar Mg dalam tanah sangat bervariasi, kira-kira 0,1 % pada tanah bertekstur kasar dan 4 % pada tanah bertekstur halus di daerah kering yang bahan induknya banyak mengandung Mg. Mineral yang berperan sebagai sumber hara Mg beragam, antara lain biotit, hornblende, serpentin, epsomit, dan olivin, serta mineral sekunder seperti klorit, ilit, montmorilonit, dan vermikulit. Bahan organik juga memiliki Mg, tetapi sebagian besar Mg dapat terlindi, dan sebagian yang lain mengalami mineralisasi pada awal tahapan perombakan bahan tersebut (Mikkelsen, 2010).

Magnesium diserap oleh tanaman dalam bentuk kation divalen Mg^{2+} . Ion Mg^{2+} bergerak menuju ke akar tanaman melalui proses aliran massa dan intersepsi akar. Pengangkutan Mg di dalam jaringan tanaman sama seperti Ca, yang bergerak bersama aliran air transpirasi. Perbedaannya yaitu Mg bersifat mobil di dalam floem, sehingga dapat ditranslokasikan. Umumnya, kandungan Mg pada daun tua lebih tinggi dibandingkan pada daun muda.

Dekomposisi mineral akan membebaskan Mg ke air yang ada disekitar mineral tersebut. Mg yang dibebaskan akan mengalami (Mikkelsen, 2010):

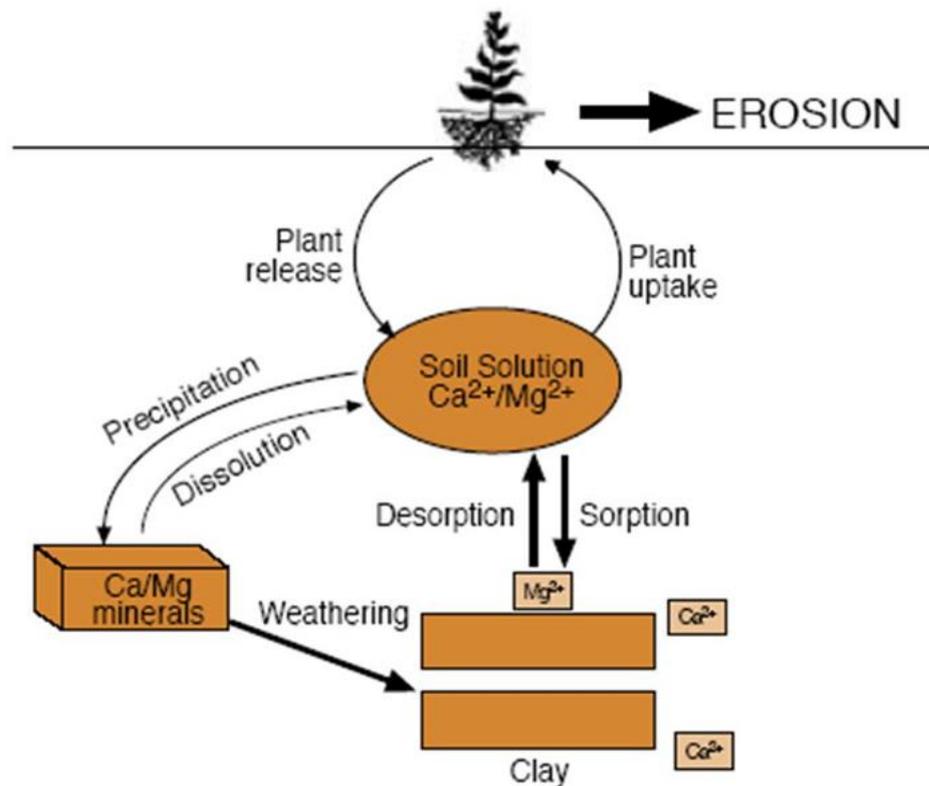
- (1) hilang bersama air perkolasi,
- (2) diserap oleh organisme hidup,
- (3) terjerap pada kompleks jerapan oleh mineral liat,
- (4) diendapkan kembali sebagai mineral sekunder.

Mg dalam mineral liat sekunder akan tersedia secara perlahan dan dibebaskan melalui pelindian. Seperti halnya Ca, Mg-dd dan Mg larutan berada pada posisi keseimbangan. Konsentrasi ion Mg dalam larutan sangat beragam, sedangkan konsentrasi Mg-dd tanah umumnya lebih rendah dari Ca-dd. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan Mg antara lain:

- Jumlah Mg dalam tanah : Total Ca pada tanah berpasir (tekstur kasar) dan berliat (tekstur halus) sangat berbeda. Pada tanah bertekstur kasar di daerah tropika basah memiliki kandungan Mg yang lebih rendah.
- Kemasaman tanah (pH) : Mg kurang tersedia pada pH rendah karena kehadiran Al^{3+} dalam larutan menghambat penyerapan Mg^{2+}
- Kejenuhan Mg : diperlukan kejenuhan $Mg^{2+} > 10\%$ agar mencukupi tanaman
- Keberadaan Kation lain : Jika kadar Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+
- tinggi akan mengganggu penyerapan Mg^{2+} .
- Tipe liat

Gejala-gejala kekurangan hara Mg antara lain (Gransee and Führs, 2013):

- Unsur Mg tergolong mobil dalam tanaman sehingga gejala defisiensi muncul pada daun tua
- Warna daun kekuningan atau klorosis interveinal atau menguning pada daerah antartulang daun tua
- Daun-daun keriting tegak sepanjang tepinya, dengan sisi bawah daun dan pucuk daun tetap berwarna hijau
- Pada kahat yang semakin berat, daun muda menjadi kuning dan menjadi nekrotik pada kahat sangat berat.



Gambar 6.2. Siklus hara Magnesium (Mg)

C. Unsur Hara Sulfur (S)

Unsur hara sulfur (S) merupakan makro esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang hampir sama banyaknya dengan unsur P. Fungsi hara S antara lain :

- Penyusun penting protein tanaman (sebagai asam amino sistin, metionin, sistein), beberapa hormon tanaman, vitamin (tiamin dan biotin), enzim proteolitik
- Berperan dalam pembentukan protein (pembentukan ikatan formaldehida antara rantai polipeptida di dalam protein).
- Sintesis co-enzim A yang terlibat dalam oksidasi dan sintesis asam lemak, sintesis asam amino dalam daur asam sitrat.
- Dibutuhkan untuk perkembangan bintil akar tanaman legum, berikut fiksasi N nya.
- Memiliki pengaruh dalam proses pembentukan klorofil
- Berpengaruh terhadap sintesis karbohidrat

Meskipun jumlah yang diperlukan cukup banyak, namun penambahan S secara khusus ke dalam tanah relatif jarang dilakukan karena : (1) pemberian S sudah dilakukan bersamaan dengan pemberian pupuk lain (contoh : TSP, ZA, Amonium Sulfat). (2) pasokan dari atmosfer yang terbawa oleh air hujan.

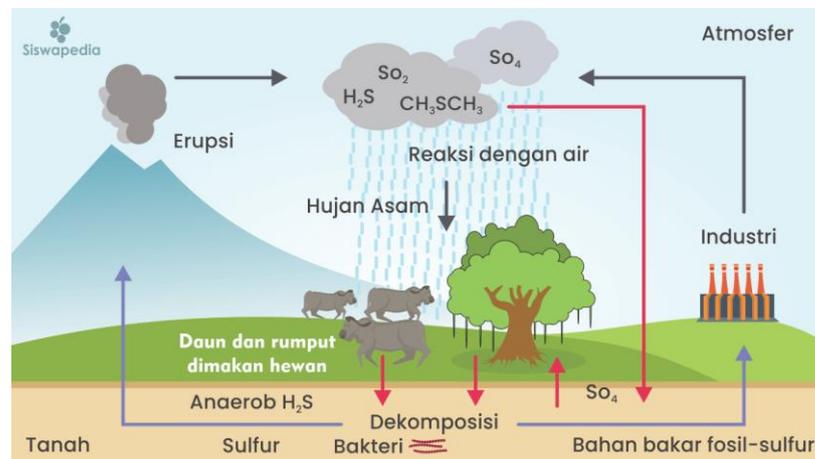
Sumber hara S beragam, bisa dari pelapukan mineral, gas S di atmosfer dan bahan organik. Mineral yang mengandung hara ini antara lain : Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Unhidrit (CaSO_4), Epsomit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Mirabilit, Pirit dan Markasit, dan Galena. Gas S di atmosfer berasal aktivitas industri yang menggunakan bahan bakar berbasis S, akan membebaskan sulfur dioksida ke udara yang kemudian akan jatuh ke tanah bersama dengan air hujan. Bahan organik tanah bersumber pada sisa hewan dan tanaman.

