

KESUBURAN TANAH DAN PEMUPUKAN

Penulis :

Indra Permana

Opi Anggoro

Didi Carsidi

Syamsu Alam

Nani Kitti Sihaloho

Yonce M. Killa

Wa Ode Asryanti Wida

Rivandi Putra

Charly Mutiara

Andi Masnang

Zurrahmi Wirda

Roosganda Elizabeth



GET PRESS INDONESIA

KESUBURAN TANAH DAN PEMUPUKAN

Penulis :

Indra Permana
Opi Anggoro
Didi Carsidi
Syamsu Alam
Nani Kitti Sihaloho
Yonce M. Killa
Wa Ode Asryanti Wida
Rivandi Putra
Charly Mutiara
Andi Masnang
Zurrahmi Wirda
Roosganda Elizabeth

ISBN :

Editor : Diana Purnama Sari,MM

Penyunting : Dhinie Anjelicha, S.Tr.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Penerbit : **Get Press Indonesia**

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Palarik Air Pacah RT 001 RW 006
Kelurahan Air Pacah Kecamatan Koto Tangah
Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, September 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan buku kesuburan tanah dan pemupukan.

Buku ini membahas tentang konsep kesuburan tanah, hubungan tanah, air, dan tanaman, nitrogen di dalam tanah, kalsium, magnesium dan sulfur dalam tanah, evaluasi dan kesuburan tanah, klasifikasi pemupukan, dasar-dasar pemupukan dan pengelolaan tanah, pupuk organik, reaksi pupuk dalam tanah, cara pemupukan, pengaruh factor lingkungan dalam tanah terhadap perilaku pupuk, dan ekonomi pupuk.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan, mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Penulis, September 2023

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
BAB 1 KONSEP KESUBURAN TANAH.....	1
1.1 PENDAHULUAN.....	1
1.2 KESUBURAN TANAH DAN KESEHATAN TANAH.....	2
1.3 FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KESUBURAN TANAH	6
1.4 INDIKATOR TANAH SUBUR.....	9
DAFTAR PUSTAKA	13
BAB 2 HUBUNGAN TANAH, AIR, DAN TANAMAN.....	15
2.1 PENDAHULUAN.....	15
2.2 TANAH, AIR, DAN TANAMAN	16
DAFTAR PUSTAKA	26
BAB 3 NITROGEN DI DALAM TANAH	29
3.1 PENDAHULUAN.....	29
3.2 SUMBER N DALAM TANAH	29
3.3 BENTUK-BENTUK NITROGEN TANAH.....	38
3.4 TRANSPORTASI DAN KETERSEDIAAN NITROGEN TANAH	40
3.5 KEHILANGAN NITROGEN TANAH	44
DAFTAR PUSTAKA	47
BAB 4 KALSIUM, MAGNESIUM DAN SULFUR DALAM TANAH... 	49
4.1 PENDAHULUAN.....	49
4.2 UNSUR HARA CALCIUM (Ca).....	51
4.3 UNSUR HARA MAGNESIUM (Mg)	55
4.4 UNSUR HARA SULFUR (S).....	58
4.5 PENGELOLAAN HARA Ca, Mg DAN S	62
DAFTAR PUSTAKA	64
BAB 5 EVALUASI DAN KESUBURAN TANAH.....	67
5.1 METODE PENGAMATAN DIAGNOSA GEJALA DEFISIENSI HARA PADA TANAMAN	67

5.2 METODE Uji BIOLOGI.....	68
5.3 METODE Uji TANAH	70
5.4 METODE Uji TANAMAN	74
DAFTAR PUSTAKA.....	84
BAB 6 KLASIFIKASI PEMUPUKAN.....	85
6.1 PENDAHULUAN	85
6.2 KLASIFIKASI PUPUK BERDASARKAN SUMBER PEMBENTUKAN.....	86
6.3 KLASIFIKASI PUPUK BERDASARKAN SENYAWA KIMIA	91
6.4 KLASIFIKASI PUPUK BERDASARKAN REAKSI DALAM TANAH	91
6.5 KLASIFIKASI PUPUK BERDASARKAN UNSUR HARA.....	92
6.6 KLASIFIKASI PUPUK BERDASARKAN KANDUNGAN HARA	93
6.7 KLASIFIKASI PUPUK BERDASARKAN FASANYA.....	93
6.8 KLASIFIKASI PUPUK BERDASARKAN CARA PENGGUNAANYA	94
DAFTAR PUSTAKA	95
BAB 7 DASAR-DASAR PEMUPUKKAN DAN PENGELOLAAN TANAH	97
7.1 PENDAHULUAN	97
7.2 TANAMAN YANG AKAN DI PUPUK	98
7.3 JENIS TANAH YANG AKAN DI PUPUK.....	100
7.4 JENIS PUPUK YANG DIGUNAKAN.....	101
7.5 DOSIS PUPUK YANG DIBERIKAN.....	102
7.6 WAKTU PEMUPUKKAN	103
7.7 CARA PEMUPUKKAN	104
7.8 PENGELOLAAN TANAH	104
DAFTAR PUSTAKA	107
BAB 8 PUPUK ORGANIK.....	109
8.1 PENGERTIAN PUPUK ORGANIK.....	109
8.2 KELEBIHAN DAN KEKURANGAN PUPUK ORGANIK.....	111
8.3 JENIS-JENIS PUPUK ORGANIK.....	117
8.3 TAHAPAN PEMBUATAN BEBERAPA JENIS PRODUK PUPUK ORGANIK	120
8.4 BLACK SOLDIER FLY (BSF)	127
DAFTAR PUSTAKA	129
BAB 9 REAKSI PUPUK DALAM TANAH	133

9.1 PENDAHULUAN	133
9.2 JENIS PUPUK DAN REAKSINYA DI DALAM TANAH.....	133
9.3 KONDISI TANAH DAN REAKSI PEMUPUKAN.....	141
9.4 KARAKTERISTIK TANAH DAN REAKSI PEMUPUKAN	143
DAFTAR PUSTAKA.....	148
BAB 10 CARA PEMUPUKAN	151
10.1 PENDAHULUAN	151
10.2 METODE PEMUPUKAN SEBAR (<i>BROADCAST</i>)	155
10.3 CARA PEMUPUKAN <i>SIDEBAND</i>	157
10.4 PEMUPUKAN " <i>IN THE ROW</i> " ATAU DALAM LARIKAN	159
10.5 METODE PEMUPUKAN <i>TOP ATAU SIDE DRESSED</i>	161
10.6 METODE PEMUPUKAN <i>POP-UP</i>	163
10.7 METODE PEMUPUKAN MELALUI DAUN	166
10.8 METODE PEMUPUKAN <i>FERTIGATION</i>	169
DAFTAR PUSTAKA.....	173
BAB 11 PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN DALAM TANAH TERHADAP PERILAKU PUPUK	177
11.1 PENDAHULUAN.....	177
11.2. FAKTOR PENENTU KETERSEDIAAN HARA DI DALAM TANAH	178
DAFTAR PUSTAKA.....	188
BAB 12 EKONOMI PUPUK	191
12.1 PENDAHULUAN	191
12.2 EKONOMI PUPUK.....	192
12.3 PUPUK ANORGANIK DAN PUPUK ORGANIK.....	196
12.4 PUPUK DAN PEMUPUKAN	203
12.5 PENUTUP DAN SIMPULAN	207
DAFTAR PUSTAKA.....	208
BIODATA PENULIS	209

BAB 1

KONSEP KESUBURAN TANAH

Oleh Indra Permana

1.1 Pendahuluan

Tanah merupakan media tempat tumbuh dan berkembang bagi tanaman. Tanah berfungsi sebagai media tanam dan menyediakan komponen penting untuk pertumbuhan tanaman seperti unsur hara, air, udara, dan suhu tanah (Asril et al., 2022). Kurniati *et al.*, (2015) mengatakan bahwa kesuburan tanah merujuk pada kemampuan tanah dalam memberikan nutrisi, air, dan lingkungan yang tepat bagi tanaman untuk tumbuh dan berkembang dengan baik, yang berdampak pada hasil panen serta kesehatan lingkungan dan keberlanjutan pertanian. Tanah yang subur memberikan nutrisi yang dibutuhkan tanaman, menjaga akar tetap teraliri udara dan air, serta mendukung beragam organisme mikroba yang memecah bahan organik menjadi nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman.

Hubungan antara tanah dan tanaman ditunjukkan melalui penyediaan unsur hara bagi tanaman untuk mendukung proses fisiologis dan pembentukan struktur tanaman (Purba et al., 2021). Menurut Foth and Ellis (1997), kesuburan tanah menunjukkan kapasitas untuk memasok unsur-unsur esensial dalam jumlah yang mencukupi untuk pertumbuhan tanaman tanpa adanya unsur beracun. Selain menjadi tempat hidup tanaman, tanah juga memiliki fungsi sebagai tempat tinggal dan beraktivitas bagi organisme yang ada di dalamnya. Organisme ini berperan dalam memperbaiki

struktur tanah, mendaur ulang bahan organik, dan menyediakan nutrisi bagi tumbuhan (Simarmata, 2012).

Tanah yang sehat dan subur mendukung keanekaragaman hayati. Pada ekosistem tanah, keanekaragaman hayati merupakan kunci utama dalam kesehatan tanah untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Simarmata, 2012). Masing-masing organisme mempunyai tugas dan fungsi dalam ekosistem membentuk suatu hubungan yang seimbang. Oleh karena itu, kesuburan tanah dapat ditinjau dari kesehatan tanah tersebut sehingga mampu mendukung aktivitas organisme di dalam tanah. Kesehatan tanah dapat diukur dengan tingkat kerusakan tanah, tingkat keberadaan organisme tanah, dan tingkat pencemaran tanah

1.2 Kesuburan Tanah dan Kesehatan Tanah

Dalam konsep kesuburan tanah, ketersediaan unsur hara merupakan salah satu hal indikator dimana suatu tanah dapat dikatakan subur. Keberadaan unsur hara dalam jumlah berimbang menjadi faktor utama yang mempengaruhi kesuburan tanah. Kekurangan ataupun kelebihan unsur hara dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Handayanto, Muddarisna, dan Fiqri (2017) yang mengatakan bahwa kesuburan tanah adalah aspek hubungan tanah tanaman, yaitu pertumbuhan tanaman dalam hubungannya dengan unsur hara yang tersedia dalam tanah.

Secara umum, kesehatan tanah memiliki kriteria yang serupa dengan kesuburan tanah. Namun, kesehatan tanah lebih mengedepankan aspek kualitas lingkungan dan keanekaragaman hayati. Kesehatan tanah berarti keadaan tanah yang optimal atau kondisi yang mendukung pertumbuhan tanaman, produktivitas tanah, dan kualitas lingkungan (Nurhidayati, 2017). Tanah yang sehat diartikan sebagai tanah yang kaya akan organisme tanah yang

mengubah sisa-sisa tumbuhan atau hewan mati menjadi unsur hara bagi tanaman, sebagai hasil dari praktek pertanian organik dengan memanfaatkan sumber daya pertanian dan kearifan lokal dengan menggunakan teknik pertanian tertentu untuk mengoptimalkan dari sudut pandang ekologi (Sudjana, 2013).

1.2.1 Kesuburan Tanah

Tanah subur merujuk pada kemampuan tanah untuk menyediakan nutrisi yang cukup bagi tanaman tumbuh dengan baik. Tanah subur mengandung jumlah dan proporsi nutrisi yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal. Menurut Buckman dan Brady (1982), kesuburan tanah adalah kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara esensial secara seimbang dan proporsional bagi pertumbuhan tanaman. Kesuburan tanah merupakan aspek penting untuk budidaya tanaman karena dapat mempengaruhi produktivitas dan kualitas hasil panen.

Kesuburan tanah bisa dilihat dari dua sudut pandang, yakni kesuburan tanah aktual atau kesuburan tanah alami yang sejati dan kesuburan tanah potensial. Kesuburan tanah aktual adalah status tanah terhadap kemampuannya dalam menyediakan udara, air dan unsur hara bagi tanaman pada waktu dan lingkungan tersebut. Sebaliknya, kesuburan tanah potensial merupakan kemampuan tanah menyediakan udara, air, dan unsur hara untuk tanaman dalam waktu dan lingkungan setelah faktor-faktor penghambat diperbaiki hingga optimum bagi tanaman yang akan dibudidayakan (Kurniati et al., 2015).

Kesuburan tanah bergantung pada sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Dimana, ketiga sifat tanah tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor pembentuk tanah yakni bahan induk, iklim, topografi, organisme, dan waktu. Sifat fisika tanah mencakup hal-hal seperti tekstur, struktur, porositas, dan kemampuan memegang air. Perbaikan sifat fisika tanah dapat dilakukan dengan penambahan

bahan organik seperti biochar dan kompos limbah pertanian (Hanim, Khairullah, & Jufri, 2021). Sifat kimia tanah terdiri dari pH, kapasitas tukar kation, dan kandungan unsur hara. Selanjutnya, sifat biologi tanah mencakup hal-hal seperti keberadaan mikroorganisme dan aktivitas biologis. Mikroorganisme dapat membantu dalam proses mineralisasi dan mengubah unsur hara yang tidak tersedia menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman (Taisa & Kartina, 2022).

1.2.2 Kesehatan Tanah

Tanah sehat lebih melibatkan keseimbangan keseluruhan sifat tanah, termasuk struktur fisik, kandungan bahan organik, aktivitas mikroba, drainase yang baik, dan faktor-faktor lain yang memengaruhi produktivitas dan keberlanjutan tanah. Kesehatan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti keberadaan organisme tanah yang bermanfaat (Gambar 1.1), struktur tanah yang baik, dan ketersediaan air dan udara yang cukup. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa tanah sehat melihat tanah sebagai suatu ekosistem dengan interaksi yang kompleks antara unsur-unsur fisik, kimia, dan biologi (Hubanks, Deenik, & Crow, 2018). Penilaian kesehatan tanah dapat dilakukan dengan pendekatan indikator kinerja tanah dan bioassay tanaman (Harahap, Wahyuni, & Putri, 2021).



Gambar 1. Keanekaragaman hayati sebagai indikator Tanah Sehat

(Sumber : Foodprint.org)

Upaya untuk menjaga tanah sehat melibatkan praktik-praktik pengelolaan yang berkelanjutan, termasuk menjaga kualitas fisik tanah, menjaga kandungan organik, mendukung keragaman hayati, dan mencegah degradasi. Pupuk bokashi adalah salah satu jenis pupuk organik yang dimanfaatkan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mempertahankan fungsi mikroorganisme di dalam tanah sehingga dapat menambah ketersediaan hara serta efektivitas pemupukan (Solo, Thonak, & Tungga, 2022). Tanah dapat dikatakan subur jika tanah tersebut dapat menyediakan kebutuhan hidup dari organisme yang hidup di dalamnya maupun di atas tanah, dalam konteks ini adalah tanaman dan organisme dalam tanah.