Bentuk S di dalam tanah berada dalam bentuk inorganik dan organik. Sulfur Inorganik :

- Sulfat Larut : sebagai ion sulfat (SO_4^{2-}), bentuk yang mudah diserap oleh tanaman. Ion ini bergerak melalui difusi dan aliran massa.
- Bentuk ini mudah mengalami pencucian karena tidak dijerap kuat oleh tanah.
- Sulfat Terjerap (Terfiksasi) : penjerapan ini terjadi melalui mekanisme pertukaran kation. Penjerapan oleh kompleks hidroksi Al dan Fe, dan penjerapan oleh garam.
- Sulfat Mengendap (kurang larut) : S dapat mengendap sebagai endapan alam, bentuk ini kurang tersedia bagi tanaman.
- Sulfur Tereduksi : S akan tereduksi menjadi sulfida pada kondisi air tergenang (anareobik) dan sebagai S elementer pada lingkungan yang kondisi aerobik dan anaerobiknya bergantian.
- Sulfida (H_2S) : Hasil reduksi sulfat yang dibantu oleh bakteri genus *Desulfovibrio*.
- Sulfur Elementer (S^0): Akumulasi terjadi pada tanah di daerah delta sungai. Bentuk ini tidak tersedia bagi tanaman melalui sistem perakaran karena ia tidak larut dalam air.

Sulfur Organik antara lain:

- 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.
- 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.
- 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.



Gambar 6.3. Siklus hara S

D. Evaluasi

1. Jelaskan peran dari hara Mg dan apakah hara Mg bisa diganti N?
2. Jelaskan pengelolaan hara Mg!
3. Jelaskan sumber hara S!

BAB 7. UNSUR HARA MIKRO (Fe, Mn, Cu, Zn)

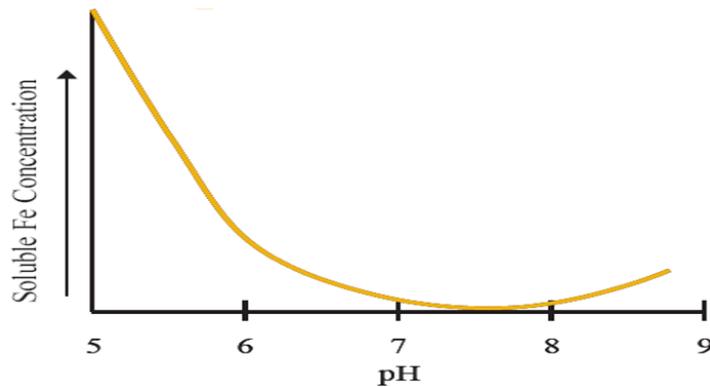
Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa peran, dinamika dan siklus unsur hara mikro tanaman.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: <ol style="list-style-type: none"> 1. Peran Unsur Hara Fe, Mn, Cu dan Zn 2. Dinamika hara Fe, Mn, Cu dan Zn 3. Sumber unsur hara Fe, Mn, Cu dan Zn 4. Siklus Unsur hara Fe, Mn, Cu dan Zn
Bahan Kajian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peran Unsur Hara Fe, Mn, Cu dan Zn 2. Dinamika hara Fe, Mn, Cu dan Zn 3. Sumber unsur hara Fe, Mn, Cu dan Zn 4. Siklus Unsur hara Fe, Mn, Cu dan Zn
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

A. Hara Fe

Unsur hara mikro besi (Fe) bersumber utama dari bumi. Fe dalam kerak bumi sekitar 50.000 ppm. Pada tanah merah (Oxisol, Alfisol, dan Ultisol) Fe tersedia cukup. Konsentrasi Fe dalam berat kering tanaman sekitar 100 ppm. Pada tanah gambut, kadar Fe antara sedang sampai sangat tinggi sehingga sering menampakkan gejala meracun. Pada lingkungan oksidatif (tegalan, perkebunan), Fe dominan dalam bentuk Fe^{3+} . Pada suasana reduktif (danau, sawah, tanah tergenang), Fe dalam bentuk Fe^{2+} .

Fe diserap tanaman dalam bentuk ion Fe^{3+} dan Fe^{2+} juga dalam bentuk khelat (ikatan logam dengan bahan organik). Pupuk Fe merupakan khelat dan pupuk Fe (khelat Fe) yang biasa digunakan adalah Fe-EDTA dan Fe-DTPA. Mineral tanah yang mengandung Fe, antara lain : olivine [$Mg,Fe_2(SiO_4)$], pirit (FeS), marcasite (Fe₂S), siderite (FeCO₃), hematite (Fe₂O₃), dan goethite (FeOOH).



Gambar 7.1 Grafik hubungan pH dan ketersediaan Fe

Ketersediaan (penambahan dan kehilangan) unsur Fe dapat disebabkan :

- Penambahan: seperti kegiatan pemupukan, pelapukan mineral dan dekomposisi bahan organik
- Kehilangan : beberapa proses yang menyebabkan kehilangan Fe yaitu diambil oleh tanaman, terlindi / mengalami pencucian, terbawa saat panen

Fungsi Fe bagi tanaman antara lain :

- penyusun klorofil, protein, enzim, dan berperan dalam perkembangan kloroplas.
- sintesis klorofil dan sebagai pengantar elektron pada sistem enzimatis.
- oksidasi dan reduksi dalam pernafasan.
- diperlukan untuk fotosintesis dan penyematan N.
- kelebihan atau kekurangan kadar Fe merupakan hal yang dapat menghambat atau mengurangi produksi tanaman

B. Hara Mn

Unsur hara Mangan (Mn) ini di kerak bumi memiliki kadar sekitar 900 ppm. Kadar dalam tanah antara 20 ppm sampai 3000 ppm. Kelarutan Mn dipengaruhi oleh pH tanah. Makin tinggi pH, maka makin rendah tingkat kelarutannya, dan sebaliknya. Pada pH netral sampai alkalis, pengendapan Mn terjadi berupa $MnCO_3$, oksida dan hidroksida Mn^{2+} . Pengapuran yang berlebihan menyebabkan berkurangnya ketersediaan Mn. Daerah beriklim kering dapat meningkatkan defisiensi Mn. Mn diserap dalam bentuk ion Mn^{2+} dan khelat Mineral tanah yang

mengandung Mn antara lain : pyrolusite (MnO_2), manganite ($MnO(OH)$), rhodochrosite ($MnCO_3$) dan rhodinite ($MnSiO_3$).

Kehilangan unsur mikro logam Mn dapat disebabkan oleh pencucian, menguap/volatilisasi, absorpsi. Kekurangan Unsur Mikro Logam Mangan dicirikan:

- Warna daun muda berubah dan di beberapa tempat jaringan daun mati.
- Klorosis interveinal pada daun muda
- Pertumbuhan kerdil terutama pada sayuran (tomat dan kentang), tembakau, jeruk dan kedelai.
- Pada tanaman gandum, bagian tengah helai daun berwarna coklat, kemudian patah.
- Pembentukan biji kurang baik.

Pengelolaan hara Mn karena mengingat keberadaan Mangan yang penting maka pengelolaan yang cukup baik perlu dilakukan agar ketersediaan Mangan dalam tanah tetap terjaga. Penambahan BO dapat meningkatkan ketersediaan Mn.

C. Hara Cu

Unsur hara tembaga (Cu) di kerak bumi memiliki kadar sekitar 55 ppm. Di dalam larutan tanah, Cu berada dalam bentuk divalensi Cu^{++} atau dalam bentuk ion kompleks. Cu tersedia dalam tanah relatif lebih tinggi daripada Mo, yakni berkisar 10-80 ppm. Sedangkan kadar Cu dalam tanaman berkisar 7-30 ppm. Di dalam tanah, Cu umumnya bergabung dengan senyawa organik membentuk Khelat. Cu yang tersedia untuk tanaman adalah Cu^+ dan Cu^{2+} . Dapat juga diserap dalam bentuk senyawa kompleks organik, misalnya Cu-EDTA dan Cu-DTPA. Tanah pasir cenderung defisiensi Cu. Cu berbentuk senyawa didalam tanah, dan bersumber dari mineral kalkosit (Cu_2S), kovelite (CuS), kalkopirit ($CuFeS_2$), borinit (Cu_5FeS_4), luvigit (Cu_3AsS_4), kufirit (Cu_2O). Sumber Cu dalam tanah terutama adalah mineral-mineral sekunder . Cu juga dapat diperoleh dari pemupukan.

Kompos sampah kota merupakan juga pensuplai penting dari Cu selain dari pupuk kandang. Berperan pada pembentukan klorofil, sintesis protein, respirasi dan komponen dari beberapa enzim bagi tanaman. Defisiensi Cu menyebabkan :

klorosis pada daun muda, tanaman kerdil, Keterlambatan pematangan, melanosis (perubahan warna menjadi coklat), pada tanaman biji-bijian, produksi biji terhambat dan menyebabkan biji kosong/hampa, dan kekurangan Cu biasanya dijumpai pada tanah-tanah organosol (tanah gambut). Pengelolaan Cu adalah dengan pemupukan *foliar application* (pemupukan lewat daun) dianggap lebih efisien dan efektif apalagi jika pemberiannya bersamaan dengan pemupukan hara mikro yang lain (misal Fe, Mn, Zn).

D. Hara Zn

Unsur hara Zinc (Zn) di dalam kerak bumi ada pada kadar berkisar 80 ppm. Sedangkan dalam tanah sekitar 10-300 ppm. Seng tidak diperoleh dengan bebas di alam, melainkan dalam bentuk terikat. Zn diserap tanaman dalam bentuk ion Zn^{2+} . Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain : kalaminit, franklinit, smithsonit, willenit dan zinkit. Zn umumnya diserap dalam bentuk Zn^{2+} , namun pada pH yang tinggi diserap tanaman dalam bentuk $ZnOH^+$. Penyerapan Zn dipengaruhi oleh ketersediaan unsur divalent lainnya seperti Ca^{2+} , yang dapat menghambatnya ketersediaan Zn dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah, kadar P dalam tanah, adanya lempung dan penggenangan, dan bahan organik dalam tanah.

Tanah tropis biasanya kekurangan B dan Zn, karena kesuburan alami yang rendah dari tanah dan ketidaksesuaian manajemen, seperti aplikasi kapur yang berlebihan (Franco et al., 2011). Ketersediaan Zn didalam tanah dipengaruhi oleh banyak hal. Sifat tanah seperti pH tanah dan bahan organik juga mempengaruhi ketersediaan Zn dalam tanah. Pada pH tinggi ketersediaan Zn^{2+} menurun karena Zn berada dalam bentuk tidak larut. Ion Zn^{2+} juga dapat membentuk kompleks stabil dengan senyawa organik berberat molekul tinggi seperti asam humat dan fulvat, sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Jin et al., 1987).

Tanggapan positif untuk aplikasi mikronutrien dan bahan organik diamati pada semua parameter. Hasil produksi tebu meningkat dengan penerapan mikronutrien dengan urutan: Zn > Mo = Mn > Cu > B = pupuk mikro lengkap, dengan jumlah produksi dari 18, 12, 12, 10, 9, dan 9 ton tebu per hektar. Tebu memberikan hasil positif pada aplikasi mikronutrien, terutama Zn pada masa pembuahan, menunjukkan bahwa perlakuan ini mungkin meningkatkan sisi

ekonomis dan meningkatkan produktivitas tebu di Brazil dan membuat agribisnis tebu lebih berkelanjutan (Mellis *et al.*, 2016).

Sifat tanah seperti pH sangat mempengaruhi ketersediaan fraksi Zn untuk diambil oleh tanaman. Kecukupan Zn pada tanaman akan meningkatkan kandungan sukrosa tebu (Liu *et al.*, 2020).

Setelah Zn masuk dalam floem, selanjutnya dilakukan translokasi ke berbagai organ tanaman dan sink. Bahkan, Mobilitas Zn pada floem lebih tinggi dari pada xilem karena adanya peningkatan konsentrasi khelat di floem (peptida, asam organik dll). Zn diangkut baik dalam bentuk ion atau sebagai Znnicotianamine, Zn-malat, kompleks Zn-histidin dalam jaringan floem. Meskipun xilem mengandung konsentrasi yang lebih rendah zat terlarut, namun penting dalam transfer nutrisi ke berbagai organ. Jaringan muda seperti perkembangan biji, umbi dipengaruhi oleh floem (Gupta *et al.*, 2016). Zn berperan dalam kehidupan tumbuhan, seperti (i) metabolisme nitrogen - penyerapan nitrogen dan protein; (ii) fotosintesis - sintesis klorofil aktivitas karbon anhidrase; (iii) ketahanan terhadap tekanan abiotik dan biotik - perlindungan terhadap kerusakan oksidatif (Palai *et al.*, 2017). Peran Zn terhadap tanaman adalah sebagai kofaktor enzim, sama seperti Magnesium (Mg) dan Manganese (Mn), tetapi Zn spesifik sebagai kofaktor enzim karbonik anhidrase. Karbonat anhidrase adalah metaloenzim yang membutuhkan Zn sebagai kofaktor dan terlibat dalam berbagai proses biologis tanaman termasuk pengaturan pH, transfer CO₂, pertukaran ion, respirasi, fiksasi CO₂, untuk fotosintesis dan penutupan stomata. Karbonat anhidrase di daun 20,1% dari total protein terlarut, dan jumlahnya melimpah kedua di kloroplas setelah *ribulose 1,5-disphosphate carboxylase/oxygenase* (RuBisCO) (Escudero-Almanza *et al.*, 2012)

E. Evaluasi

1. Jelaskan manfaat unsur hara Zn!
2. Bagaimana pengelolaan hara mikro agar tersedia untuk tanaman?
3. Jelaskan hal-hal yang menyebabkan kehilangan hara mikro!

BAB 8. PUPUK DAN PENGGOLONGANNYA

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa peran, manfaat dan konsep pemupukan.

<i>Tujuan Instruksional Khusus (TIK)</i>	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa : <ol style="list-style-type: none">1. Klasifikasi Pupuk2. Sumber dan Proses pembuatan pupuk3. Perhitungan Pembuatan pupuk
<i>Bahan Kajian</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Klasifikasi Pupuk2. Sumber dan Proses pembuatan pupuk3. Perhitungan Pembuatan pupuk
<i>Metode Pembelajaran</i>	Ceramah dan diskusi

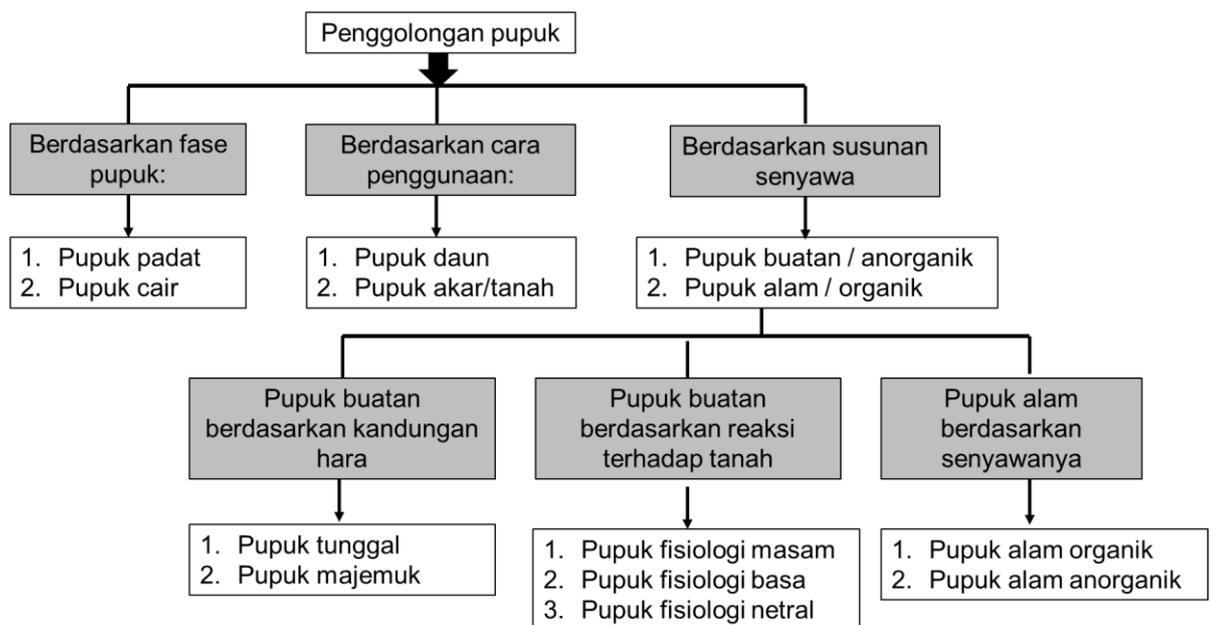
A. Pengertian Pupuk dan Pemupukan

Pengertian pupuk menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 06/Permentan/SR.130/2/2011 adalah bahan kimia atau organisme yang berperan dalam penyediaan unsur hara bagi keperluan tanaman secara langsung atau tidak langsung. Pengertian lain pupuk menurut Buckman (1994) yaitu bahan anorganik /organik, alami/buatan yg ditambahkan ke dalam tanah untuk memberikan unsur esensial tertentu bagi pertumbuhan tanaman secara normal. Sedangkan menurut Thompson (1975) mendefinisikan pupuk merupakan sumber hara tanaman yang ditambahkan kedalam tanah utk meningkatkan kesuburan tanah. Pupuk memiliki perbedaan dengan bahan pembenah tanah. Pengertian bahan pembenah tanah menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 02/Pert/HK.060/2/2006 adalah merupakan bahan-bahan sintesis atau alami, organik atau mineral berbentuk padat atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Pemupukan dalam arti luas merupakan pemberian bahan kepada tanah dengan tujuan untuk memperbaiki atau meningkatkan kesuburan tanah, sedangkan untuk pengertian khususnya bahwa pemupukan merupakan pemberian bahan untuk menambahkan unsur hara tersedia di dalam tanah. Pemupukan yang tepat dan benar dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Bahan pembenah tanah juga sering dihubungkan dengan pupuk. Bahan pembenah tanah atau disebut juga amelioran

atau *soil amendements*. Bahan pembenah tanah adalah bahan yang diberikan ke tanah dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas tanah (terkait dengan perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah). Contoh : kapur, pupuk kandang, kompos. Pembenah tanah termasuk pupuk; namun pupuk belum tentu merupakan pembenah tanah. Seperti contohnya pada sebuah kebun kelapa sawit menggunakan tandan kelapa sawit segar atau yang telah terlapuk dan limbah cair kelapa sawit sebagai bahan pembenah tanah.