1.3 Faktor yang Mempengaruhi Kesuburan Tanah

Tingkat kesuburan tanah tentunya sangat bervariasi tergantung pada faktor-faktor pembentuk tanah seperti bahan induk, iklim, relief, organisme, dan waktu (Sutarman dan Miftakhurrohmat, 2019). Faktor pembentuk tanah tersebutlah yang mempengaruhi sifat-sifat tanah yang dihasilkan serta hubungannya terhadap kesuburan tanah. Berikut merupakan beberapa faktor yang mampu mempengaruhi status kesuburan tanah:

1. Bahan induk

Bahan induk, juga dikenal sebagai batuan induk, merupakan batuan atau endapan yang menjadi dasar pembentukan tanah. Komposisi kimia dan mineral bahan induk berperan dalam menentukan kandungan unsur hara dalam tanah (Notohadiprowo, 2006). Misalnya, tanah yang terbentuk dari batuan kapur cenderung mengandung lebih banyak kalsium.

2. Topografi

Topografi atau bentuk lahan memengaruhi drainase dan retensi air dalam tanah. Kondisi topografi pada lahan berlereng memiliki laju infiltrasi yang lebih rendah dibandingkan pada lahan datar. Hal tersebut dikarenakan air lebih cepat mengalir melalui aliran permukaan. Selain itu pada tanah dengan kelerengan yang cukup curam dapat menyebabkan terjadinya erosi atau perpindahan tanah lapisan atas menuju bagian yang lebih rendah (Handayanto *et al.*, 2017). Hal tersebut tentunya mampu menurunkan kesuburan tanah dikarenakan terangkutnya unsur hara dan bahan organik pada lapisan tanah atas.

3. Iklim

Iklim (curah hujan, suhu, kelembaban dan angin) merupakan faktor yang sangat memengaruhi kesuburan tanah. Pencucian unsur

hara yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi menyebabkan rendahnya ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Daerah dengan kondisi iklim tropis mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik menjadi lebih cepat dibandingkan dengan iklim sub tropis. Oleh karena itu daerah dengan iklim tropis akan lebih cepat kehilangan unsur hara dan bahan organik sehingga menyebabkan kesuburan tanah dapat menurun (Handayanto *et al.*, 2017).

4. Umur Tanah

Secara umum, tanah yang 'lebih muda' lebih subur dibandingkan tanah 'yang lebih tua' karena tanah yang 'lebih muda' didominasi oleh mineral-mineral yang bermuatan permanen 2:1, sedangkan tanah yang 'lebih muda' didominasi oleh mineral-mineral yang bermuatan variabel 1:1 dan oksida logam atau hidroksida. Dalam konteks ini, 'muda' dan 'tua' mengacu pada perkembangan tanah yang dipengaruhi oleh lima faktor pembentuk tanah (bahan induk, iklim, organisme, topografi, dan waktu). Lima faktor pembentuk tanah secara umum mengubah mineral dari mineral primer menjadi mineral lapisan tinggi bermuatan 2:1 (misalnya mika dan ilit), mineral lapisan bawah bermuatan 2:1 (misalnya montmorillonit dan vermikulit), mineral 1:1, dan akhirnya logam hidroksida (Jones Jr., 2012).

Tanah tua telah mengalami proses pelapukan dan pencucian lanjut sehingga terbatas kandungan unsur hara dan bahan organik. Proses pencucian tersebut menyebabkan tanah-tanah tua memiliki kandungan silika dan alumunium yang tinggi sehingga dapat meracuni tanaman.

5. Kedalaman tanah

Kedalaman tanah memengaruhi kapasitas tanah untuk menyimpan air dan nutrisi. Tanah yang dalam memiliki lebih banyak ruang untuk akar tanaman berkembang, dan dapat menyimpan

lebih banyak air dan nutrisi. Kedalaman tanah yang dangkal, seperti di daerah berbatu, dapat membatasi pertumbuhan akar dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

6. Kondisi fisik tanah

Kondisi fisik tanah melibatkan tekstur, struktur, dan porositas tanah. Tanah dengan tekstur dan struktur yang baik mendukung pergerakan air dan udara yang optimal, serta pertumbuhan akar tanaman yang baik. Struktur tanah yang buruk, seperti tanah yang padat atau kompak, dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Tanah yang didominasi oleh partikel pasir (partikel tanah yang lebih besar) memiliki kapasitas memegang air yang rendah.

7. Reaksi pH tanah

Tanah yang subur tentunya harus mampu menyediakan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman dan hal tersebut sangat berkaitan dengan nilai pH tanah (Winazira, 2021). Nilai pH yang cenderung masam ataupun basa dapat menyebabkan ketersediaan beberapa unsur hara berkurang dan meningkatkan kelarutan unsur beracun (logam berat). Tanah dengan kriteria pH netral merupakan kondisi yang paling ideal bagi kebanyakan tanaman. Hal tersebut dikarenakan pada pH netral, beberapa unsur hara esensial dapat tersedia dan diserap oleh tanaman.

8. Kandungan bahan organik

Kandungan bahan organik yang tinggi dapat meningkatkan kesuburan tanah karena dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air dan nutrisi (Saida, 2023). Keberadaan bahan organik di dalam tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah secara tidak langsung. Proses pelapukan bahan organik menghasilkan unsur hara bagi tanaman dan humus untuk memperbaiki sifat fisika

maupun kimia tanah. Selain itu, bahan organik merupakan sumber energi dan nutrisi bagi organisme di dalam tanah untuk melakukan aktivitas dekomposisi bahan organik.

9. Sistem atau pola tanam

Pola penanaman dapat mempengaruhi kesuburan tanah. Pola tanam monokultur secara terus-menerus dapat menyebabkan kekurangan unsur hara tertentu pada tanah dikarenakan penyerapan jenis dan jumlah unsur hara yang sama bertahun-tahun. Sistem rotasi tanaman membantu tanah untuk melakukan siklus daur nutrisi sehingga unsur hara yang hilang dapat disediakan kembali melalui proses dekomposisi bahan organik. Kemudian pola tanam intercropping atau multiplecropping dapat melindungi tanah dari pukulan air hujan dan menurunkan terjadinya erosi serta kehilangan karbon di dalam tanah (Arsyad, 2009).

1.4 Indikator Tanah Subur

Indikator kesuburan tanah adalah parameter atau ciri tertentu yang digunakan untuk mengukur atau mengevaluasi kualitas dan potensi produktivitas suatu tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Indikator kesuburan tanah dapat dilihat dari beberapa aspek, seperti sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Indikator kesuburan tanah dari beberapa aspek tersebut seperti kenampakan fisik yang meliputi tekstur, warna, porositas, dan sebagainya yang berdampak terhadap kemampuan tanah dalam mempertahankan air dan unsur hara, kemudian dari ketersediaan unsur hara yang termasuk ke dalam sifat kimia tanah, serta keberagaman, jumlah, dan interaksi antar spesies di dalam maupun permukaan tanah yang termasuk ke dalam sifat biologis tanah. Ketiga sifat-sifat tanah tersebut saling berperan terhadap kesuburan tanah.

Sebagai media tumbuh dan berkembangnya tanaman, tanah yang subur dapat ditentukan berdasarkan empat indikator yaitu:

1. Mampu menyediakan air bagi tanaman

Tanaman membutuhkan air untuk dapat bertahan hidup, sehingga air merupakan kebutuhan terpenting bagi pertumbuhan tanaman. Kebutuhan air tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu topografi, hidrologi, iklim dan struktur. Pada topografi dengan kemiringan curam, air yang dibutuhkan jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan topografi lahan datar. Hal ini karena pada lahan atau topografi miring air mengalir lebih cepat menjadi aliran permukaan dan hanya sedikit yang mengalami infiltrasi.

Tekstur tanah mempengaruhi ketersediaan air tanah secara langsung. Tanah dengan tekstur kasar cenderung memiliki pori-pori makro yang banyak sehingga tanah tidak mampu menahan laju air atau mengalami infiltrasi yang sangat tinggi. Sebaliknya, dominasi partikel liat pada tanah menyebabkan laju air sangat lambat sehingga menyebabkan kehilangan air melalui aliran permukaan (*run off*). Tekstur tanah tersebut memperbaiki pori-pori partikel tanah sehingga menjamin sirkulasi air dan udara dalam tanah, mempermudah akar tanaman tumbuh dan zona sekitar akar tanaman memiliki kelembaban yang baik serta memiliki kesediaan hara yang dibutuhkan tanaman.

Struktur tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang juga berpengaruh terhadap kapasitas menahan air tanah. Struktur tanah berhubungan erat dengan porositas tanah atau kemampuan tanah dalam meneruskan ataupun menahan air dan masuknya udara. Tanah dengan struktur tanah yang baik mampu meneruskan air secara sedang sehingga tidak mudah kehilangan air dan air tetap mampu masuk ke dalam pori-pori tanah. Struktur tanah tersebut biasanya memiliki pori-pori mikro dan juga makro.

2. Memiliki kandungan unsur hara yang cukup bagi tanaman

Ketersediaan unsur hara di dalam tanah juga dipengaruhi oleh berbagai hal seperti pH tanah, kapasitas tukar kation tanah (KTK), dan tekstur tanah. Kondisi pH yang sangat masam atau alkalis beberapa unsur akan terikat atau tidak tersedia sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Kemampuan tanah dalam mempertukarkan kation dipengaruhi oleh koloid atau jerapan tanah. Semakin tinggi KTK tanah maka semakin tinggi juga kemampuan tanah tersebut dalam mengikat dan melepaskan kation sehingga lebih banyak unsur hara yg dijerap dan tersedia dalam jangka waktu yang lebih lama.

Sama halnya seperti air, ketersediaan unsur hara juga dipengaruhi oleh tekstur tanah. Hal tersebut dikarenakan partikel-partikel tanah pada tekstur tanah dapat berdampak terhadap kemampuan tanah dalam menyerap unsur hara. Tanah dengan tekstur halus akan lebih banyak atau mampu menjaga ketersediaan unsur hara dibandingkan tanah bertekstur kasar.

3. Memiliki kandungan bahan organik yang tinggi

Kandungan bahan organik pada tanah berdampak positif terhadap beberapa hal seperti kemampuan tanah dalam mempertahankan air dan unsur hara, perbaikan struktur tanah, dan sumber makanan bagi mikroorganisme yang ada di dalam tanah (Purba et al., 2021). Bahan organik di dalam tanah akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan produk berupa unsur hara mineral dan humus. Hal tersebut dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah secara langsung maupun tidak langsung. Keberadaan humus sebagai produk turunan bahan organik dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah sehingga mampu menjaga ketersediaan unsur hara.

Bahan organik tanah merupakan gudang penyimpanan energi dan nutrisi yang dapat digunakan oleh tanaman dan organisme (Simarmata, 2012).

4. Mampu melakukan siklus daur nutrisi

Tanah yang subur mampu melakukan siklus daur nutrisi. Hal tersebut berhubungan dengan kandungan bahan organik dan peran organisme yang ada di dalam tanah. Maksud daripada siklus daur nutrisi disini adalah menyediakan kembali unsur hara yang hilang baik karena diserap tanaman, pencucian, dan penguapan. Organisme tanah merombak bahan organik yang nantinya akan menghasilkan unsur hara dan humus melalui proses mineralisasi dan humifikasi. Mineralisasi bahan organik adalah proses di mana bahan organik seperti daun, ranting, dan akar tanaman diuraikan oleh mikroorganisme menjadi nutrisi yang dapat diserap oleh tanaman (Havlin, Beaton, Tisdale, Nelson, & Nelson, 2017). Humifikasi merupakan penguraian bahan organik oleh mikroorganisme menjadi senyawa organik yang lebih sederhana seperti asam amino dan asam lemak yang selanjutnya diubah menjadi senyawa humus yang lebih stabil dan sulit terurai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, Sitanala. (2009). *Konservasi Tanah Dan Air*. PT Penerbit IPB Press.
- Asril, M., Nirwanto, Y., Purba, T., Rohman, L. M. H. F., Siahaan, A. S. A., Sitorus, E., ... Mazlina. (2022). *Ilmu Tanah*. Yayasan Kita Menulis.
- Foth, H. D., & Ellis, B. G. (1997). *SOIL FERTILITY SECOND EDITION* (2nd Editio). CRC PRESS.
- Hanim, N., Khairullah, & Jufri, Y. (2021). Pemanfaatan Biochar dan Kompos Limbah Pertanian untuk Perbaikan Sifat Fisika Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Jagung Pada Lahan Kering (Utilization of Biochar and Agricultural Waste Compost to Improve Soil Physical Properties, Growth and Corn Products on Dry. *JFP Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 707–718. Retrieved from www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Harahap, R. R., Wahyuni, S., & Putri, D. R. (2021). Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Penilaian Kesehatan Tanah Pada Tanaman Jagung Dengan Metode Simple Additive Weighting Berbasis Desktop. *Journal of Science and Social Research*, 4(3), 268. <https://doi.org/10.54314/jssr.v4i3.693>
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., Nelson, W. R., & Nelson, W. L. (2017). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management Title Soil Fertility and Fertilizers*.
- Hubanks, H. L., Deenik, J. L., & Crow, S. E. (2018). Getting the Dirt on Soil Health and Management. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.10903-0>
- Jones Jr., J. B. (2012). Plant Nutrition and Soil Fertility Manual. In *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual*. <https://doi.org/10.1201/b11577>
- Kurniati, I. D., Setiawan, R., Rohmani, A., Lahdji, A., Tajally, A., Ratnaningrum, K., ... Wahab, Z. (2015). *Buku Ajar: Kesuburan Tanah dan Pemupukan*.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, Junaedi, A. S., Gunawan, B., Junairiah, ... Arsi. (2021). Tanah Dan Nutrisi Tanaman. In

Yayasan Kita Menulis (Vol. 1).

Simarmata, T. (2012). *Ekologi Biota Tanah*. PRISMA PRESS.

Solo, A., Thonak, Y., & Tungga, J. (2022). Pengaruh Perbedaan Dosis Pupuk Bokasi Terhadap Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Journal Science of Biodiversity*, 3(1), 7–13. <https://doi.org/10.32938/jsb/vol3i1pp7-13>

Sudjana, H. B. (2013). Pertanian berkelanjutan berbasis kesehatan tanah dalam mendukung ketahanan pangan. *Jurnal UNSIKA*, 11(26), 1–16.

Sutarman, & Miftakhurrohmat, A. (2019). *Kesuburan Tanah*. UMSIDA PRESS.

Taisa, R., & Kartina, R. (2022). APLIKASI BIOFERTILIZER UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI TIGA KULTIVAR BUNGA KOL BERBASIS ORGANIK. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10(2), 255–260.