B. Klasifikasi pupuk



Gambar 8.1. Penggolongan pupuk

Penggolongan pupuk yang didasarkan pada fasanya terbagi menjadi **pupuk padat** dan **pupuk cair**. Pembagian berdasarkan fase ini bisa dipakai untuk melakukan penggolongan baik untuk pupuk buatan maupun pupuk alam. Pupuk padat merupakan pupuk yang berbentuk padat, sedangkan pupuk cair merupakan pupuk yang berbentuk cair. Pupuk padat ini pada umumnya memiliki kelarutan dari yang mudah larut air hingga sukar larut air, dan hal ini tergantung pada bahan yang digunakan. Seperti contohnya pada pupuk Urea dan pupuk Superphosfat, kedua pupuk ini mudah larut air sehingga unsur hara yang dikandung mudah digunakan tanaman. Pupuk cair umumnya cara pemakaiannya dilarutkan terlebih dahulu

dengan air. Umumnya pupuk ini diaplikasikan ke daun. Biasanya kandungan haranya terdiri dari beberapa macam hara, baik unsur hara makro dan mikro.

Cara penggunaan pupuk dapat diberikan baik ke dalam tanah ataupun ke dalam daun tanaman yang dituju. **Pupuk daun** adalah pupuk yang cara pemberiannya dengan dilarutkan dalam air dan disemprotkan pada permukaan daun. Selain itu ada pupuk yang diberikan ke dalam **tanah** di sekitar akar agar mudah diserap oleh akar tanaman, dan pupuk jenis ini lebih banyak digunakan.

Pupuk buatan atau biasa disebut pupuk anorganik, merupakan pupuk yang dibuat oleh pabrik. Berdasarkan kandungan unsur hara, pupuk ini dapat dibagi menjadi:

1. Pupuk tunggal, yaitu pupuk yang hanya mengandung satu jenis unsur hara.

Contoh untuk jenis ini adalah pupuk Urea (mengandung hara nitrogen 46%), pupuk SP-36 (mengandung hara fosfor 36%), pupuk KCl (mengandung hara kalium 60%).

2. Pupuk tidak tunggal, yaitu pupuk yang hanya mengandung lebih dari satu jenis unsur hara. Pupuk tunggal dan tidak tunggal memiliki kelebihan dan kelemahan. Pupuk kategori ini dapat dibagi lagi menjadi:

a. Pupuk campuran (*mixed fertilizer*), merupakan pupuk tunggal yang digabung menjadi satu pupuk secara manual, sehingga menyebabkan pupuk ini pencampuran hanya secara fisik, sehingga susunan kimianya tidak berubah. Contohnya adalah menggabungkan pupuk urea, pupuk Phonska dan pupuk KCl sehingga menjadi satu pupuk sehingga memiliki kandungan N, P dan K.

b. Pupuk majemuk (*compound fertilizer*), merupakan pupuk buatan pabrik yang memiliki kandungan hara lebih dari satu. Pupuk ini terjadi pencampuran bahan secara kimia sehingga susunan kimianya berubah dan biasanya dibentuk dalam bentuk granul (butir) sehingga mudah aplikasi. Pupuk tidak tunggal memiliki kelebihan yaitu lebih mudah dalam melakukan aplikasi dan hemat biaya tenaga kerja, karena dalam satu kali aplikasi dapat mencakup beberapa unsur hara sekaligus. Contoh pupuk ini adalah pupuk NPK, yang memiliki kandungan hara N, P dan K.

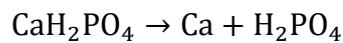
Pupuk anorganik juga dapat dibagi menjadi tiga macam dengan dasar reaksi yang diakibatkan pada aplikasinya ke tanah, yaitu:

1. **Pupuk fisiologis masam** yaitu pupuk yang bila digunakan terus menerus dalam jumlah besar akan menyebabkan penurunan pH tanah. Contoh untuk tipe ini adalah pupuk Urea dan ZA sebagai sumber hara N. Reaksi yang terjadi yaitu:

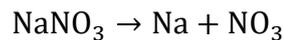


Tanaman akan mengikat dan menggunakan NH_4 untuk pertumbuhan tanaman, sehingga menyisakan SO_4 ke larutan tanah. SO_4 bertemu dengan lensa tanah akan menyebabkan penurunan pH tanah.

2. **Pupuk fisiologis netral** yaitu pupuk yang bila digunakan terus menerus dalam jumlah besar tidak akan menyebabkan perubahan pH tanah. Contoh untuk tipe ini adalah pupuk TSP sebagai sumber hara P. Reaksi yang terjadi yaitu:



3. **Pupuk fisiologis basa** yaitu pupuk yang bila digunakan terus menerus dalam jumlah besar akan menyebabkan peningkatan pH tanah. Hal ini terjadi karena sisa pupuk akan memberikan pengaruh terhadap kondisi tanah. Contohnya adalah reaksi pada penggunaan pupuk natrium nitrat:



Pupuk yang memiliki sifat fisiologis basa tidak banyak, permasalahan yang banyak terjadi adalah karena pupuk fisiologis masam.

Pupuk alam atau pupuk organik merupakan pupuk yang tersedia di alam atau pupuk yang bahannya didapatkan dari bahan yang ada di alam. Contoh pupuk alam organik yaitu pupuk kandang, kompos dan pupuk hijau. Sedangkan untuk pupuk alam anorganik yaitu batuan fosfat.

Pupuk buatan atau anorganik dan pupuk campur (*mixed fertilizer*)

Pada pupuk buatan, dikenal pupuk campur (*mixed fertilizer*), yaitu pupuk yang mengandung lebih dari satu macam unsur hara yang dibuat dengan cara mencampur sendiri pupuk-pupuk tunggal yang kita inginkan. Akan tetapi dalam pencampuran pupuk ini tidak bisa dilakukan sembarangan dan ada beberapa hal perlu diperhatikan dalam melakukan pencampuran pupuk, yaitu:

1. Kecocokan secara agronomi (*agronomic suitability*). Pupuk yang dibuat harus cocok dengan tanaman maupun tanah yang diberi.
2. Grade pupuk campur yang diinginkan. Kandungan pupuk tunggal yang akan dipakai harus lebih besar daripada pupuk campur yang diinginkan. Hal ini disebabkan karena setelah pencampuran, kemungkinan adanya kehilangan tinggi.
3. Sifat-sifat fisika dan kimia pupuk tunggal yang akan dicampur harus cocok sehingga kualitas pupuk campur yang dibuat tidak menurun.

Kelebihan dari pupuk campur ini antara lain:

1. lebih sedikit tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk mengaplikasikan pupuk campur terutama jika tenaga kerja terbatas dan mahal
2. pupuk campur lebih memiliki kondisi fisik yang lebih baik dan lebih mudah diaplikasikan dibandingkan aplikasi pupuk secara terpisah, terutama jika pupuk campur berupa granul atau butiran
3. pemasaman tanah akibat aplikasi pupuk seperti yang biasa terjadi akan lebih mudah dikontrol dengan memberikan pupuk campur dengan kandungan kapur dolomit.

Sedangkan untuk kelemahannya antara lain:

1. Ketika aplikasi pupuk campur, terkadang petani susah melihat hubungan antara hasil dengan masing-masing hara maupun tanah.
2. petani masih belum mengetahui tentang aturan dalam mencampur pupuk
3. untuk konsentrasi hara yang sama, aplikasi pupuk campur membutuhkan berat yg lebih banyak dibandingkan ketika aplikasi pupuk itu secara tunggal.

Pupuk buatan, baik berupa pupuk campur dan pupuk majemuk, memiliki beberapa istilah yang penting untuk diperhatikan. Beberapa istilah tersebut dan penerapannya antara lain:

1. kandungan hara dalam pupuk. Kandungan hara dalam pupuk dinyatakan biasanya dalam bentuk persen (%). Sebagai contoh:

pupuk Urea memiliki kandungan N sebesar 46%, artinya adalah bahwa dalam 100 gram pupuk Urea, maka hara N sebesar 46 gram. Contoh kasus lain jika dibutuhkan hara N sebanyak 10 gram, maka pupuk urea yang harus diberikan sebesar =

$$\frac{100}{46} \times 10 \text{ gram} = 21,74 \text{ gram}$$

2. Fertilizer grade: yaitu prosentase (%) minimum dari N, P₂O₅, dan K₂O yang dikandung pupuk. Misalnya:
 - a. 12-6-6 artinya pupuk tersebut mengandung 12% N, 6% P₂O₅, dan 6% K₂O
 - b. 10-10-10 artinya pupuk tersebut mengandung 10% N, 10% P₂O₅, dan 10% K₂O
3. *Fertilizer ratio*, ini merupakan perbandingan antara % N, % P₂O₅, dan % K₂O yang ada pada pupuk majemuk atau pupuk campur dengan tanda adalah titik dua (:). Sebagai contoh adalah
jika sebuah pupuk memiliki *fertilizer ratio* 2 : 1 : 1 maka artinya adalah perbandingan antara % N, % P₂O₅, dan % K₂O adalah 2 : 1 : 1.
4. Conditioner (kondisioner), yaitu bahan yang ditambahkan dalam pupuk campur/majemuk selama atau pada waktu pembuatan untuk mengurangi faktor kelemahan dalam pupuk dan memperbaiki kondisi fisiknya. Contoh : zeolit, gipsum (gips = CaSO₄·5H₂O).
5. Filler (pengisi), yaitu bahan yang ditambahkan pada pupuk campur sampai berat tertentu sehingga kandungan unsur-unsur dalam pupuk tersebut terpenuhi. Syarat filler adalah tidak mengandung hara atau kandungan haranya kecil. Contoh : pasir, serbuk gergaji

C. Evaluasi

1. Jelaskan manfaat pupuk!
2. Apakah suatu lahan wajib diberikan pupuk? Jelaskan jawaban Anda!
3. Apa yang terjadi jika lahan tidak diberikan pupuk anorganik tambahan?