Winazira, A., Ilyas, I., & Sufardi, S. (2021). Status dan Kendala Kesuburan Tanah pada Lahan Tegalan dan Kebun Campuran di Kecamatan Blang Bintang Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*.

BAB 2

HUBUNGAN TANAH, AIR, DAN TANAMAN

Oleh Rahayu Opi Anggoro

2.1 Pendahuluan

Pertumbuhan tanaman bergantung pada 2 sumber daya alam yang penting – tanah dan air. Tanah menyediakan dukungan secara mekanik dan reservoir nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Air merupakan hal yang penting untuk proses kehidupan tanaman. Pengelolaan yang efektif pada kedua sumber daya ini dalam produksi tanaman mengharuskan untuk memahami hubungan antara tanah, air, dan tanaman. Pengetahuan tentang ketersediaan air tanah dan tekstur tanah dapat mempengaruhi proses pengambilan keputusan seperti menentukan tanaman apa yang akan ditanam dan kapan akan dilakukan irigasi atau pengairan (Rogers *et al.*, 1995).

Rogers *et al.*, (1995) juga menyatakan dalam artikelnya bahwa hubungan dasar antara tanah, air, dan tanaman sangat penting bagi produsen pertanian terutama bagi pengguna irigasi yang hendak mempraktekkan pengelolaan terbaik seperti penjadwalan irigasi. Penjadwalan irigasi menentukan kapan dan berapa banyak air yang diperlukan untuk ditambahkan pada wilayah perakaran tanaman untuk meningkatkan hasil panen secara optimal.

Tanah merupakan media untuk pertumbuhan tanaman dan memasok unsur hara untuk tanaman. Pada umumnya tanah

memasok 13 dari 16 unsur hara esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, terutama tanaman pangan. Unsur hara esensial tersebut harus terus menerus tersedia dalam takaran yang seimbang. Namun demikian, hal ini tidak selalu terjadi pada semua jenis tanah (Handayanto *et al.*, 2017). Berdasarkan Asmar *et al.*, (2010), tanah merupakan sumberdaya alam yang sangat penting dalam menghasilkan bahan makanan dan serat. Produktivitas tanah dalam menghasilkan bahan makanan dan serat tersebut ditentukan oleh tingkat kesuburan dari tanah tersebut.

Menurut Handayanto *et al* (2017), tanaman tergantung pada tanah tidak hanya sebagai tempat untuk bertumpu tetapi juga sebagai pemasok unsur hara yang diperlukan untuk proses-proses fisiologi dan pembentukan struktur tanaman. Semua unsur hara yang telah diketahui sebagai unsur hara esensial untuk pertumbuhan dan produksi tanaman diperoleh dari tanah, kecuali karbon yang diperoleh dari udara melalui stomata. Hidrogen dan oksigen diperoleh dari air melalui akar tanaman. Unsur hara lainnya, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, sulfur, dan unsur hara mikro diperoleh langsung dari tanah. Oleh karena itu tanaman tergantung pada tanah untuk memperoleh unsur hara.

2.2 Tanah, Air, dan Tanaman

Wu *et al.*, (2020) menyatakan bahwa stres karena kekeringan menyebabkan kerugian yang besar pada penggunaan air tanah, pertumbuhan dan produktivitas, terutama pada daerah kering dan semi kering, perhatian harus cukup diberikan untuk hubungannya dan daun.

Tanah, air, dan tanaman merupakan 3 hal yang tidak dapat dipisahkan keberadaannya. Walaupun teknologi-teknologi terbaru dapat mengganti keberadaan tanah untuk tanaman sebagai media

tanam, tetapi keberadaan tanah tetaplah sepenting itu. Pada tanaman terdapat akar yang fungsinya untuk menyerap air dari dalam tanah. Berdasarkan Feddes dan Raats (2004) salah satu fungsi akar tanaman adalah kemampuannya untuk menghubungkan tanah dimana air dan nutrisi berada ke organ dan jaringan pada tanaman, dimana sumber-sumber tersebut digunakan. Oleh karena itu akar bertugas untuk menghubungkan lingkungan tanah ke atmosfer dengan menyediakan jalur (*pathway*) untuk aliran air dari tanah melalui tanaman ke atmosfer. Aliran yang merupakan rangkaian dari tanah menuju tanaman kemudian ke atmosfer teregulasi oleh bagian-bagian tanaman seperti stomata daun, yang dapat meregulasi transpirasi tanaman ketika berinteraksi dengan atmosfer, dan sistem perakaran tanaman seperti kedalaman, distribusi, dan aktivitas akar selayaknya bagian tanah seperti penyimpanan air tanah dan karakteristik daya konduksi hidrolik.

Menurut Field, Jackson, dan Mooney (1995) dalam Feddes dan Raats (2004), sistem perakaran tanaman menunjukkan kemampuan yang baik dalam adaptasi pada kedalaman tanah dan untuk mengubah ketersediaan air dan nutrisi serta hal-hal kimia seperti salinitas pada tanah. Respon akar pada tanah menyebabkan penyerapan air tanah dan nutrisi dan menyimpan karbon di dalam tanah. Distribusi akar dapat berubah ketika ekosistem merespon pada efek rumah kaca dan fertilisasi karbondioksida. Sebagai contoh, saat kondisi konsentrasi CO₂ di atmosfer lebih tinggi, stomata tanaman dapat mengerut untuk memberikan aliran CO₂. Transpirasi akan berkurang dan berinteraksi dengan fotosintesis yang lebih tinggi pada konsentrasi atmosfer CO₂ yang lebih tinggi pula, efisiensi penggunaan air dapat meningkat secara drastis. Berdasarkan Chaudhuri, Kirkham, dan Kanemasu (1990) dalam Feddes dan Raats (2004), peningkatan efisiensi penggunaan air akan berpotensi memberikan efek balik untuk mengubah karakteristik akar, dengan kemungkinan adanya perubahan substansi yang lebih

jauh pada air dan keseimbangan energi. Eksplorasi untuk timbal balik ini baru dimulai.

2.2.1. Air dalam Kehidupan Tanaman

Air mendominasi sebagian besar massa sel tanaman, yang dapat dilihat jika melakukan pengamatan sel tanaman dewasa menggunakan mikroskop : Setiap sel mengandung bagian besar air yang memenuhi vakuola. Pada beberapa sel sitoplasma terdiri dari hanya 5 sampai 10% dari volume sel ; sisanya adalah vakuola. Air khususnya mengganti 80 sampai 95% massa pertumbuhan jaringan tanaman. Sayur-sayuran seperti wortel dan selada mengandung 85 sampai 90% air. Tanaman berkayu yang kandungan terbanyaknya terdiri dari sel mati mempunyai kandungan air yang lebih sedikit ; kayu gubal (*sapwood*) yang berfungsi pada transport xylem mengandung 35 sampai 75% air ; dan kayu teras (*heartwood*) mengandung air yang lebih sedikit. Biji yang mengandung air 5 sampai 15%, merupakan bagian terkering dari jaringan tanaman, tetapi sebelum berkecambah biji harus menyerap air yang banyak (Taiz, 2015).

Air diketahui merupakan pelarut terbaik yang paling melimpah keberadaannya. Sebagai pelarut, air membuat medium untuk mengerakkan molekul dalam dan di antara sel serta berpengaruh besar pada struktur protein, asam nukleat, polisakarida, dan unsur sel lainnya. Air membentuk lingkungan dimana sebagian besar reaksi biokimia pada sel terjadi, dan terlibat dalam reaksi kimia penting lainnya (Taiz, 2015).

Zat cair, dalam hal ini air, tidak dapat dimampatkan. Mengartikan bahwa hukum hidrolika dapat diterapkan pada organisme karena sebagian besar terdiri dari air. Tumbuhan muda merupakan sistem hidrolika, akan terlihat saat tumbuhan layu. Bentuk normal tumbuhan akan terpelihara oleh tekanan air di dalam protoplasnya, yang mendorong dinding sel.

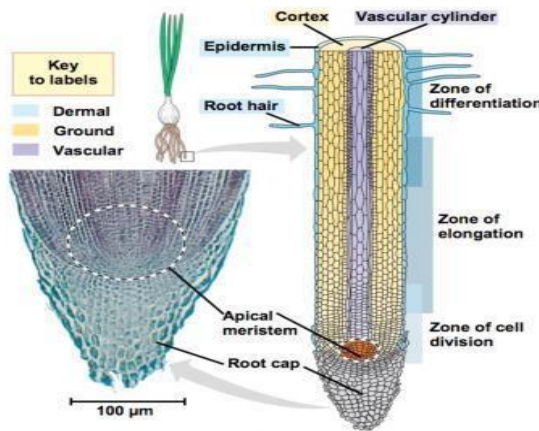
Selanjutnya, tumbuhan bertumbuh bila menyerap air sehingga semua selnya mengembang. Pada *Mimosa pudica*, daun mahkota dan daunnya membuka atau menggulung ketika air bergerak masuk atau keluar sel khusus yang terletak di dasarnya. Stomata di permukaan daun membuka ketika air masuk ke dalam sel penjaga dan menutup bila air keluar dari sel tersebut. Bahan diangkut melalui cairan yang mengalir dalam tumbuhan dan hewan (Salisbury dan Ross, 1995).

Air merupakan hal yang penting dalam pertumbuhan tanaman. Tanpa adanya air yang cukup, fungsi normal tanaman akan terganggu, tanaman lambat laun akan layu, berhenti tumbuh, dan mati. Tanaman paling rentan rusak akibat kekurangan air selama tahap pertumbuhan vegetatif dan reproduksi. Tanaman juga sangat sensitif pada kondisi garam yang berlebih (salinitas) selama proses germinasi dan tahap awal pertumbuhan. Kebanyakan air yang masuk ke dalam akar tanaman tidak menetap di tanaman. Kurang dari 1% air yang diambil oleh tanaman untuk fotosintesis (diasimilasi oleh tanaman). Sisa air bergerak menuju permukaan daun dimana akan ter evaporasi ke dalam atmosfer. Kecepatan tumbuhan menyerap air ditentukan oleh karakteristik fisiknya, atmosfer, dan kondisi lingkungan tanah. Saat air bergerak dari tanah menuju akar melalui batang ke daun ke daun dan melalui stomata daun ke udara, air berpindah dari tegangan air rendah ke tegangan yang tinggi. Ketegangan air di udara sebagian besar ditentukan oleh kelembaban relatif dan selalu lebih besar daripada ketegangan air di dalam tanah (Scherer *et al.*, 1996).

2.2.2 Penyerapan Air oleh Akar Tanaman

Berdasarkan Sunariyati dan Krestina (2022), akar memiliki 4 fungsi penting, yaitu:

- 1) Menambatkan tumbuhan ke dalam tanah.
- 2) Sebagai tempat untuk penyimpanan karbohidrat dan molekul organik lainnya.
- 3) Tempat berlangsungnya sintesis molekul penting seperti alkaloid dan beberapa hormon.
- 4) Alat untuk menyerap dan mengangkut hampir semua air dan mineral yang diambil oleh tumbuhan ke batang.



Gambar 2.1. Ilustrasi diagram hubungan antara diferensiasi jaringan akar dan penyerapan air.

Sumber: Sunariyati dan Krestina (2022)

Salah satu fungsi penting dari akar adalah untuk memasok tunas/pucuk dengan air dari tanah. Proses perpindahan air melalui akar sangat berbeda dari ion yang dalam banyak kasus melibatkan aktif pemompaan sepanjang membran plasma ke dalam sitoplasma sel. Dalam kondisi transpirasi, akar tidak mengambil air terlalu banyak karena membiarkannya melewatinya. Dengan kata lain, air tidak diambil akar secara aktif tetapi bergerak secara pasif melalui akar karena responnya terhadap potensi gradien air oleh transpirasi. Anatomi akar yang kompleks mendiktekan bahwa aliran air yang

melaluinya juga akan kompleks. Aliran ini terdeskripsi dengan baik oleh model gabungan transport yang membiarkan perbedaan dalam pergerakan melalui sel individu seperti pada melalui berbagai jaringan (Steudle *et al.*, 1993; Steudle, 1994a, b, plastic path will be partially used and the hydraulic 1997; Steudle and Frensch, 1996; Steudle and Peterson, 1998).

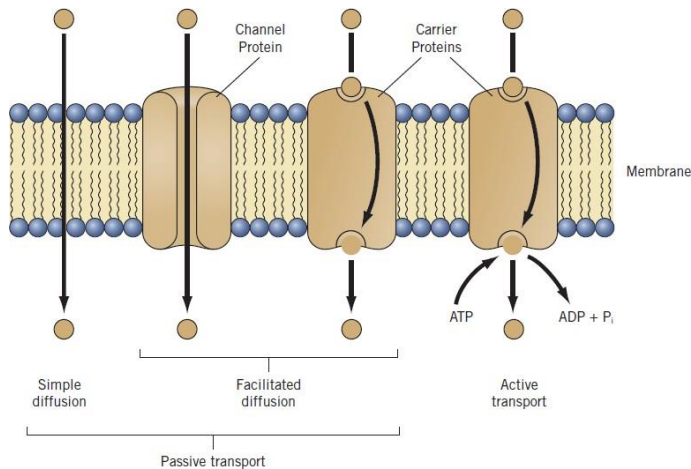
Menurut penelitian Wang, *et, al* (2015) yang menggunakan tanaman *Populus euphratica*, bibit *P. euphratica* lebih mengutamakan biomassa pada tunas mengembangkan akar tambahan dalam proses beradaptasi pada kondisi tergenang. Bibit *P. euphratica* yang berada dalam kondisi air yang lebih dalam mengutamakan lebih banyak biomassa pada akar dan menunjukkan perubahan sifat akar, dengan total panjang akar yang bertambah yang menunjukkan bahwa pohon atau tanaman yang dihadapkan dalam kondisi air yang lebih dalam akan cenderung meningkatkan panjang akar untuk memperoleh lebih banyak air. Lebih jauh lagi, sistem perakaran pada spesies ini berkembang sangat berbeda tergantung pada kondisi tanah tempatnya tumbuh, bahkan pada kondisi kedalaman air yang sama penggunaan air oleh tanaman akan bergantung pada kedalaman perakaran dan derajat percabangan akar. Penelitian tersebut mengindikasikan bahwa bibit *P. euphratica* mampu beradaptasi dalam jangka waktu yang cukup lama pada berbagai kondisi hidrologi tipe sedimen yang berbeda. Alokasi plastisitas dan plastisitas akar memberikan keuntungan yang signifikan bagi pertumbuhan bibit spesies pohon dataran banjir gurun ini, dan dampak ini kemungkinan besar akan mengoptimalkan pertumbuhan sebagai akibat dari peningkatan peluang hidup dan keberhasilan rekrutmen di ekosistem tepi sungai.