BAB 9. PUPUK ORGANIK

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa peran dan manfaat pupuk organik.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan: <ol style="list-style-type: none">1. Konsep pupuk organik2. Manfaat pupuk organik3. Pembuatan pupuk organik
Bahan Kajian	<ol style="list-style-type: none">1. Konsep pupuk organik2. Manfaat pupuk organik3. Pembuatan pupuk organik
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

A. Definisi

Pupuk organik merupakan bahan yang tersedia di alam berasal dari sisa-sisa jasad hidup yang bila diberikan ke tanah dapat memelihara atau meningkatkan kesuburan tanah. Beberapa contoh pupuk organik yang banyak dipakai adalah pupuk kandang, pupuk hijau dan kompos. Pupuk organik sebaiknya diaplikasikan dalam kondisi matang. Aplikasi pupuk organik yang belum matang memiliki beberapa dampak. Rasio C/N yang tinggi (>30:1) pada kompos yang belum matang menyebabkan dekomposisi yang lambat dan menghambat pertumbuhan tanaman karena kekurangan nitrogen tersedia. Sedangkan rasio C/N yang rendah menyebabkan nitrat-N yang dapat mengurangi mutu tanaman pertanian. Penggunaan kompos yang belum matang dapat menyebabkan ketersediaan hara N, P, dan K tanah menurun, karena diserap dan digunakan oleh mikroba dekomposer untuk aktivitas penguraian bahan organik (Putro et al., 2016). Mikroorganisme yang terdapat dalam kompos yang belum matang masih aktif mengurai bahan kompos sehingga ketika diaplikasikan pada tanaman mikroorganisme akan mengambil nitrogen dari tanah. Hal ini akan menyebabkan tanaman menjadi bersaing dengan mikroorganisme pengurai dalam memperoleh nitrogen dalam tanah. Mikroorganisme dapat menjadi lebih cepat mengambil nitrogen dari

pada tanaman sehingga tanaman akan kekurangan nitrogen (Laviendi et al., 2013).

Manfaat pupuk organik sangat beragam, antara lain (Supartha *et al.*, 2012):

1. Bahan organik dalam proses mineralisasi akan melepaskan hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg, S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil.
2. Dapat memperbaiki struktur tanah, menyebabkan tanah menjadi ringan untuk diolah dan mudah ditembus akar
3. Tanah lebih mudah diolah untuk tanah-tanah berat.
4. Meningkatkan daya menahan air (*water holding capacity*). Sehingga kemampuan tanah untuk menyediakan air menjadi lebih banyak. Kelengasan air tanah lebih terjaga.
5. Permeabilitas tanah menjadi lebih baik. Menurunkan permeabilitas pada tanah bertekstur kasar (pasiran), sebaliknya meningkatkan permeabilitas pada tanah bertekstur sangat lembut (lempungan).
6. Meningkatkan KPK (Kapasitas Pertukaran Kation) sehingga kemampuan mengikat kation menjadi lebih tinggi, akibatnya apabila dipupuk dengan dosis tinggi hara tanaman tidak mudah tercuci.
7. Memperbaiki kehidupan biologi tanah (baik hewan tingkat tinggi maupun tingkat rendah) menjadi lebih baik karena ketersediaan makan lebih terjamin.
8. Dapat meningkatkan daya sangga (*buffering capacity*) terhadap goncangan perubahan drastis sifat tanah.
9. Mengandung mikrobia dalam jumlah cukup yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik.

B. Pupuk Kandang

Pupuk kandang ialah campuran antara kotoran padat dan cair dari hewan ternak dengan sisa-sisa makanan ataupun alas kandang (Marpaung *et al.*, 2014).

Persentase bahan padat dan bahan cair pada pupuk kandang :

Sapi → bahan padat 44,0 %, bahan cair 6,3 %

Kambing → bahan padat 67,0 %, bahan cair 33,0 %

Ayam → bahan padat 5,7 %, bahan cair 46,7 %

Perbandingan bagian padat dan cair umumnya 2 : 1 sampai 4 : 1 (rata-rata 3 : 1), walaupun demikian dari segi pertanian nilainya sama-sama penting karena unsur hara dalam bagian cair tersedia lebih cepat. Pupuk kandang merupakan sumber unsur hara penting, baik unsur hara mikro maupun hara makro. Beberapa unsur hara yang ditemukan pada sebuah pupuk kandang antara lain :

Mg	=	3,5 – 12,8	kg/ton
Ca	=	5,3 – 162,8	kg/ton
S	=	2,2 – 13,6	kg/ton
Fe	=	0,02 – 2,05	kg/ton
Zn	=	0,07 – 0,4	kg/ton
B	=	0,04 – 0,26	kg/ton
Mn	=	0,02 – 0,40	kg/ton
Cu	=	0,02 – 0,07	kg/ton
Mo	=	0,002 – 0,02	kg/ton

Susunan hara pupuk kandang sangat bervariasi tergantung macamnya dan jenis hewan ternaknya. Nilai pupuk kandang dipengaruhi oleh:

1. Makanan hewan yang bersangkutan,
2. Fungsi hewan tersebut sebagai pembantu pekerjaan atau dibutuhkan dagingnya saja,
3. Jenis atau macam hewan, dan
4. Jumlah dan jenis bahan yang digunakan sebagai alas kandang.

Pupuk kandang memiliki kandungan unsur hara lebih rendah, tetapi dapat mempertinggi bahan organik/humus, mendorong kehidupan mikro organisme, dan memperbaiki struktur tanah. Unsur hara dari pupuk kandang lebih lambat bereaksi karena harus mengalami perombakan lebih dulu sebelum diserap tanaman. Pemberian pupuk kandang melalui tanah dengan cara disebar, dibanamkan, atau diberikan pada tempat-tempat tertentu (tergantung macam tanaman). Pemeliharaan & penyimpanan pupuk kandang harus baik agar kehilangan unsur hara dengan cara : langsung diangkut ke ladang, disimpan dengan ditimbun di kandang. Perlu diperhatikan :Tempat harus kedap air dan datar, pakai hamparan yang mampu menyerap air dengan baik, perhatikan suhu (harus sesuai), perhatikan kelembaban (harus cukup) karena ada hubungannya dengan tinggi tumpukan.

C. Pupuk Hijau

Pupuk hijau adalah pupuk yang didapat dari sisa tanaman atau bagian-bagian tanaman dengan tujuan untuk menambah bahan organik dan unsur hara, terutama Nitrogen. Penggunaan pupuk hijau langsung bisa bersamaan saat pengolahan lahan, beberapa minggu sebelum tanam atau saat tanaman. Pupuk hijau dapat diberikan dekat waktu penanaman tanpa harus mengalami proses pengomposan lebih dulu sebagaimana sisa-sisa tanaman pada umumnya. Syarat tanaman pupuk hijau

1. Cepat tumbuh
2. Produksi biomassa tinggi (banyak menghasilkan bahan organik)
3. Banyak mengandung N dan rasio C/Nnya rendah, biasanya tanaman legume (kacang-kacangan)
4. Dapat tumbuh pada tanah yang kurang subur (tanah marginal)
5. Bukan tanaman inang hama atau penyakit
6. Tidak membutuhkan pemeliharaan yang baik dan tidak merintang kehidupan tanaman pokok
7. Mudah dipangkas dan tidak berkayu
8. Resisten (tahan) terhadap hama dan penyakit
9. Dapat menekan pertumbuhan gulma
10. Efisien memanfaatkan air

D. Kompos

Pupuk Kompos merupakan hasil dari proses pengomposan terhadap bahan-bahan organik. Proses ini menyebabkan BO mengalami perubahan menjadi bahan yang C/N nya rendah mendekati C/N tanah. Kompos dibuat dari BO yang C/N nya tinggi, seperti jagung, jerami padi, tebu, sampah kota, dll. Proses pengomposan dilakukan oleh jasad renik tanah seperti bakteri, jamur, dll pada tenggang waktu tertentu sampai nilai C/N nya mendekati C/N tanah (sekitar 10-15). Karena telah mengalami proses perombakan lanjut maka kompos mempunyai kualitas yang lebih baik dibanding bahan asalnya apabila dipakai sebagai bahan pembenah tanah.