2.2.3 Tanah Sebagai Reservoir Nutrisi

Tanah sangat bervariasi dalam hal komposisi, struktur dan suplai nutrisi. Terutama penting dari perspektif nutrisi adalah partikel tanah anorganik dan organik yang disebut koloid. Koloid tanah mempertahankan nutrisi untuk dilepaskan ke dalam larutan tanah di mana tersedia untuk diserap oleh akar. Beberapa karakteristik tanah telah dijelaskan sebelumnya pada pembahasan penyerapan air oleh akar. Dimana disebutkan bahwa komponen mineral tanah sebagian besar terdiri dari pasir, debu, dan liat, yang dibedakan berdasarkan ukuran partikel. Diskusi lebih lanjut tentang kimia tanah sekarang diperlukan untuk memahami bagaimana nutrisi tersedia untuk larutan tanah dan bagaimana diserap oleh tumbuhan (Sunariyati dan Krestina, 2022).

Dalam penyerapannya oleh tanaman, nutrisi dan mineral harus masuk ke dalam akar melewati membran plasma sel akar. Mulai dari situ dapat diangkut melalui *symplast* ke bagian dalam akar dan nantinya menemukan jalur menuju ke semua bagian tanaman. Nutrisi yang diserap oleh akar merupakan masalah sel yang mendasar, diatur oleh kaidah transpor membran. Transpor membran pada dasarnya merupakan hal yang abstrak. Karenanya, para peneliti mengukur pergerakan larutan berdasarkan berbagai membran alami dan buatan dalam berbagai kondisi. Cara yang digunakan untuk mencoba menjelaskan pola pergerakan ini dapat memahami komposisi dan struktur membran. Dikarenakan pemahaman tentang struktur membran berubah-ubah seiring pertambahan tahun, begitu pula metode yang digunakan untuk menjelaskan bagaimana larutan melewati membran-membran tersebut. Namun terdapat 3 konsep dasar yaitu difusi sederhana, difusi terfasilitasi, dan transport aktif yang tetap, karena telah terbukti secara khusus sangat berguna dalam mengkategorikan dan menjelaskan pengamatan eksperimen. Ketiga konsep ini sekarang membentuk konsep dasar pada transport semua

membran semua organisme (Hopkins, 2009). Ketiganya dijelaskan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pertukaran ion dan larutan melalui membran memungkinkan keterlibatan konsep difusi sederhana, difusi terfasilitasi, dan transpor aktif.

Sumber : Hopkins (2009)

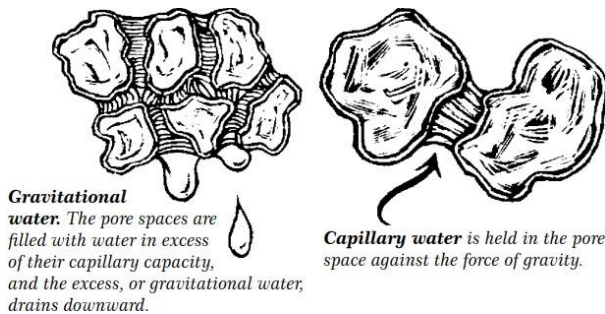
Hubungan tanah dan tumbuhan secara progresif dapat ditingkatkan atau ditekan yang menyebabkan adanya timbal balik. Dengan demikian tumbuhan dapat mengubah kondisi tanah di sekitarnya yang dapat memberikan hasil yang positif atau negatif pada kemampuan tanaman sehingga mengakibatkan perubahan lebih lanjut pada kondisi tanah (Ehrenfeld *et al.*, 2005, Van der Putten *et al.*, ; Navarro-Perea *et al*, 2022). Timbal balik antara tumbuhan dan tanah mempunyai implikasi terhadap dinamika ekosistem seperti perluasan area terbuka atau kemunduran komunitas tumbuhan (Bardgett and Wardle, 2010 ; Navarro-Perea *et al*, 2022).

2.2.4 Interaksi Antara Air Dan Tanah

Tanah merupakan media yang menyimpan dan menggerakkan air. Jika satu kaki kubik lapisan atas tanah dipisahkan

menjadi beberapa komponen, sekitar 45% volumenya akan berupa bahan mineral (partikel tanah), sisa bahan organik akan menempati sekitar 5% volume dan sisanya adalah ruang pori. Ruang pori merupakan rongga antar partikel tanah dan diisi oleh udara atau air. Kuantitas dan ukuran dari ruang pori ditentukan oleh tekstur, kepadatan, dan struktur tanah (Scherer *et al.*, 1996).

Scherer *et al.*, (1996) juga mengatakan bahwa air tertahan dalam tanah dengan 2 cara yaitu sebagai lapisan tipis di bagian luar partikel tanah dan di dalam ruang pori. Air tanah dalam ruang pori dapat terbagi menjadi 2 bentuk yang berbeda yaitu air gravitasi (*gravitational water*) dan air kapiler (*capillary water*) yang tervisualisasikan dalam gambar 2.3.



Gambar 2.3. Air gravitasi (*gravitational water*) dan air kapiler (*capillary water*)

Sumber: Scherer *et al.*, (1996)

Air gravitasi umumnya bergerak dengan cepat ke arah bawah dalam tanah dikarenakan adanya tekanan gravitasi. Sedangkan air kapiler merupakan hal yang paling penting untuk produksi tanaman karena kondisinya yang tertahan oleh partikel tanah melawan tekanan gravitasi. Karena saat air meresap ke dalam tanah, ruang pori-pori terisi air. Saat pori-porinya penuh, air bergerak ke dalam tanah melalui tekanan gravitasi dan kapiler. Pergerakan air terus berlanjut ke bawah hingga tercapai

keseimbangan antara gaya kapiler dan gaya gravitasi (Scherer *et al.*, (1996).

DAFTAR PUSTAKA

- Asmar, A., Saidi, A., & Masliyunas, M. (2010). Hubungan Kesuburan Tanah dengan Produktivitas Tanaman. *Jurnal Solum*, 7(1), 27-36.
- Feddes, R. A., & Raats, P. A. C. (2004). Parameterizing the soil-water-plant root system. *Unsaturated-zone modeling: progress, challenges and applications*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 95-141.
- Handayanto, E., Muddarisna, N., & Fiqri, A. (2017). *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Universitas Brawijaya Press.
- Hopkins, G. W. (2009). *Introduction to plant physiology*. John wiley & sons, Inc..
- Navarro-Perea, M., Pueyo, Y., Moret, D., & Alados, C. L. (2022). Direct and indirect plant-soil interactions in a semi-arid Mediterranean shrubland (NE Spain). *Journal of Arid Environments*, 205, 104804.
- Richards, L. (1965). Physical condition of water in soil. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling*, 9, 128-152.
- Rogers, D. H., Black, R. D., & Sothers, W. M. (1995). Soil, water and plant relationships. *Kansas State University. Cooperative Extension Service (USA)*.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). Fisiologi tumbuhan.
- Scherer, T. F., Seelig, B., & Franzen, D. (1996). Soil, water and plant characteristics important to irrigation.
- Steudle, E., & Peterson, C. A. (1998). *How does water get through roots?*. *Journal of experimental Botany*, 49(322), 775-788.
- Sunariyati, S. & Krestina, W. (2022). Bahan Ajar Fisiologi Tumbuhan. Penerbit Alpha Neutron Indonesia.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (No. Ed. 6). Sinauer Associates Incorporated.
- Wang, L., Zhao, C., Li, J., Liu, Z., & Wang, J. (2015). Root plasticity of *Populus euphratica* seedlings in response to different water

table depths and contrasting sediment types. *PLoS One*, 10(3), e0118691.

Wu, X., Xu, Y., Shi, J., Zuo, Q., Zhang, T., Wang, L., ... & Ben-Gal, A. (2021). Estimating stomatal conductance and evapotranspiration of winter wheat using a soil-plant water relations-based stress index. *Agricultural and Forest Meteorology*, 303, 108393.

BAB 3

NITROGEN DI DALAM TANAH

Oleh Didi Carsidi

3.1 Pendahuluan

Setiap sel dalam tanaman mengandung nitrogen. Nitrogen memiliki peran penting dalam tanah sebagai penyusun protein, hormon, klorofil, vitamin, dan enzim yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Munawar, 2011). Nitrogen adalah unsur ketujuh yang paling melimpah di semesta. Ini adalah satu-satunya elemen paling umum di bumi atmosfer, terdiri dari sekitar 78% (4.000 triliun ton) gas yang membentuk atmosfer kita. Nitrogen ditemukan di semua tanah dan dibutuhkan oleh semua makhluk hidup. Pada tanaman, nitrogen adalah nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah terbesar. Ini adalah konstituen utama molekul organik kritis seperti asam amino, asam nukleat, dan protein (Walworth, 2013)

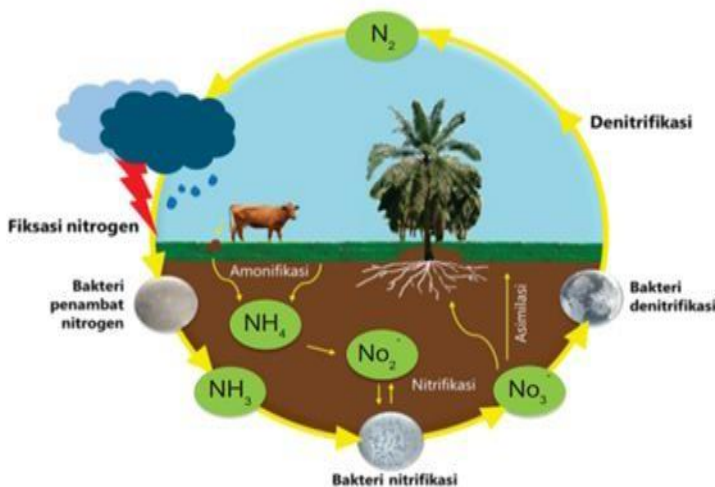
Di atmosfer, bentuk utama nitrogen adalah gas dinitrogen (N_2), yang relatif lembam dan harus diubah menjadi bentuk yang berbeda untuk digunakan oleh sebagian besar organisme. Ada beberapa jalan untuk proses konversi ini, kolektif disebut fiksasi nitrogen, di mana N_2 gas dikonversi menjadi amonium (NH_4^+). Sejumlah kecil nitrat (NO_3^-) adalah dihasilkan oleh listrik bertegangan tinggi yang dilepaskan di atmosfer selama badai petir (Walworth, 2013).

3.2 Sumber N dalam Tanah

Konsentrasi 78% N_2 di atmosfer berbentuk yang tidak dapat diserap langsung oleh tanaman karena ikatan rangkap tiganya yang

sangat kuat, sekitar 2% dari total nitrogen dalam tanah berasal dari atmosfer. Agar tanaman dapat menggunakan N_2 atmosfer, itu harus diubah menjadi bentuk yang dapat diakses oleh mereka. Ada berbagai metode untuk mengubah N_2 atmosfer menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan tanaman, antara lain (Munawar, 2011):

1. Penambatan N oleh bakteri *Rhizobium* dan jasad renik lain secara simbiosis pada akar tanaman legum dan bukan legum.
2. Penambatan N oleh jasad renik hidup bebas dan yang hidup pada berbagai daun tanaman.
3. Penambatan N lewat petir
4. Penambatan sebagai amoniak, NO_3^- , atau CN_2^- melalui



Bottom of biocrust

proses industri pupuk nitrogen.

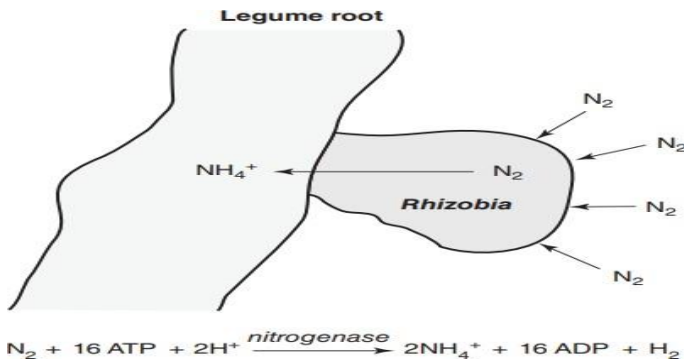
Gambar 1. Siklus Nitrogen di Alam. (Sumber: (Sapalina et al., 2022) dan (Shafreen et al., 2021))

)

3.2.1 Fiksasi Nitrogen oleh Bakteri Simbiosis

Proses mengubah gas N_2 atmosfer menjadi bentuk yang dapat digunakan tanaman, seperti NH_4^+ atau NO_3^- , dikenal sebagai fiksasi N (Penambatan) (Munawar, 2011). Produksi biologis amonium melibatkan bakteri tertentu. Sebagian besar fiksasi nitrogen biologis dikaitkan dengan mikroorganisme yang hidup berdampingan dengan tanaman (hijau) yang lebih tinggi daripada bakteri tanah yang hidup bebas. Bakteri *Rhizobium*, yang ditemukan di akar tanaman kacang-kacangan (keluarga kacang-kacangan) seperti semanggi, alfalfa, buncis, dan kacang polong, adalah contoh yang terkenal, tetapi ada juga pasangan simbiosis pengikat nitrogen lainnya (Walworth, 2013).

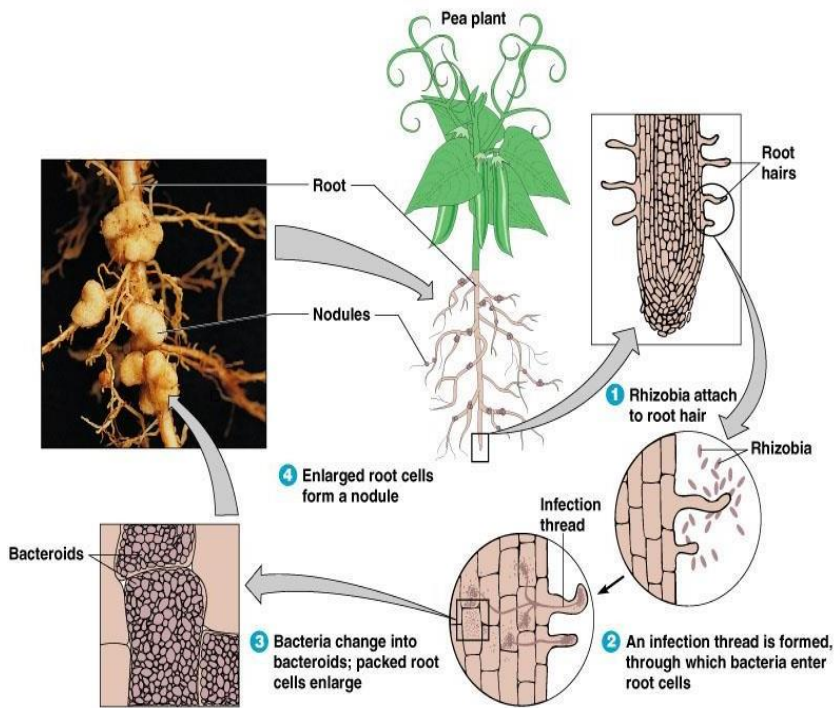
Legum, bakteri non-legume yang tidak berbintil, mikroba yang hidup bebas, alga yang berasosiasi dengan tumbuhan, dan alga biru-hijau adalah beberapa kategori mikroba pengikat N yang berbeda. Proses reduksi N_2 menjadi $2NH_3$ dengan bantuan mikroorganisme khusus dikenal sebagai Fiksasi N Biologis (BNF), dan dilakukan oleh sekitar 90 genera diazotrof. Beberapa dari organisme ini hidup berdampingan secara dekat dengan tumbuhan lain dan memberikan manfaat bagi mereka, sementara organisme lainnya hidup secara mandiri. Namun, beberapa organisme ini telah mengembangkan hubungan simbiosis kompleks dengan tanaman di mana tanaman menyerap N_2 yang diikat oleh bakteri sebagai ganti sumber energi (karbon). Hubungan simbiosis ini dikenal sebagai "rhizobia" dan terbentuk di bintil akar tanaman tahunan dan kacang-kacangan tahunan seperti *Alnus* dan *Casuarina*. Mereka juga terbentuk pada bintil akar tanaman non-kacang-kacangan seperti *Alnus* dan *Casuarina* oleh Frankian actinomycetes. Hewan seperti rayap dan ruminansia menciptakan hubungan simbiosis dengan pemecah N_2 (Shafreen et al., 2021).