Kelemahan kompos :

1. Jumlah UH yang dikandung kecil, sehingga dalam penggunaannya membutuhkan jumlah yang banyak.
2. Dapat tercampur biji tanaman pengganggu (gulma) sehingga dapat tumbuh menyaingi tanaman pokok.
3. Kadang-kadang mengandung bibit hama dan penyakit yang dapat membahayakan tanaman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi perombakan bahan pada pembuatan kompos

1. Susunan bahan asal, jika banyak lignin, damar akan memperlambat proses perombakan
2. nitrogen , akan mempercepat proses
3. Ukuran bahan asal, makin halus, makin cepat
4. Homogenitas bahan asal
5. Faktor luar
6. pH : sekitar netral, tidak boleh terlalu rendah
7. kelembaban udara harus cukup
8. suhu sekitar 30 – 45 °C (suhu optimal)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pengomposan ialah:

1. Kelembaban timbunan bahan kompos. Kegiatan dan kehidu-pan mikrobia sangat dipengaruhi oleh kelembaban yang cukup, tidak terlalu kering maupun basah atau tergenang.
2. Aerasi timbunan. Aerasi berhubungan erat dengan kelengasan. Apabila terlalu anaerob mikrobia yang hidup hanya mikrobia anaerob saja, mikrobia aerob mati atau terhambat pertumbuhannya. Sedangkan bila terlalu aerob udara bebas masuk ke dalam timbunan bahan yang dikomposkan umumnya menyebabkan hilangnya nitrogen relatif banyak karena menguap berupa NH_3 .
3. Temperatur harus dijaga tidak terlampaui tinggi. Selama pengomposan selalu timbul panas sehingga bahan organik yang dikomposkan temperaturnya naik; bahkan sering temperatur mencapai 60 °C. Pada temperatur tersebut mikrobia mati atau sedikit sekali yang hidup. Untuk

menurun-kan temperatur umumnya dilakukan pembalikan timbunan bakal kompos.

4. Suasana. Proses pengomposan kebanyakan menghasilkan asam-asam organik, sehingga menyebabkan pH turun. Pembalikan timbunan mempunyai dampak netralisasi kemasaman.
5. Netralisasi kemasaman sering dilakukan dengan menambah bahan pengapuran misalnya kapur, dolomit atau abu. Pemberian abu tidak hanya menetralisasi tetapi juga menambah hara Ca, K dan Mg dalam kompos yang dibuat.
6. Kadang-kadang untuk mempercepat dan meningkatkan kualitas kompos, timbunan diberi pupuk yang mengandung hara terutama P. Perkembangan mikrobia yang cepat memerlukan hara lain termasuk P. Sebetulnya P disediakan untuk mikrobia sehingga perkembangannya dan kegiatannya menjadi lebih cepat. Pemberian hara ini juga meningkatkan kualitas kompos yang dihasilkan karena kadar P dalam kompos lebih tinggi dari biasa, karena residu P sukar tercuci dan tidak menguap.

E. Pupuk hayati

Pupuk hayati adalah mikrobia ke dalam tanah untuk meningkatkan pengambilan hara oleh tanaman dari dalam tanah atau udara. Umumnya digunakan mikrobia yang mampu hidup bersama (simbiosis) dengan tanaman inangnya. Keuntungan diperoleh oleh kedua pihak, tanaman inang mendapatkan tambahan unsur hara yang diperlukan, sedangkan mikrobia mendapatkan bahan organik untuk aktivitas dan pertumbuhannya. Mikrobia yang digunakan sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) dapat diberikan langsung ke dalam tanah, disertakan dalam pupuk organik atau disalutkan pada benih yang akan ditanam. Mikrobia yang digunakan sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) dapat diberikan langsung ke dalam tanah, disertakan dalam pupuk organik atau disalutkan pada benih yang akan ditanam. Penggunaan yang menonjol dewasa ini adalah mikrobia penambat N dan mikrobia untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. **Keuntungan Pupuk Hayati :**

1. Meningkatkan kesuburan tanah
2. Meningkatkan kesehatan tanah, juga tidak berdampak negatif terhadap tanah & lingkungan
3. Harga relatif murah
4. Mudah penggunaannya
5. Satu kali pemupukan untuk seumur tanaman

F. Evaluasi

1. Jelaskan pentingnya pupuk organik?
2. Jelaskan hubungan pupuk organik dan *sustainable agriculture*?
3. Menurut Anda, pupuk organik apa yang terbaik? Jelaskan !

BAB 10. KESESUAIAN LAHAN

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa serta menghitung kelas kesesuaian lahan sesuai dengan standar.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: 1. Konsep kesesuaian lahan untuk beberapa tanaman 2. Menghitung dan menganalisa kesesuaian lahan 3. Menganalisa cara peningkatan kesesuaian
Bahan Kajian	1. Konsep kesesuaian lahan untuk beberapa tanaman 2. Menghitung dan menganalisa kesesuaian lahan 3. Menganalisa cara peningkatan kesesuaian
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

A. Konsep Kesesuaian Lahan

Kesesuaian lahan adalah tingkat kecocokan suatu bidang lahan untuk penggunaan tertentu. Dalam menilai kesesuaian lahan ada beberapa cara, antara lain, dengan perkalian parameter, penjumlahan, atau menggunakan hukum minimum yaitu mencocokkan (matching) antara kualitas lahan dan karakteristik lahan sebagai parameter dengan kriteria kelas kesesuaian lahan yang telah disusun berdasarkan persyaratan penggunaan atau persyaratan tumbuh tanaman atau komoditas lainnya yang dievaluasi.

Pengembangan berbagai komoditas tidak terlepas dari usaha mencari lahan baru yang dapat dibuka untuk perluasan areal pertanian. Pembukaan areal baru perlu diteliti sumberdaya lahannya guna menentukan kesesuaian lahan untuk penggunaan tertentu, agar lahan tersebut dapat produktif secara berkelanjutan (Jayanti et al., 2013).

Evaluasi lahan adalah usaha penilaian suatu lahan untuk penggunaan tertentu. Kesesuaian lahan adalah tingkat kecocokan lahan untuk penggunaan tertentu. Kesesuaian lahan dapat dinilai pada keadaan sekarang dan yang akan datang setelah

diperbaiki. Kesesuaian lahan sangat perlu di perhatikan dalam berbudidaya agar bisa mendapatkan hasil yang optimal. Khususnya pada tanaman kelapa sawit, walaupun kelapa sawit dapat tumbuh pada keadaan lahan yang ada, tetapi setiap tanaman memiliki karakter yang membutuhkan persyaratan yang berbeda.

Analisis kesesuaian lahan dilakukan dengan menggunakan metode limitasi sederhana berdasarkan dari syarat tumbuh tanaman menurut Djaenudin dkk. (2003). Penggunaan metode analisis limitasi sederhana disebabkan dapat menggambarkan kesesuaian lahan secara rinci yaitu dengan melihat faktor pembatas yang ada. Analisis data dilakukan secara matching atau perbandingan, yaitu membandingkan antara persyaratan penggunaan lahan (untuk tanaman penelitian) dengan sifat -sifat lahan di daerah penelitian. Hasil dari perbandingan tersebut akan didapatkan tingkat kesesuaian lahan untuk tanaman penelitian yang meliputi kelas S1 (sangat sesuai), S2 (cukup sesuai), S3 (sesuai marginal), dan N (tidak sesuai).

Struktur klasifikasi kesesuaian lahan menurut kerangka FAO (1976) dapat dibedakan menurut tingkatannya sebagai berikut:

1. Ordo : Keadaan kesesuaian lahan secara global. Pada tingkat ordo kesesuaian lahan dibedakan antara lahan yang tergolong sesuai (S) dan lahan yang tergolong tidak sesuai (N).
2. Kelas : Keadaan tingkat kesesuaian dalam tingkat ordo. Pada tingkat kelas, lahan yang tergolong ordo sesuai (S) dibedakan ke dalam tiga kelas, yaitu: lahan sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), dan sesuai marginal (S3). Sedangkan lahan yang tergolong ordo tidak sesuai (N) tidak dibedakan ke dalam kelas-kelas
 - a. Kelas S1, sangat sesuai : Lahan tidak mempunyai faktor pembatas yang berarti atau nyata terhadap penggunaan secara berkelanjutan, atau faktor pembatas yang bersifat minor dan tidak akan mereduksi produktivitas lahan secara nyata.
 - b. Kelas S2, cukup sesuai : Lahan mempunyai faktor pembatas, dan faktor pembatas ini akan berpengaruh terhadap produktivitasnya, memerlukan tambahan masukan (input). Pembatas tersebut biasanya dapat diatasi oleh petani sendiri.

- c. Kelas S3, sesuai marginal : Lahan mempunyai faktor pembatas yang berat, dan faktor pembatas ini akan berpengaruh terhadap produktivitasnya, memerlukan tambahan masukan yang lebih banyak daripada lahan yang tergolong S2. Untuk mengatasi faktor pembatas pada S3 memerlukan modal tinggi, sehingga perlu adanya bantuan atau campur tangan (intervensi) pemerintah atau pihak swasta. Tanpa bantuan tersebut petani tidak mampu mengatasinya.
 - d. Kelas N, tidak sesuai : Lahan yang tidak sesuai (N) karena mempunyai faktor pembatas yang sangat berat dan/atau sulit diatasi.
3. Subkelas: Keadaan tingkatan dalam kelas kesesuaian lahan. Kelas kesesuaian lahan dibedakan menjadi subkelas berdasarkan kualitas dan karakteristik lahan yang menjadi faktor pembatas terberat. Faktor pembatas ini sebaiknya dibatasi jumlahnya, maksimum dua pembatas. Tergantung peranan faktor pembatas pada masing-masing subkelas, kemungkinan kelas kesesuaian lahan yang dihasilkan ini bisa diperbaiki dan ditingkatkan kelasnya sesuai dengan masukan yang diperlukan. Contoh Kelas **S3oa** yaitu termasuk kelas **sesuai marginal** dengan subkelasnya **oa** atau **ketersediaan oksigen** tidak memadai. Dengan perbaikan drainase atau perbaikan ketersediaan oksigen yang mencukupi akan meningkatkan kelasnya sampai kelas terbaik.