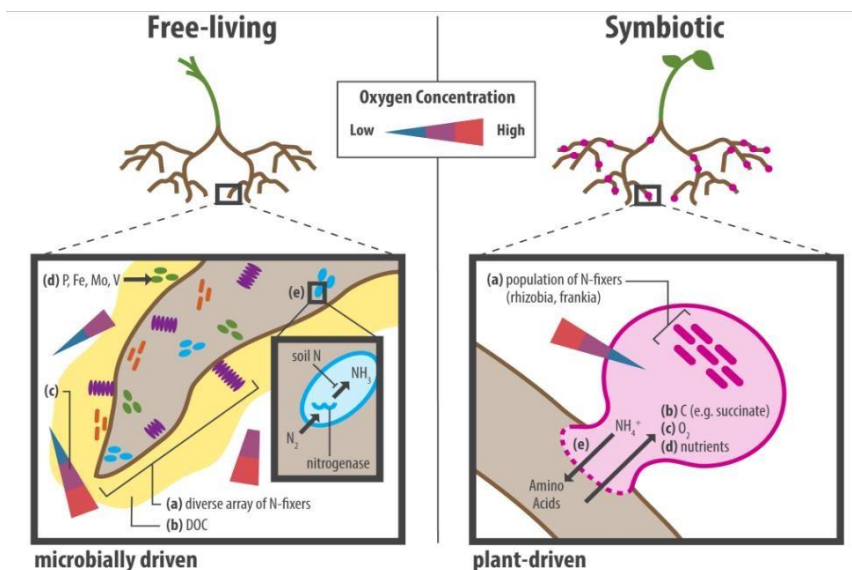
Gambar 2. Konversi N_2 menjadi NH_4^+ oleh rhizobia di dalam tanaman polong-polongan bintil akar. Sumber : (Havlin et al., 2017).

Mekanisme pembentukan nodul pada akar tanaman legume

1. Bakteri *Rhizobium* menyerang atau mendekati rambut akar.
2. Benang infeksi terbentuk, melalui dimana bakteri memasuki sel akar.
3. Bakteri berubah menjadi bakteroid ; sel-sel akar yang padat membesar.
4. Sel-sel akar yang membesar membentuk nodul (bintil).



Gambar 3. Mekanisme pembentukan nodul pada akar tanaman Legume.



Gambar 4. Skema mekanisme penambatan nitrogen oleh bakteri penambat nitrogen simbiosis dan non-simbiosis. Sumber: (Smercina et al., 2019).

Tabel 1. Perbedaan bakteri fiksasi nitrogen simbiosis dan non-simbiosis

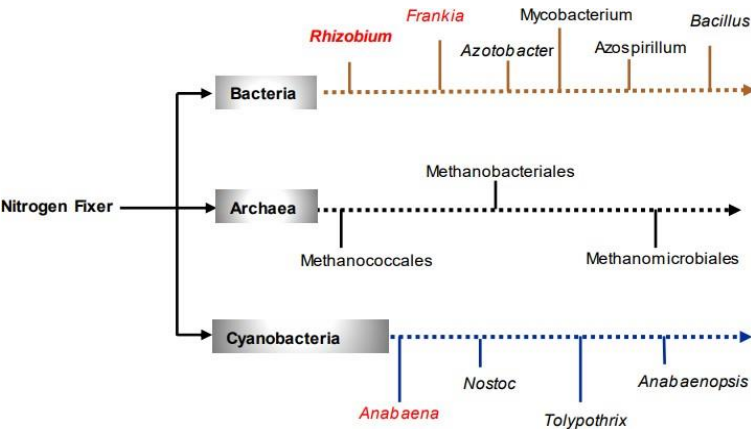
No	Bakteri fiksasi nitrogen simbiosis	Bakteri fiksasi nitrogen non-simbiosis
1	Saling terhubung dengan tanaman	Tidak terhubung langsung dengan tumbuhan
2	Menghasilkan nitrogen anorganik untuk tanaman inangnya	Menghasilkan nitrogen anorganik dan melepaskannya ke dalam tanah
3	Sebagian besar bersifat aerobik	Sebagian besar spesies bersifat anaerobik
4	Memperoleh energi dari tanaman inang	Memperoleh energi dari organisme atau sumber lain

5	Contohnya adalah spesies Rhizobium	Contohnya adalah Azotobacter, Azospirillum, Granulobacter dan lainnya
---	------------------------------------	---

Sumber : (Sapalina et al., 2022)

3.2.2 Fiksasi Nitrogen oleh Bakteri Hidup Bebas

Sejumlah bakteri tanah yang hidup bebas dapat menambat N_2 tidak secara simbiosis, meskipun sumbangannya ke tanah pertanian kurang signifikan, jauh lebih rendah dibandingkan dengan yang secara simbiosis.



Gambar 5. Tiga kelompok organisme pengikat nitrogen mencakup beberapa genera utama. Dalam warna merah : genera termasuk spesies pengikat nitrogen simbiosis ; dalam warna hitam : ordo atau genera (dalam huruf miring) termasuk hidup bebas spesies pengikat nitrogen. Sumber : (Soumare et al., 2020).

3.2.3 Fiksasi Nitrogen dari Atmosfer

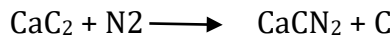
Fiksasi nitrogen dari atmosfer meliputi nitrogen yang difiksasi melalui oksidasi nitrogen secara elektrik oleh peristiwa

petir dan polusi dari buangan industri, kemudian terbawa ke tanah melewati hujan atau bentuk jatuhan lain atmosfer, seperti salju. Jumlah N yang di fiksasi ke tanah melewati mekanisme ini kecil sekitar 5 kg sampai 15 kg/ha/tahun (Munawar, 2011).

3.2.4 Fiksasi di Pabrik Pupuk

Fiksasi buatan adalah istilah lain untuk fiksasi nitrogen dengan prosedur komersial di perusahaan pupuk nitrogen. Sumber nitrogen yang paling penting sebagai pupuk bagi tanaman adalah fiksasi industri ini. Menurut Munawar (2011), ada tiga cara untuk menghasilkan nitrogen melalui proses industri :

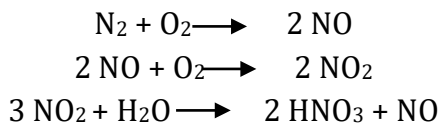
1. Proses Sianamida



Dalam metode ini, kalsium karbida dilewatkan melalui gas N pada 100 OC. Penyemprotan bahan ini dilakukan 4-6 minggu sebelum tanam karena CaCN_2 mempunyai efek merugikan bagi tanaman bila digunakan di lapangan. Herbisida adalah aplikasi lain untuk zat ini.

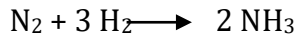
2. Proses Busur

Proses Busur yang dibuat dalam elektromagnet digunakan dalam metode ini untuk meningkatkan kontak dengan gas ketika unsur nitrogen dan oksigen dilewatkan melaluinya. Sambaran petir merupakan sumber nitrogen dalam air hujan, dan proses ini juga terjadi di alam. Reaksi terhadap proses busur adalah :

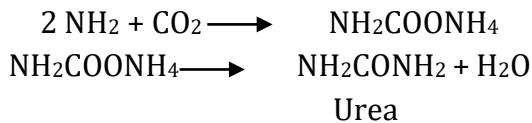


3. Proses Haber-Bosch

Hidrogen (H_2) dan gas N_2 sekitar (atmosfer) bereaksi menghasilkan amonia dalam reaksi ini. Berikut reaksi mendasarnya :



Proses ini menggunakan N_2 di atmosfer dan gas hidrogen alam. Gas NH_3 yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk (NH_3 anhidrat) secara langsung atau sebagai bahan baku sintesis pupuk nitrogen lainnya, seperti pupuk amonium fosfat, urea, dan amonium nitrat. Berikut ini adalah prosedur dasar pembuatan pupuk urea :

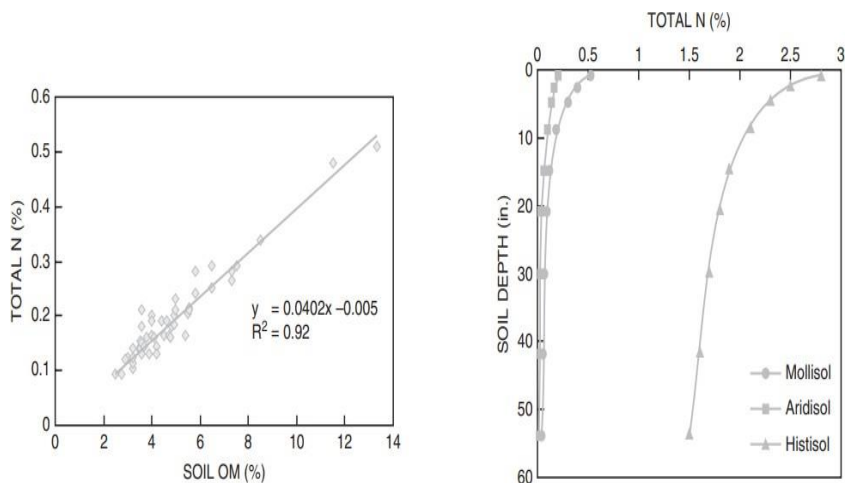




Gambar 6. Urea (Sumber : <https://kampung-media.com/petani-mulai-keluhkan-harga-pupuk-bersubsidi-tidak-sesuai-het>)

3.3 Bentuk-Bentuk Nitrogen Tanah

Kandungan N total tanah berkisar antara 0,02–0,5% pada tanah mineral, dan meningkat seiring dengan adanya bahan organik tanah. Pada tanah organik, kandungan N total bisa mencapai 72,5%. Jumlah N kandungannya menurun seiring dengan kedalaman tanah. Total N tanah terdapat sebagai N anorganik atau organik, dimana kurang lebih 95% dari total N di tanah permukaan adalah N organik (Havlin et al., 2017).



Gambar 7. Pengaruh Bahan Organik / Organik material (OM) Tanah terhadap Kandungan N Total Tanah dan Distribusi relatif kandungan N total dengan kedalaman tanah pada ordo tanah terpilih. Sumber : (Havlin et al., 2017).

3.3.1 Senyawa Nitrogen Anorganik

Amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), dan urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) adalah tiga tipe dasar pupuk N anorganik. Teori pertukaran ion berdampak pada seberapa efektif pupuk anorganik. Koloid tanah yang bermuatan negatif (tanah liat dan bahan organik) menyerap NH_4^+ -N yang bermuatan positif karena muatan positifnya, sehingga mencegah pencucian. Pada tanah bertekstur berpasir, pencucian NO_3^- -N yang bermuatan negatif sangatlah signifikan (Hofman G., 2004).

3.3.2 Senyawa Nitrogen Organik

Selain pupuk anorganik, penggunaan N organik melalui hewani pupuk kandang, lumpur atau produk sekunder lain yang mengandung N cukup penting, khususnya di negara-negara dengan peternakan sapi, unggas, dan babi yang intensif. Sumber N organik dapat menjadi pupuk N yang sangat penting di negara-negara dengan N organik mengembangkan pertanian, terutama ketika pupuk anorganik tidak tersedia atau tidak terjangkau.

Pupuk organik dapat berasal dari tanaman atau hewan atau campuran keduanya. Namun sebagian besar berasal dari kotoran dan urin hewan ternak. Itu ada sebagai kotoran ternak atau kandang, urin atau bubur serta kompos. Karena ini komposisinya tidak konstan dan karena bahan tanaman (menangkap atau menutupi tanaman, kacang-kacangan) sering ditambahkan yang baru dipotong (pupuk hijau) ke dalam tanah, unsur hara tanaman tersedia untuk panen berikutnya berkisar dari kurang dari 20 persen hingga lebih

dari 50 persen persen dari apa yang diterapkan. Kacang-kacangan dan pupuk kandang dapat mengeluarkan jumlah yang cukup besar N dalam waktu yang agak singkat. Namun, sekitar 50 persen dari total jumlah N dalam bubur kotoran ada di bawah NH_4^+ bentuk, yang akan menjadi menguap sampai batas tertentu, tergantung pada prosedur aplikasi. Lainnya sumber N organik, seperti pupuk kandang dan beberapa kompos, melepaskan N-nya perlahan, menghindari serapan berlebihan dan mengurangi potensi kerugian akibat pencucian dan denitrifikasi. Di sisi lain, pelepasan N dari bahan organik dimasukkan material selanjutnya dapat terjadi setelah tanaman dipanen, dengan mineralisasi N rentan terhadap pencucian (Hofman G., 2004).

3.4 Transportasi dan Ketersediaan Nitrogen Tanah

Memasok NH_4^+ secukupnya dan NO_3^- untuk memenuhi kebutuhan pabrik tergantung pada jumlah N yang termineralisasi dari N organik tanah dan sisanya disediakan melalui pupuk atau aplikasi N organik. Jumlah N tersedia tanaman yang dilepaskan dari N organik bergantung pada banyak faktor yang mempengaruhi mineralisasi N, imobilisasi, dan hilangnya NH_4^+ dan NO_3^- dari tanah (Havlin et al., 2017).

3.4.1 N Mineralisasi dan Imobilisasi

Mineralisasi N adalah konversi N organik menjadi NH_4^+ Melalui dua reaksi, aminisasi dan amonifikasi. Mineralisasi terjadi melalui aktivitas mikroorganisme heterotrofik yang membutuhkan C organik untuk energi. Bakteri heterotrofik mendominasi pemecahan protein secara netral dan lingkungan basa, dengan beberapa keterlibatan jamur, sementara jamur mendominasi tanah masam. Produk akhir dari kegiatan suatu kelompok menjadi landasan bagi selanjutnya dan seterusnya hingga bahan terurai.

Step 1. Aminization

$$\text{Proteins} \xrightarrow[\text{Bacteria, Fungi}]{\text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{R}-\text{C}-\text{COOH} \\ | \\ \text{H} \end{array} + \text{R}-\text{NH}_2 + \begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{NH}_2 \end{array} + \text{CO}_2 + \text{energy}$$

Amino Acids
Amines
Urea

Step 2. Ammonification

$$\text{R}-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\hspace{1cm}} \text{NH}_3 + \text{R}-\text{OH} + \text{energy}$$

$$\text{NH}_3 \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$$

Imobilisasi adalah proses dimana molekul N organik (asam amino dan protein) dan N anorganik (NH_4^+ , NH_3 , dan NO_3^-) berubah bentuk (konversi). Karena imobilisasi ini merupakan kebalikan dari mineralisasi, tanaman tidak dapat mengakses bentuk nitrogen yang dimobilisasi. Tanaman mungkin mengalami kekurangan N akibat persaingan mikroba dengan akar tanaman untuk mendapatkan NH_4^+ dan NO_3^- selama imobilisasi. Jika rasio C/N bahan organik lebih besar dari 30 maka akan terjadi imobilisasi. Batang jagung, serbuk gergaji, daun kering, dan jerami padi merupakan beberapa contoh limbah tanaman dengan rasio C/N yang tinggi. Imobilisasi dan mineralisasi akan seimbang pada rasio C/N sedang yaitu 20 hingga 30, sedangkan mineralisasi akan berlangsung pada rasio C/N rendah yaitu 20. Rasio C/N sisa tanaman polong-polongan, seperti kedelai

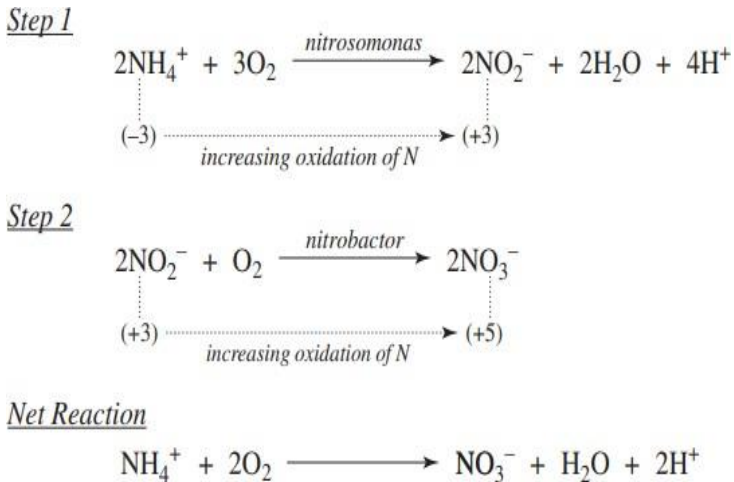
dan kacang tanah, tergolong rendah. (Munawar, 2011).

Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kualitas fisik, kimia, dan biologi media tanam dengan meningkatkan kandungan C-organiknya. Adanya C-organik pada media tanam akan merangsang aktivitas mikroorganisme, mempercepat penguraian media serta reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan mikroorganisme, seperti melarutkan P dan memfiksasi N sehingga menjadikan media subur dan mendukung pertumbuhan. Karena karbon merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme, keberadaannya dalam media tumbuh juga akan meningkatkan dekomposisi media tanaman. Rasio C/N yang rendah menunjukkan bahwa media tanam mempunyai kandungan N yang tinggi dan mudah terurai sehingga memungkinkan tanaman dapat mensuplai N dengan cepat. hal sebaliknya berlaku untuk media pertumbuhan dengan C/N tinggi (Carsidi, 2021).

3.4.2 Nitrifikasi

Ion amonium yang di bebaskan dari mineralisasi bahan organik ke dalam tanah dalam kondisi aerobik dengan pH 6,6 atau lebih tinggi akan dioksidasi oleh bakteri kemoautotrof menjadi nitrat. Reaksi ini disebut dengan nitrifikasi, yang berlangsung melalui dua tahap, yaitu tahap oksidasi dari amonium (NH_4^+) menjadi nitrit (NO_2^-) dan dari nitrit menjadi nitrat (NO_3^-) (Munawar, 2011).

Nitrosomonas dan Nitrobacter adalah bakteri kemoautotrofik yang memperolehnya energi dari oksidasi N dan C dari CO₂. Bakteri autotrofik lainnya (Nitrosolobus, Nitrospira, dan Nitrosovibrio), dan beberapa bakteri heterotrofik, bisa mengoksidasi



NH₄⁺ dan senyawa N tereduksi lainnya.

Gambar 9. Tahap reaksi Nitrifikasi. Sumber: (Havlin et al., 2017)

Sumber NH₄⁺ dapat dari mineralisasi N atau pupuk N atau pupuk kandang yang mengandung atau membentuk NH₄⁺. Laju reaksi nitrifikasi di drainase yang baik tanah adalah NO₂⁻ → NO₃⁻ >> NH₄⁺ NO₂⁻. Akibatnya, NO₂⁻ umumnya begitu tidak terakumulasi di tanah, yang merupakan suatu keberuntungan karena NO₂⁻ beracun bagi akar tanaman. Kedua reaksi tersebut memerlukan molekul O₂; dengan demikian, nitrifikasi terjadi dengan cepat pada tanah yang memiliki aerasi yang baik. Reaksi juga menunjukkan nitrifikasi satu mol NH₄⁺ menghasilkan dua mol H⁺. Meningkatkan keasaman tanah dengan nitrifikasi adalah hal yang alami proses, meskipun pengasaman tanah dipercepat dengan penerapan terus menerus NH₄⁺ mengandung atau NH₄⁺ membentuk pupuk. Sejak NO₃⁻ dengan

mudah diproduksi, sangat mobile dan rentan terhadap kerugian pelindian. Faktor pemahaman mempengaruhi nitrifikasi dalam tanah akan meningkatkan praktik pengelolaan yang meminimalkan pencucian NO_3^- (Havlin et al., 2017).

3.4.3 Fiksasi Amonium

Beberapa mineral lempung, khususnya vermikulit dan mika, mempunyai kapasitas untuk mengikat NH_4^+ dengan menukar anion dalam kisi mineral lempung yang membesar dengan kation. Namun, kation yang memperluas kisi (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , dan H^+) dapat menggantikan NH_4^+ , namun kation yang menyempitkan kisi (K^+) tidak dapat. Komponen penting dalam memperbaiki penambahan NH_4 adalah campuran tanah liat kasar (0,2-2 mm) dan lanau halus (2-5 mm). Tanah lempung yang didominasi mika dengan fiksasi NH_4^- tinggi memiliki fiksasi ekstra NH_4^+ yang signifikan, yang meningkat seiring dengan kekeringan tanah. Nitrifikasi penambahan NH_4^+ kemungkinan akan semakin cepat karena meningkatnya kelembapan. Aplikasi siaran mengalami fiksasi NH_4^- yang lebih besar sebagai akibat dari peningkatan interaksi antara tanah dan pupuk (Munawar, 2011).

3.5 Kehilangan Nitrogen Tanah

Hilangnya N dalam jumlah besar dari tanah disebabkan oleh pemindahan tanaman dan pencucian; Namun, dalam kondisi tertentu, N anorganik dapat diubah menjadi gas dan hilang ke atmosfer. Jalur utama hilangnya gas N adalah denitrifikasi dan volatilisasi NH_3 .

3.5.1 Denitrifikasi

Ketika tanah tergenang air, O_2 dikeluarkan dan terjadi kondisi anaerobik. Beberapa organisme anaerobik memperoleh O_2 dari NO_2^-

dan NO_3^- , dengan disertai pelepasan N_2 dan N_2O . Meskipun ada beberapa kemungkinan mekanisme, jalur biokimia yang paling mungkin terjadinya denitrifikasi adalah:

GASEOUS LOSSES OF N FROM SOILS		
Form of N Lost	Source of N	General Reaction
N_2 and N_2O	Denitrification of NO_3^-	$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \uparrow \rightarrow \text{N}_2 \uparrow$
	Nitrification of NH_4^+	$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ ↓ N_2O
	Reactions of NO_2^- with:	
	NH_4^+	$\text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+ \rightarrow \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
	Amino acids	$\text{NO}_2^- + \text{NH}_2\text{R} \rightarrow \text{N}_2 \uparrow + \text{R-OH} + \text{OH}^-$
	Lignin	$\text{NO}_2^- + \text{lignin} \rightarrow \text{N}_2 \uparrow + \text{N}_2\text{O} \uparrow + \text{CH}_3\text{ONO}$
NH_3	Decomposition of NO_2^-	
	H^+	$3\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{NO} + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$
	Fe^{+2}	$\text{NO}_2^- + \text{Fe}^{+2} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{+3} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
	Mn^{+2}	$\text{NO}_2^- + \text{Mn}^{+2} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{+3} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
NH_3	Fertilizers	
	anhydrous NH_3	$\text{NH}_3 \text{ (liquid)} \rightarrow \text{NH}_3 \text{ (gas)}$
	urea	$(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2$
	NH_4^+ salts	$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} \text{ (pH} > 7\text{)}$
	Residue decomposition	$\text{Organic N} \rightarrow \text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 \uparrow$

Gambar 10. Kehilangan gas nitrogen dari tanah. Sumber: (Havlin et al., 2017)

3.5.1 Pelindihan NO_3^-

Kompleks adsorpsi tanah tidak dapat menyerap nitrogen dalam bentuk NO_3^- karena sangat larut dalam air. Karena kelebihan air yang dikeluarkan dari dalam tanah, air tersebut mudah hilang melalui pencucian dan dapat mencemari air tanah. Oleh karena itu, denitrifikasi dapat membantu mencegah NO_3^- mencemari air dalam beberapa kasus (Munawar, 2011).

3.5.2 Volatilisasi NH_3

NH_3 merupakan produk alami dari mineralisasi N yang hanya sedikit yang tervolatilisasi dibandingkan dengan volatilisasi NH_3 dari pupuk N dan pupuk kandang yang diaplikasikan pada

permukaan (Havlin et al., 2017). Volatilisasi dapat terjadi saat NH_3 dapat diaplikasikan pada tanah kapur yang mengandung CaCO_3 untuk menghasilkan endapan amonium karbonat $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$ dan kalsium, atau dapat menguap pada pH tinggi (>7) dan suhu tinggi. (Munawar, 2011).

DAFTAR PUSTAKA

- Carsidi, D. (2021). *Pertumbuhan, Hasil dan Mutu Buah Melon pada Beberapa Volume Pemberian Air dan Media Tumbuh Menggunakan Sistem Irigasi Tetes* (Doctoral dissertation, Universitas Jenderal Soedirman).
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., Nelson, W. R., & Nelson, W. L. (2017). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management Title Soil Fertility and Fertilizers*.
- Hofman G., O. V. C. (2004). Soil and Plant Nitrogen. First version. *IFA, Paris, France, January 2004*, 31.
- Munawar, A. 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. PT. IPB Press. Hal 1-240.
- Sapalina, F., Noviandi Ginting, E., & Hidayat, F. (2022). Bakteri Penambat Nitrogen Sebagai Agen Biofertilizer. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 41–50. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v27i1.80>
- Shafreen, M., Vishwakarma, K., Shrivastava, N., & Kumar, N. (2021). *Physiology and Distribution of Nitrogen in Soils*. May, 3–31. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71206-8_1
- Smercina, D. N., Evans, S. E., Friesen, M. L., & Tiemann, L. K. (2019). To fix or not to fix: Controls on free-living nitrogen fixation in the rhizosphere. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(6). <https://doi.org/10.1128/AEM.02546-18>
- Walworth, J. (2013). Nitrogen in Soil and the Environment. *The University of Arizona*, 2(January), 3–5.

BAB 4

Kalsium, Magnesium dan Sulfur dalam Tanah

Oleh Syamsu Alam

4.1 Pendahuluan

Kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan Belerang (S) merupakan unsur hara esensial makro yang penting setelah nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang dibutuhkan oleh sebagian besar tanaman yang diserap dari tanah dalam jumlah yang relatif besar. K, Ca dan Mg diambil sebagai kation, sedangkan N, P dan S diambil sebagai anion, kecuali untuk pengambilan sebagian N sebagai NH_4^+ . Secara umum, muatan total kation yang diambil kira-kira sama dengan muatan anion, kecuali jika NH_4^+ melimpah. Kebutuhan Ca untuk banyak spesies tanaman lebih besar dibandingkan P, sedangkan S dan Mg dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang hampir sama dengan P. Ca, Mg, dan S disebut juga sebagai unsur hara esensial makro sekunder karena umumnya diserap dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan N, P, dan K yang dikenal sebagai unsur hara esensial makro primer. Meskipun demikian, jumlah Ca, Mg, dan S yang diserap ini masih jauh lebih besar dibandingkan unsur hara esensial mikro seperti Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cl, Mo, Ni atau unsur bermanfaat (*beneficial elements*) lainnya seperti Co, Na, Si, Se, V (Havlin *et al.*, 2016).

Sebagai unsur hara esensial makro sekunder, ketiga unsur ini (Ca, Mg, dan S) di dalam tanah memiliki peranan yang penting dalam memelihara kesuburan tanah, khususnya mempertahankan reaksi tanah yang netral. Reaksi tanah yang netral ini penting dalam mengoptimalkan ketersediaan unsur hara dalam tanah agar tersedia

dan dapat diserap tanaman. Ini juga penting dalam memperbaiki efisiensi pupuk dan pemupukan. Ca dan Mg sering juga disebut sebagai unsur kapur, keduanya (Ca dan Mg) merupakan bahan penyusun dolomit ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ atau $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) yang sering digunakan sebagai bahan pengapuran tanah pertanian untuk menetralkan pH tanah yang masam. Sementara itu, S sering disebut sebagai unsur belerang yang digunakan sebagai bahan pembelerangan untuk menetralkan pH tanah yang basa/alkalis.

Kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) adalah elemen kelima dan kedelapan yang paling melimpah di kerak bumi. Reaksi Ca^{+2} dan Mg^{+2} dalam tanah umumnya berasosiasi dengan fraksi mineral tanah dan berperilaku serupa dengan K^+ . Ca adalah komponen penting dari dinding sel tanaman, sementara Mg adalah komponen utama klorofil. Kedua unsur tersebut mengalami reaksi yang hampir serupa di sebagian besar tanah dan tidak selalu dipertimbangkan secara eksplisit dalam program rekomendasi pemupukan. Salah satu alasan mengapa keduanya tidak dimasukkan dalam program pemupukan adalah karena Ca dan Mg ditambahkan ke dalam tanah sebagai unsur tambahan dalam banyak pupuk dan bahan pengapuran (Senbayram *et al.*, 2015).