B. Evaluasi

1. Setelah memahami konsep kesesuaian lahan, menurut Anda, apakah kita bisa menarget hasil/produktivitas tanaman dalam angka yang sama di lokasi yang berbeda-beda?
2. Apakah lahan yang sesuai untuk tanaman tebu sama dengan lahan sawit?

BAB 11. APLIKASI PEMUPUKAN

Tujuan Instruksional Umum (TIU) Mahasiswa dapat memahami dan menganalisa prinsip pemupukan dan melakukannya dengan baik.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)	Mahasiswa dapat menjelaskan dan menganalisa: 1. 5Tepat 2. Kelebihan dan kelemahan dari masing-masing Tepat
Bahan Kajian	1. 5Tepat 2. Kelebihan dan kelemahan dari masing-masing Tepat
Metode Pembelajaran	Ceramah dan diskusi

A. Konsep 5 T

Pemupukan dalam arti luas merupakan pemberian bahan ke tanah dengan tujuan untuk memperbaiki atau meningkatkan kesuburan tanah, sedangkan untuk pengertian khususnya bahwa pemupukan merupakan pemberian bahan untuk menambahkan unsur hara tersedia di dalam tanah. Pemupukan yang tepat dan benar dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan terjadi efisiensi pemupukan yang tinggi. Beberapa hal yang mempengaruhi efisiensi pemupukan dikenal dengan konsep 5 Tepat, yaitu Tepat Waktu, Tepat Dosis, Tepat Jenis, Tepat Cara dan Tepat Tempat.

1. Tepat Waktu

Waktu aplikasi pemupukan bisa didasarkan pada dua hal yaitu (1) Tanaman : fase pertumbuhan / umur atau (2) pada pupuk yang diberikan (pupuk memiliki kecepatan penyediaan hara yang berbeda-beda (cepat-sedang-lambat). Berdasarkan hal tersebut, waktu pemberian pupuk dapat dibedakan menjadi :

- Sebelum tanam : Untuk pupuk yang pelepasan unsur haranya perlu waktu cukup lama (pupuk slow release). Seperti 1. fosfat alam butuh waktu 2 – 4 minggu sebelum tanam. ke dalam tanah.2. pupuk organik/pembenah tanah

- b. Bersamaan waktu tanam atau segera sesudah tanam : Untuk pupuk yang cepat tersedia misalnya pupuk N (urea, ZA, NaNO_3 dll) diberikan seketika sesuai dengan kebutuhan tanaman.
- c. Sesudah tanam (top dressing): untuk pupuk yg cepat tersedia dan harus disesuaikan dengan stadium / fase pertumbuhan tanaman

2. Tepat Dosis

Pemberian pupuk sesuai dengan dosis yang dibutuhkan sangat mempengaruhi efisiensi pemupukan. Dosis ini disesuaikan antara kebutuhan tanaman dan jumlah hara yang dimiliki tanah. Analisa daun dan analisa tanah merupakan cara untuk dapat menentukan kebutuhan atau penting dalam penentuan dosis pupuk yang akan diberikan.

3. Tepat Jenis

Pemberian pupuk sesuai dengan jenis yang dibutuhkan sangat mempengaruhi efisiensi pemupukan. Jenis ini disesuaikan antara kebutuhan tanaman dan jumlah hara yang dimiliki tanah. Analisa daun dan analisa tanah merupakan cara untuk dapat menentukan kebutuhan atau penting dalam penentuan jenis pupuk yang akan diberikan

4. Tepat Cara

Cara aplikasi pupuk yang efektif dan efisien akan meningkatkan keberhasilan pemupukan. Beberapa metode pemupukan yaitu:

a) Broadcasting (disebar)

Pemupukan dengan cara sebar (*broadcasting*) : cara ini adalah cara yang paling sederhana karena pupuk diberikan ke media tanam dengan cara disebar di atas permukaan media saat pengolahan tanah (biasanya dilakukan pada tanaman semusim seperti padi dan kacang-kacangan yang ditanam di sawah), sehingga pupuk tercampur merata dengan tanah. Pemupukan dengan cara sebar ini berpotensi tinggi merangsang pertumbuhan tanaman-tanaman pengganggu (gulma) serta

tingkat fiksasi atau pengikatan unsur hara tertentu oleh tanah. Cara sebar dilakukan jika :

- Populasi tanaman cukup tinggi akibat aplikasi jarak tanam yang rapat
- Sistem perakaran tanaman yang menyebar di dekat permukaan tanah
- Volume pupuk yang digunakan berjumlah banyak
- Tingkat kelarutan pupuk yang tinggi agar dapat terserap dalam jumlah banyak oleh tanaman
- Tingkat kesuburan tanah yang relatif baik

Broadcasting dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Top dressing: pupuk ditebarkan merata ke seluruh permukaan tanah atau menurut alur yang tersedia. Untuk lahan yang sudah ditanami, jika permukaan tanaman basah atau lembab cara ini harus ditunda, karena dapat menyebabkan plasmolisis daun. Kerusakan akan meningkat pada dosis yang lebih besar, terutama pupuk N dan K.
2. Side dressing: pupuk ditebarkan di samping alur benih atau tanaman.

b) Ring Placement

Pemupukan pada tempat tertentu (*placement*), berbentuk seperti barisan lurus di antara larikan atau barisan tanaman, membentuk garis lurus, atau membentuk lingkaran di bawah tajuk tanaman. **Ring Placement** (memutari tanaman). Metode ini mirip dengan metode broadcasting, namun penyebaran pupuk secara merata.

- parit dibuat sedalam 10-15 cm mengelilingi tanaman selebar tajuk terluar
- pupuk disebar secara melingkar pada tanaman dengan cara tanah digemburkan terlebih dahulu, kemudian pupuk ditebarkan merata.

c) Spot Placement

Alur pemupukan dibuat dengan membuat semacam kanal dangkal sebagai tempat pupuk dengan mencangkul tanah selebar kurang lebih 10 cm dengan kedalaman kurang lebih 10 cm dari permukaan tanah dalam baris tanaman. Setelah pupuk diletakkan di dalam alur, kemudian ditutup kembali dengan tanah. Pemupukan dengan cara ini dilakukan dengan alasan :

- Kesuburan tanah relatif lebih rendah (tanah tegalan atau kebun)

- Populasi tanaman lebih rendah karena jarak tanam lebih lebar
- Volume pupuk yang digunakan berjumlah lebih sedikit
- Volume akar tanaman sedikit dan tidak menyebar

d) Fertigasi

Fertigasi berasal dari dua bahasa Inggris yaitu *fertilization* dan *irrigation* yang kemudian disingkat dan disebut fertigasi. Dengan teknik fertigasi biaya tenaga kerja untuk pemupukan dapat dikurangi, karena pupuk diberikan bersamaan dengan penyiraman. Keuntungan lain adalah peningkatan efisiensi penggunaan unsur hara karena pupuk diberikan dalam jumlah sedikit tetapi kontinyu, serta mengurangi kehilangan unsur hara (khususnya nitrogen) akibat *leaching* atau pencucian dan denitrifikasi (kehilangan nitrogen akibat perubahan menjadi gas). Fertigasi dapat diterapkan tidak hanya pada sistem konvensional, namun juga hidroponik dengan prinsip yang sama.

e) Injection

Metode ini dilakukan dengan cara menyuntikkan larutan pupuk secara langsung ke batang tanaman. Pemupukan dengan cara ini memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan, keunggulan tersebut adalah memberikan efek langsung ke warna daun tanaman. Sedangkan kelemahannya adalah terganggunya kesehatan pada tanaman yakni timbulnya patogen dan hama, dapat menyebabkan batang membelah, pembusukan dan cacat *structural* serta berbahaya bagi pohon dalam kondisi buruk. Adapun yang lain pohon yang disuntikan batangnya maka akan menjadi lebih rentan terhadap hama serangga, dikarenakan kandungan nitrogen pada daun meningkat. Metode ini digunakan pada musim kemarau dengan tujuan agar lebih efisien dalam penggunaan pupuk.

f) Foliar Application

Foliar Application merupakan pemupukan dengan cara penyemprotan bahan pupuk cair pada permukaan daun. Cara ini dilakukan untuk melengkapi pemberian pupuk melalui tanah. Unsur hara yang diberikan terutama unsur hara mikro masuk

ke dalam tanaman melalui stomata daun secara difusi atau secara osmosis. Hal yang perlu diperhatikan:

- Kepekatan/konsentrasi larutan pupuk harus rendah.
- Tegangan muka larutan pupuk harus rendah, sehingga kontak dengan permukaan daun lebih besar.
- Kadar biuret pada urea harus kurang dari 2%.
- Kondisi lingkungan (cuaca) harus mendukung.

5. Tepat Tempat

Tempat disini bisa dalam sebuah konsep jeluk atau kedalamannya, bisa juga didasarkan pada di tanah atau di daun sesuai dengan jenis pupuk yang diberikan. Untuk tanaman semusim dan tahunan, kedalaman penempatan pupuk berbeda agar bisa menghasilkan efisiensi yang tinggi. Hal lain seperti akar tanaman juga mempengaruhi peletakan pupuk di tanah.

B. Evaluasi

1. Jelaskan 5T!
2. Menurut Anda, dari 5T tersebut, mana yang paling penting menjadi kunci sebuah efisiensi pemupukan? Jelaskan !