Meningkatnya penggunaan pupuk amonium fosfat bebas Ca dan berkurangnya penggunaan bahan pengapuran mengakibatkan meningkatnya kejadian defisiensi Ca dalam tanah. Demikian pula, peningkatan kejadian defisiensi Mg disebabkan oleh penurunan penggunaan dan berkurangnya konsentrasi Mg dalam pupuk. Selain itu, percepatan pengasaman tanah yang disebabkan oleh praktik pengelolaan pertanian modern ikut memperparah defisiensi Ca dan Mg dalam tanah. Terutama di daerah tropis, defisiensi Ca dan Mg di lahan pertanian juga sangat dipengaruhi oleh pelindian yang intensif yang berdampak pada kesuburan tanah yang rendah (Mazur and

Mazur, 2015). Secara umum, defisiensi magnesium lebih sering terjadi dibandingkan defisiensi Ca, namun lebih jarang terjadi dibandingkan defisiensi K (Foth and Ellis, 1997).

Sementara belerang/sulfur (S) menempati urutan ketujuhbelas elemen yang paling melimpah di kerak bumi yang sebanding dengan P. Reaksi S dalam tanah sangat mirip dengan reaksi N, yang didominasi oleh transformasi bahan organik atau mikrobia tanah. Di tanah, S ada dalam bentuk anorganik dan organik. Sulfat yang merupakan sumber S langsung bagi tanaman, menyumbang hingga 5% dari total S tanah, umumnya lebih dari 95% S tanah terikat secara organik. S organik dibagi menjadi ester sulfat dan S berikatan karbon (Blum *et al.*, 2013). Meskipun tidak tersedia langsung bagi tanaman, S yang terikat secara organik berpotensi berkontribusi pada pasokan S tanaman, terutama dalam situasi defisiensi.

4.2 Unsur Hara Calcium (Ca)

Rata-rata kandungan Ca pada lapisan kerak bumi sekitar 3,6 %. Ca dalam tanah secara alami berasal dari pelapukan mineral-mineral batuan sebagai bahan induk tanah. Contoh mineral yang mengandung Ca diantaranya dari kelompok Feldspar seperti Anortit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), kelompok Piroksen seperti Augit ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_6$), kelompok Amfibol ($(\text{Ca}_2\text{Mg}_5)\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$), Ca-sulfur, Ca-fosfat, Ca-karbonat. Kalsium sulfur terutama terdapat pada mineral Gypsum (CaSO_4). Kalsium karbonat terutama terdapat pada tanah-tanah berkapur dalam bentuk kalsit (CaCO_3) dan dolomit ($\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$). Kalsium fosfat juga terdapat dalam tanah yang berasal dari berbagai bentuk mineral apatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH},\text{F},\text{Cl})_2$). Selain mineral, bahan organik juga memiliki kandungan Ca meskipun dalam jumlah kecil karena sebagian besar terlindi, dan sebagian lainnya mengalami

mineralisasi selama perombakan bahan tersebut (Bolan *et al.*, 2004; Al-Obaidi and Syan, 2022; Nikolaou *et al.*, 2023).

Kandungan Ca di dalam tanah beragam tergantung pada faktor bahan induk, iklim, serta pengelolaannya. Tanah-tanah masam di tropika basah mengandung 0,1-0,3 % Ca, sedangkan pada tanah kapur pada iklim kering mengandung lebih dari 25 % Ca. Tanah-tanah muda yang berasal dari batu kapur kaya akan Ca, namun seiring perkembangan tanahnya dapat mempunyai kandungan Ca rendah karena pencucian yang tinggi. Tanah-tanah tua yang telah mengalami pelapukan lanjut umumnya rendah akan Ca. Pada kondisi yang lebih kering, kandungan Ca yang tinggi pada *topsoil* dapat terjadi dalam bentuk akumulasi gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Messmer *et al.*, 2014).

Kalsium diserap oleh tanaman dalam bentuk ion Ca^{2+} . Ion Ca^{2+} bergerak menuju ke akar tanaman melalui proses aliran massa dan intersepsi akar. Oleh karena itu, diperlukan pertumbuhan akar terus menerus agar pengambilan Ca mencukupi kebutuhan. Ca^{2+} adalah kation dominan yang dapat ditukar di sebagian besar tanah terutama yang memiliki KTK tinggi ($>16 \text{ cmolc kg}^{-1}$). Dalam tanah Ca tertukar membentuk keseimbangan dengan Ca^{2+} dalam larutan dan buffer Ca yang dapat ditukar berubah dalam larutan Ca karena kehilangan oleh penyerapan dan pencucian oleh tanaman. Pelapukan mineral melepaskan sumber Ca secara terus-menerus untuk memasok kembali Ca yang dapat ditukar dan Ca larutan. Ca pada kompleks jerapan (Ca-dd) akan menyuplai kembali Ca pada larutan tanah sehingga tersedia bagi tanaman. Jarang terjadi kekurangan Ca bagi tanaman, karena jumlah total dan ketersediaan Ca yang banyak di dalam tanah dibandingkan dengan kebutuhan tanaman. Sebaliknya, jumlah K tertukar jauh lebih sedikit dibandingkan Ca, sedangkan tanaman membutuhkan lebih banyak K dibandingkan Ca. Secara umum, mungkin terdapat sepuluh kali lebih banyak Ca^{2+} dibandingkan K^+ dalam larutan tanah, namun tanaman mengakumulasi K lebih

banyak daripada Ca. Oleh karena itu, meskipun sebagian besar tanah menyediakan Ca dalam jumlah yang cukup untuk tanaman, K sering kali perlu ditambahkan dalam bentuk pupuk.

Penurunan jumlah Ca tersedia dalam tanah terjadi seiring dengan meningkatnya keasaman tanah. Namun, sebelum Ca rendah sehingga menyebabkan kekurangan Ca pada tanaman, kapur biasanya digunakan. Pengapuran meningkatkan pH tanah dan meningkatkan Ca. Tanpa adanya pengapuran dan pelapukan serta pencucian yang terus menerus, beberapa tanah yang mengalami pelapukan intensif akan memiliki kandungan Ca yang terlalu rendah untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Tanah-tanah ini cenderung memiliki pH kurang dari 5 dan tempat pertukaran kation hampir 100 % jenuh Al. Dalam kondisi ini, pertumbuhan akan dibatasi oleh defisiensi atau toksisitas beberapa unsur hara selain Ca. Selain itu, tanah-tanah serpentine yang umum berkembang dari batuan ultrabasa memiliki ketidakseimbangan Mg yang sangat tinggi dibandingkan Ca, sehingga sangat memungkinkan terjadinya defisiensi Ca pada tanah-tanah ini.

Pada kondisi larutan tanah mengandung Ca sangat rendah, maka intersepsi dan difusi akar memainkan peran penting dalam penyerapan Ca dan penipisan Ca terjadi di dekat akar. Sementara itu, Ca yang digunakan oleh tanaman tidak mengalami translokasi, sehingga tanaman harus menyerap Ca selama tahap reproduksi. Akibatnya, defisiensi Ca pertama-tama terlihat pada penurunan pertumbuhan jaringan meristematik, seperti ujung tumbuh dan daun termuda.

Adapun gejala Defisiensi Ca pada tanaman antara lain terhambatnya pertumbuhan ujung akar dan pucuk daun. Unsur Ca tidak mobil dalam tanaman sehingga gejala defisiensi muncul pada daun muda. Pinggiran daun yang baru tumbuh menyatu dengan daun lainnya. Sementara itu, tepi daun yang telah

berkembang mengeriting dan menjadi coklat. Pada fase generatif kualitas buah menurun dan sering menimbulkan busuk (Kowalska *et al.*, 2021).

Defisiensi Ca dalam tanah perlu dihindari. Defisiensi berkepanjangan akan menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Sebagai unsur hara esensial, Ca Penting dalam translokasi karbohidrat dan hara. Ca juga berperan penting dalam proses perkecambahan biji dan fotosintesis. Selain itu, Ca juga terlibat dalam pengaturan sejumlah proses metabolisme, termasuk respon tanaman terhadap lingkungan dan zat pengatur tumbuh. Ca diperlukan dalam proses pembentukan atau pembelahan sel-sel baru, pemanjangan sel dan menjaga struktur membran di dalam tanaman (Bhindhu and Sureshkumar, 2021). Sementara itu, di dalam tanah Ca juga berperan sebagai bahan penyemen, pemantap struktur dan stabilitas agregat tanah. pH tanah yang tinggi dan persentase Ca^{2+} cenderung membentuk Ca-humat yang memberikan warna gelap pada tanah-tanah berkapur.

Adapun jenis-jenis kapur yang umum digunakan untuk menetralkan pH tanah pada lahan pertanian diantaranya:

Kapur oksida (CaO) atau dikenal juga kapur tohor/kapur sirih merupakan hasil pembakaran atau pemanasan dari batu kapur mentah kalsium karbonat (CaCO_3) pada suhu diatas 825°C .

Reaksinya: $\text{CaCO}_3 (s) \rightleftharpoons \text{CaO} (s) + \text{CO}_2 (g)$

Kapur hidroksida (Ca(OH)_2) atau kapur hidrat atau lebih dikenal dengan kapur tembok ini adalah jenis kapur yang diperoleh dari reaksi antara kapur oksida (CaO) yang disiram dengan air.

Reaksinya: $\text{CaO} (s) + 2\text{H}_2\text{O} (l) \rightleftharpoons \text{Ca(OH)}_2 (aq)$

Kapur karbonat atau kapur mentah, diperoleh dari penggilingan batu kapur tanpa proses pemanasan. Bahan

penyusun dari kapur karbonat ini adalah batu kapur gunung (*limestone*) dan kulit kerang(*seashells*).

Kapur karbonat mempunyai 2 jenis yaitu Kalsit/kalsium karbonat (CaCO_3) dan Dolomit/kalsium-magnesium karbonat ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Kalsit dalam struktur kimianya lebih banyak didominasi oleh unsur Ca, dan sedikit sekali unsur Mg, sedangkan dolomit selain memiliki Ca yang tinggi juga mengandung Mg yang cukup tinggi.

Dari ke tiga jenis kapur tersebut, Dolomit dan Kalsit termasuk jenis yang lebih banyak digunakan oleh petani, sehingga keduanya lebih dikenal sebagai kapur pertanian (KAPTAN). Keduanya memiliki beberapa kelebihan seperti memiliki pengaruh yang lebih lama, kecepatan reaksinya lambat, mudah diperolehnya dan tidak menimbulkan residu.

Upaya pengelolaan Ca dalam tanah, selain aplikasinya dalam bentuk pengapuran, juga dapat diaplikasikan menggunakan pupuk yang mengandung Ca. Adapun jenis pupuk mengandung Ca yang relatif tinggi antara lain cangkang (telur, kerang, atau tiram), gipsum, abu kayu, tepung tulang, dan kalsium nitrat.

4.3 Unsur Hara Magnesium (Mg)

Rata-rata kandungan Mg menempati 1,9 % lapisan kerak bumi. Jumlah Mg di kerak bumi ini lebih rendah dibandingkan Ca dan K. Mg dalam tanah berasal dari pelapukan mineral (primer) batuan seperti biotit ($(\text{H,K})_2(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$), hornblende (CaMg metasilicate), serpentin ($\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), dan olivine ($(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$). Selain itu, Mg juga dijumpai pada mineral (sekunder) liat seperti klorit ($\text{M}_5\text{-6}(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$), ilit ($(\text{K,H})\text{Al}_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{2-x}\text{H}_2\text{O}$), montmorilonit ($(\text{Ca,Na,H})(\text{Al,Mg,Fe,Zn})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_{2-x}\text{H}_2\text{O}$), dan vermikulit ($\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6]_n[\text{Mg,Fe}]_3(\text{Si}_4\text{-n,Al}_n)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$). Mineral-mineral ini mudah

terkikis. Magnesium adalah komponen struktural dari beberapa mineral liat tipe 2:1, termasuk montmorillonit yang memiliki ketahanan yang jauh lebih besar terhadap pelapukan. Akibatnya, jumlah Mg dalam mineral tahan pelapukan, dibandingkan dengan Mg yang dapat ditukar, jauh lebih sedikit dibandingkan Ca dan K.

Seperti Ca dan K, kadar Mg dalam tanah cukup bervariasi, kira-kira 4 % pada tanah bertekstur halus di daerah kering terutama yang bahan induknya banyak mengandung Mg, dan pada tanah bertekstur kasar bisa hanya 0,1 %. Bahan organik juga mengandung Mg meskipun relatif kecil karena sebagian besar Mg dapat terlindi, dan sebagian yang lain mengalami mineralisasi selama perombakan bahan tersebut (Yan and Hou, 2018; Liu *et al.*, 2021).

Magnesium (Mg) merupakan salah satu unsur hara esensial makro sekunder yang diperlukan tanaman dalam jumlah relatif banyak (lebih sedikit dari N dan K, umumnya $Mg < Ca$) (Zhang *et al.*, 2021). Seperti halnya unsur hara Ca, Mg di dalam tanah 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 (kation divalen) Mg^{2+} . Ion Mg^{2+} bergerak menuju ke akar tanaman melalui aliran massa dan intersepsi akar. Mekanisme pengangkutan Mg di dalam jaringan tanaman hampir sama dengan Ca, yaitu bergerak bersama aliran air transpirasi. Perbedaannya adalah Mg lebih mobil di dalam floem, sehingga dapat ditranslokasikan. Umumnya, kandungan Mg pada daun tua lebih tinggi dibandingkan pada daun muda. Dengan demikian, jika terjadi defisiensi Mg maka daun tertua atau terbawah akan menguning lebih dulu (Bolan *et al.*, 2004).

Unsur hara Mg memiliki banyak peran dan manfaat, terutama sebagai komponen penyusun klorofil. Selain itu, juga berperan penting pada hampir seluruh metabolisme tanaman termasuk sintesis protein. Di dalam sistem enzim, Mg juga sebagai ko-faktor yang aktif di dalam proses fosforilasi, sebagai jembatan

antara struktur pirofosfat pada ATP atau ADP dengan molekul enzim (Yan and Hou, 2018).

Pelapukan mineral akan membebaskan Mg ke larutan tanah yang ada di sekitar mineral tersebut. Mg yang dibebaskan dapat hilang bersama air perkolasi, diserap oleh organisme hidup, terperap pada kompleks jerapan oleh mineral liat, atau diendapkan kembali sebagai mineral sekunder (Rogers *et al.*, 2019).