DAFTAR PUSTAKA

- Alaoui, I., O. El Ghadraoui, S. Serbouti, H. Ahmed, I. Mansouri, et al. 2022. The Mechanisms of Absorption and Nutrients Transport in Plants: A Review. *Trop. J. Nat. Prod. Res.* 6(1): 8–14. doi: 10.26538/tjnpr/v6i1.2.
- Almendro-Candel, M.B., I.G. Lucas, J. Navarro-Pedreño, and A. Zorpas. 2018. Physical Properties of Soils Affected by the Use of Agricultural Waste. IntechOpen.
- Basri, A.H.H. 2018. Kajian Peranan Mikoriza Dalam Bidang Pertanian. *Agrica Ekstensia* 12(2): 74–78.
- Eleftheriadis, A., F. Lafuente, and M. Turrión. 2018. Effect of land use , time since deforestation and management on organic C and N in soil textural fractions. *Soil Tillage Res.* 183(January): 1–7.
- Escudero-Almanza, D.J., D.L. Ojeda-Barrios, O.A. Hernández-Rodríguez, E. Sánchez Chávez, T. Ruíz-Anchondo, et al. 2012. Carbonic Anhydrase and Zinc in Plant Physiology. *Chil. J. Agric. Res.* 72(1): 140–146. doi: 10.4067/s0718-58392012000100022.
- Farrasati, R., I. Pradiko, S. Rahutomo, and E.N. Ginting. 2021. Review : Pemupukan Melalui Tanah Serta Daun Dan. *War. PPKS* 26(1): 7–19.
- Firmansyah, I., and N. Sumarni. 2013. Pengaruh Dosis Pupuk N dan Varietas Terhadap pH Tanah , N-Total Tanah , Serapan N , dan Hasil Umbi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L .) pada Tanah Entisols-Brebes Jawa Tengah (Effect of N Fertilizer Dosages and Varieties On Soil pH , Soil Total-N , N U. *J. Hortik.* 23(4): 358–364. doi: 10.21082/jhort.v23n4.2013.p358-364.
- Franco, H.C.J., E. Mariano, A.C.Vitti, C.E.Faroni, R. Otto, et al. 2011. Sugarcane Response to Boron and Zinc in Southeastern Brazil. *Sugar Tech* 13(1): 86–95. doi: 10.1007/s12355-010-0057-x.
- Gopalasundaram, P., A.Bhaskaran, and P.Rakkiyappan. 2012. Integrated Nutrient Management in Sugarcane. *Sugar Tech* 14(1): 3–20. doi: 10.1007/s12355-011-0097-x.
- Gransee, A., and H. Führs. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis , magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant Soil* 386: 5–21. doi: 10.1007/s11104-012-1567-y.
- Gupta, N., H. Ram, and B. Kumar. 2016. Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 15(1): 89–109. doi: 10.1007/s11157-016-9390-1.
- El Habbasha, S.F., and F.M. Ibrahim. 2015. Calcium: Physiological function, deficiency and absorption. *Int. J. ChemTech Res.* 8(12): 196–202.
- Hepler, P.K. 2005. Calcium: A central regulator of plant growth and development. *Plant Cell* 17(8): 2142–2155. doi: 10.1105/tpc.105.032508.

- Jayanti, D.S., S. Goenadi, and P. Hadi. 2013. Land Suitability Evaluation and Land Use Optimization for Cacao (*Theobroma cacao* L.) Development (Case Study in Batee District and Padang Tiji District, Pidie Sub-Province, Aceh Province). *Agritech* 33(02): 208–218. doi: 10.22146/agritech.9808.
- Jin, J., D.C. Martens, and L.W. Zelazny. 1987. Distribution and Plant Availability of Soil Boron Fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51(5): 1228–1231. doi: 10.2136/sssaj1987.03615995005100050025x.
- Laviendi, A., J. Ginting, and Irsal. 2013. Pengaruh Perbandingan Media Tanam Kompos Kulit Biji Kopi dan Pemberian Pupuk NPK (15:15:15) Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi (*Coffea arabica* L.) di Rumah Kaca. *J. Agroekoteknologi FP USU* 10(1): 72–77.
- Leghari, S.J., N.A. Wahocho, G.M. Laghari, A. HafeezLaghari, G. MustafaBhabhan, et al. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: a review. *Adv. Environ. Biol.* 10(9): 209–219.
- Liu, Y.M., D.Y. Liu, Q.Y. Zhao, W. Zhang, X.X. Chen, et al. 2020. Zinc fractions in soils and uptake in winter wheat as affected by repeated applications of zinc fertilizer. *Soil Tillage Res.* 200(February). doi: 10.1016/j.still.2020.104612.
- Marpaung, A.E., B. Karo, and R. Tarigan. 2014. Pemanfaatan pupuk organik cair dan teknik penanaman dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil kentang. *J. Hort* 24(1): 49–55. doi: 10.21082/jhort.v24n1.2014.p49-55.
- McCray, J.M., and G. Powell. 2016. Sugarcane Yield Response to Potassium on A Florida Histosol. *J. Am. Soc. Sugar Cane Technol.* 36: 9–18.
- Mellis, E.V., J.A. Quaggio, G.R.G. Becari, L.A.J. Teixeira, H. Cantarella, et al. 2016. Effect of Micronutrients Soil Supplementation on Sugarcane in Different Production Environments: Cane Plant Cycle. *Agron. J.* 108(5): 2060. doi: 10.2134/agronj2015.0563.
- Mikkelsen, R. 2010. Soil and Fertilizer Magnesium. *Better Crop.* 94: 26–28.
- Mozumder, S., M. Moniruzzaman, and G. Halim. 2007. Effect of N, K and S on the Yield and Storability of Transplanted Onion (*Allium cepa* L.) in the Hilly Region. *J. Agric. Rural Dev.* 5(June): 58–63. doi: 10.3329/jard.v5i1.1459.
- Nastaro, B., E. Mariano, R. Antunes, P. Cesar, and O. Trivelin. 2019. Plant Physiology and Biochemistry Influence of nitrate - ammonium ratio on the growth , nutrition , and metabolism of sugarcane. *Plant Physiol. Biochem.* 139(March): 246–255. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.03.024.
- Palai, J.B., N.C. Sarkar, and J. Jena. 2017. Effect of Zinc on Growth, Plant Yield, NPK Uptake and Economics. *Int. J. Bio-resource Stress Manag.* 8(5): 698–702. doi: 10.23910/ijbsm/2017.8.5.1848b.
- Putro, B.P., G. Samudro, and W.D. Nugraha. 2016. Pengaruh Penambahan Pupuk NPK Dalampengomposan Sampah Organik Secara Aerobik Menjadi Kompos Matang dan Stabil Diperkaya. *J. Tek. Lingkungan.* 5(2): 1–10.
- Raviv, M., S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna. 2004. Organic matter and

nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Sci. Util.* 12(1): 6–10. doi: 10.1080/1065657X.2004.10702151.

Sagala, D., H. Ningksih, N. Sudarmi, T. Purba, R. Rezki, et al. 2022. Pengantar Nutrisi Tanaman.

Saleem, M.A., A. Ghaffar, S.A. Anjum, M. Cheema, and M.F. Bilal. 2012. Effect of Nitrogen on Growth and Yield of Sugarcane. *J. Am. Soc. Sugar Cane Technol.* 32: 75–93.

Siswanto, B. 2019. Sebaran Unsur Hara N, P, K Dan pH Dalam Tanah. *Buana Sains* 18(2): 109. doi: 10.33366/bs.v18i2.1184.

Sumarni, N., R. Rosliani, R.S. Basuki, and Y. Hilman. 2012. Respons Tanaman Bawang Merah terhadap Pemupukan Fosfat pada Beberapa Tingkat Kesuburan Lahan (Status P-Tanah). *J. Hortik.* 22(2): 129–137. doi: 10.21082/jhort.v22n2.2012.p130-138.

Supartha, I., G. Wijaya, and G.M. Adnyana. 2012. Aplikasi Jenis Pupuk Organik Pada Tanaman Padi Sistem Pertanian Organik. *E-Jurnal Agroekoteknologi Trop. (Journal Trop. Agroecotechnology)* 1(2): 98–106.

Ukwattage, N.L., Y. Li, Y. Gan, T. Li, and R.P. Gamage. 2020. Effect of Biochar and Coal Fly Ash Soil Amendments on the Leaching Loss of Phosphorus in Subtropical Sandy Ultisols. *Water, Air, Soil Pollut.* 231(2). doi: 10.1007/s11270-020-4393-5.

SINOPSIS

Buku Ajar Kesuburan Tanah dan Pemupukan ini merupakan buku pendamping untuk mata kuliah Kesuburan Tanah dan Pemupukan. Buku ini diharapkan dibaca oleh mahasiswa dan khalayak umum yang ingin mengetahui mengenai konsep tanah yang subur dalam upaya mendukung pertumbuhan tanaman yang dibudidayakan. Capaian Pembelajaran untuk mata kuliah Kesuburan Tanah dan Pemupukan adalah setelah menempuh matakuliah Kesuburan Tanah dan Pemupukan mahasiswa/peserta didik akan dapat mengetahui dan menganalisa kondisi kesuburan tanah pada lahan budidaya yang ditinjau dari sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman serta dapat menentukan perlakuan perbaikan agar dapat memperoleh hasil yang optimal.