Ion magnesium yang dilepaskan dalam pelapukan kurang kuat teradsorpsi pada tanah liat dan bahan organik tanah dibandingkan Ca dan lebih teradsorpsi dibandingkan K. Magnesium membentuk 10 hingga 20 % ion yang dapat ditukar dalam tanah. Magnesium biasanya cukup untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman selama kehilangan akibat pencucian minimal. Mg dalam mineral liat 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 bervariasi, sedangkan konsentrasi Mg-dd dalam tanah umumnya lebih rendah dari Ca-dd (Ertiftik and Zengin, 2016).

Ketika tanah menjadi lebih lapuk dan asam, pencucian menghilangkan Mg secara relatif lebih cepat dibandingkan Ca. Akibatnya defisiensi Mg lebih sering terjadi pada tanaman dibandingkan defisiensi Ca. Oleh karena itu, apabila terjadi kekurangan Mg untuk tanaman pada tanah masam, maka kapur dolomit direkomendasikan karena lebih ekonomis.

Secara umum jumlah Mg dalam larutan kira-kira sama dengan 1 sampai 10 % dari Mg yang dapat ditukar. Pada sebagian besar tanah yang mengalami pelapukan minimal dan sedang, aliran massa memindahkan Mg dalam jumlah yang cukup ke permukaan akar untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Meskipun demikian, terdapat beberapa factor lain yang mempengaruhi ketersediaan Mg antara lain (Łukowiak *et al.*, 2016):

1) Jumlah Mg dalam tanah: Tanah bertekstur halus memiliki kandungan Mg yang lebih tinggi dibandingkan tanah bertekstur kasar (terutama di daerah tropika basah).

2) Kemasaman tanah (pH): Ketersediaan Mg berkurang pada pH rendah karena adanya Al^{3+} dalam larutan menghambat penyerapan Mg^{2+} .

3) Keberadaan kation lain: Apabila kandungan Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ tinggi maka dapat mengganggu penyerapan Mg^{2+} .

4) Kejenuhan Mg: diperlukan kejenuhan $\text{Mg}^{2+} > 10 \%$ agar mencukupi tanaman.

5) Tipe liat.

Defisiensi magnesium paling sering terjadi pada tanah masam bertekstur kasar yang memiliki kandungan liat rendah, KTK rendah, dan potensi pencucian tinggi. Kalium menekan serapan Mg; jadi defisiensi Mg juga mungkin terjadi ketika K melebihi Mg pada kompleks pertukaran. Dengan demikian, tingkat kelembaban yang lebih tinggi di dalam tanah membuat tanaman lebih sulit memperoleh Mg dibandingkan dengan K. Unsur Mg tergolong mobil dalam tanaman sehingga gejala defisiensi muncul pada daun tua. Adapun gejala-gejala kekurangan hara Mg antara lain: Daun mengalami khlorosis interveinal dimana daun menguning pada daerah antartulang daun tua. Selain itu, pada tepi daun tampak keriting, tetapi sisi bawah dan pucuk daun tetap berwarna hijau. Pada kahat yang semakin berat, daun muda menjadi kuning, dan akan menjadi nekrotik pada kahat sangat berat (Wadu *et al.*, 2013).

4.4 Unsur Hara Sulfur (S)

Unsur hara sulfur (S) termasuk unsur hara esensial makro sekunder yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang hampir sama banyaknya dengan unsur P. Meskipun jumlah yang diperlukan cukup banyak, namun penambahan S secara

khusus ke dalam tanah relatif jarang dilakukan. Hal ini disebabkan karena selama ini secara tidak langsung pemberian S sudah sering dilakukan bersamaan dengan pemberian pupuk hara makro primer baik berupa pupuk sumber P seperti TSP, maupun sebagai pupuk sumber N seperti pupuk ZA dan Amonium Sulfat. Selain itu, kebutuhan tanaman akan S secara alami dapat dipenuhi dari adanya pasokan dari atmosfer yang terbawa oleh air hujan. Unsur hara S bagi tanaman berperan sebagai penyusun penting protein tanaman (sebagai asam amino sistin, metionin, sistein), beberapa hormon tanaman, vitamin (tiamin dan biotin), enzim proteolitik. Selain itu, unsur S juga dibutuhkan untuk perkembangan bintil akar tanaman legum termasuk fiksasi N nya. Unsur S juga memiliki pengaruh dalam proses pembentukan klorofil dan sintesis karbohidrat (Scherer, 2009).

Sumber hara S umumnya diperoleh dari pelapukan mineral, gas S di atmosfer dan bahan organik. Mineral yang mengandung hara ini antara lain: Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Anhidrat (MgSO_4), Epsomit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Mirabilit (Na_2SO_4), Pirit (FeS_2), dan Galena (PbS).

Bentuk S yang ditambahkan ke atmosfer antara lain SO_2 , SO_4 , H_2S , S, dimetil sulfida (DMS), dan sulfida organik lainnya. Sumber S yang dilepaskan ke atmosfer berasal dari bahan alami dan buatan pabrik. Aktivitas vulkanik melepaskan sejumlah besar (65 % dari total) S sebagai SO_2 , H_2S , dan SO_4^{2-} . Tanah menyumbang sekitar sepertiga S. Lahan basah dilaporkan melepaskan DMS dalam jumlah besar ke atmosfer. Lautan juga merupakan sumber S dalam jumlah besar (24 % dari total) yang dilepaskan ke atmosfer, sebagian besar dalam bentuk DMS. Gas S di atmosfer berasal aktivitas industri yang menggunakan bahan bakar berbasis S, akan melepaskan sulfur

dioksida ke udara, selanjutnya akan jatuh ke tanah bersama dengan air hujan.

Bentuk S di dalam tanah berada baik dalam bentuk inorganik maupun organik. Lebih dari 90% total S pada horizon A tanah berada dalam bentuk organik (Pias *et al.*, 2019).

1. Sulfur Inorganik:

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

2. Sulfur Organik antara lain (Eriksen, 2009):

- a) Sulfat-S Ester: Sulfur ini tidak terikat oleh atom C, namun dalam bentuk ester sulfat dan eter, menyusun rata-rata 50 % total S organik.
- b) S terikat langsung atom karbon: Sulfur yang terikat langsung pada atom. Contoh: asam amino sistein dan metionin yang menyusun 10-20 % total S organik.

- c) S Residual: Kelompok S yang tidak masuk 2 kategori di atas, menyusun 30-40 % total S organik tanah dan termasuk S yang memiliki sifat stabil.

Bentuk S yang ditambahkan ke atmosfer antara lain SO_2 , SO_4 , H_2S , S_0 , dimetil sulfida (DMS), dan sulfida organik lainnya. Sumber S yang dilepaskan ke atmosfer berasal dari bahan alami dan buatan pabrik. Aktivitas vulkanik melepaskan 65 % dari total S sebagai SO_2 , H_2S , dan SO_4^{2-} . Tanah menyumbang sekitar sepertiga S. Lahan basah dilaporkan melepaskan DMS dalam jumlah besar ke atmosfer. Lautan juga merupakan sumber S yang besar (24 % dari total) yang dilepaskan ke atmosfer, sebagian besar dalam bentuk DMS.

Sulfat larut, SO_4^{2-} , merupakan ion anorganik utama dalam larutan tanah yang dberaerasi baik. Jika larutan tanah mengandung sulfat S sebesar 3 sampai 5 mg/L, maka dianggap cukup untuk pertumbuhan tanaman. Tanaman akan memanfaatkan sulfat, yang mencapai akar melalui aliran massa, difusi, atau keduanya. Secara umum, aliran massa akan menjadi mekanisme utama jika terdapat lebih dari 5 mg/L S dalam larutan.

Sulfat dalam larutan tanah juga berada dalam kesetimbangan cepat dengan SO_4^{2-} yang teradsorpsi dalam tanah. Oksida hidro Al dan Fe, serta Al yang terekspos dari tepi mineral lempung, merupakan tempat utama adsorpsi sulfat. Adsorpsinya sangat bergantung pada pH, adsorpsi terbesar ditemukan pada tanah sangat asam. Adsorpsi pada tanah tertentu menurun dengan cepat seiring dengan peningkatan pH dari 4 menjadi 7. Jumlah SO_4^{2-} yang teradsorpsi biasanya lebih besar di lapisan subsoil dibandingkan di topsoil karena kandungan mineral lempung dan oksida hidrat Fe dan Al yang lebih besar di lapisan subsoil.

Proses alih rupa selama siklus S dalam tanah dapat berupa *mineralisasi – immobilisasi, adsorpsi – desorpsi, dan kehilangan S*.

Mineralisasi S merupakan konversi S organik menjadi sulfat anorganik, sedangkan immobilisasi merupakan kebalikan dari proses tersebut. Reaksi keseimbangan antara mineralisasi dan imobilisasi ditentukan oleh nisbah C:S (apabila $C:S < 200:1$ = Mineralisasi; sedangkan jika $C:S > 400:1$ = Immobilisasi).

Adsorpsi (jerapan) dan desorpsi (pelepasan). Kegiatan ini berhubungan dengan mekanisme penyediaan S dalam larutan tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas jerapan diantaranya: pH tanah, kandungan bahan organik, kapasitas pertukaran anion dan komposisi mineral liat.

Kehilangan Sulfur Tanah: sulfur dalam tanah dapat hilang melalui erosi tanah, pencucian, ataupun penguapan (*Volatilisasi*). Senyawa S volatil dihasilkan melalui transformasi mikrobial pada kondisi aerob dan anaerob, namun jumlahnya relatif tidak signifikan (hanya sebesar 0,05 % dari total S yang ada dalam tanah) (Eriksen, 2009).

Unsur S tergolong tidak mobil dalam tanaman sehingga apabila terjadi defisiensi maka gejalanya akan muncul pada daun muda. Gejala defisiensi S pada tanaman umumnya menyerupai N, perbedaannya terletak pada daun tua masih hijau tetapi daun muda sudah berwarna kuning pucat (Blum *et al.*, 2013).

4.5 Pengelolaan hara Ca, Mg dan S

Kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan sulfur (S) merupakan unsur hara sekunder yang penting bagi tanaman. Biasanya pupuk ini tidak diberikan secara langsung tetapi dikombinasikan dengan unsur hara makro primer N, P, dan K sebagai unsur pupuk. Aplikasi pupuk hara makro sekunder umumnya diberikan sebagai bahan pembenah tanah seperti kapur dan gipsum.

Kalsium terutama diaplikasikan dalam bentuk kalsium nitrat (CaNO_3), gypsum/kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) atau kapur/dolomit (kalsium karbonat). Kieserite ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) adalah mineral magnesium sulfat yang ditambang dan juga digunakan sebagai pupuk di bidang pertanian, terutama untuk memperbaiki kekurangan magnesium. Selain itu, aplikasi dalam bentuk magnesium sulfat/Epsom salt ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) juga umum diberikan.

Belerang sering ditambahkan ke pupuk N seperti amonium nitrat (NH_4NO_3) atau urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$). Berbagai bahan dapat digunakan untuk memperbaiki kekurangan S, termasuk amonium sulfat (0-21-0) atau superfosfat (0-20~0). Sumber belerang lainnya adalah superfosfat triple/TSP ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), kalium sulfat/SOP (K_2SO_4). Kainite ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) dan kalium magnesium sulfat ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$), yang terakhir juga mengandung magnesium.

Berbagai hasil penelitian melaporkan pemberian bahan pembenah tanah tersebut dapat memperbaiki kesuburan tanah (pH, menurunkan kemasaman tanah), meningkatkan penetrasi air, memperbaiki struktur tanah, dan memberikan kondisi yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan akar tanaman (Agbenin and Yakubu, 2006).

DAFTAR PUSTAKA

- Agbenin, J. O. and Yakubu, S. (2006) 'Potassium-calcium and potassium-magnesium exchange equilibria in an acid savanna soil from northern Nigeria', *Geoderma*, 136(3-4), pp. 542–554. doi: 10.1016/j.geoderma.2006.04.008.
- Al-Obaidi, M. a. J. and Syan, C. M. H. (2022) 'Binary exchange of calcium, magnesium, potassium and sodium in calcareous soils in Kurdistan region of Iraq', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1120(1). doi: 10.1088/1755-1315/1120/1/012016.
- Bhindhu, P. S. and Sureshkumar, P. (2021) 'Availability indices of calcium and magnesium in soils of kerala', *Journal of Tropical Agriculture*, 59(1), pp. 38–44.
- Blum, S. C. *et al.* (2013) 'Sulfur forms in organic substrates affecting S mineralization in soil', *Geoderma*, 200-201, pp. 156– 164. doi: 10.1016/j.geoderma.2013.02.003.
- Bolan, N. S., Loganathan, P. and Saggar, S. (2004) 'Calcium and Magnesium in Soils', *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 4, pp. 149–154. doi: 10.1016/B0-12-348530-4/00223-X.
- Eriksen, J. (2009) 'Chapter 2 Soil Sulfur Cycling in Temperate Agricultural Systems', *Advances in Agronomy*, 102(09), pp. 55– 89. doi: 10.1016/S0065-2113(09)01002-5.
- Ertiftik, H. and Zengin, M. (2016) 'Response of sunflower to potassium and magnesium fertilizers in calcerous soils in central Anatolia of Turkey', *Journal of Plant Nutrition*, 39(12), pp. 1734– 1744. doi: 10.1080/01904167.2016.1187741.

- Foth, H. D. and Ellis, B. G.. (1997) 'Soil Fertility', CRC Press, Taylor & Francis Ltd. 305p.
- Havlin, J. L., *et al.* (2016) 'Soil Fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management', *Pearson India Education Services*. 529p.
- Kowalska, J. B. *et al.* (2021) 'Does calcium carbonate influence clay mineral transformation in soils developed from slope deposits in Southern Poland?', *Journal of Soils and Sediments*, 21(1), pp. 257–280. doi: 10.1007/s11368-020-02764-3.
- Liu, Z. *et al.* (2021) 'Magnesium Fertilization Affected Rice Yields in Magnesium Sufficient Soil in Heilongjiang Province, Northeast China', *Frontiers in Plant Science*, 12(May), pp. 1–10. doi: 10.3389/fpls.2021.645806.
- Łukowiak, R., Grzebisz, W. and Barłóg, P. (2016) 'Magnesium management in the soil-crop system - A crop rotation approach', *Plant, Soil and Environment*, pp. 395–401. doi: 10.17221/390/2016-PSE.
- Mazur, Z. and Mazur, T. (2015) 'Influence of long-term fertilization on phosphorus, potassium, magnesium, and sulfur content in soil', *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1), pp. 185–190. doi: 10.15244/pjoes/29203.
- Messmer, T., Elsenbeer, H. and Wilcke, W. (2014) 'High exchangeable calcium concentrations in soils on Barro Colorado Island, Panama', *Geoderma*, 217-218, pp. 212–224. doi: 10.1016/j.geoderma.2013.10.021.
- Nikolaou, C. N. *et al.* (2023) 'Calcium- and Magnesium-Enriched Organic Fertilizer and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Affect Soil Nutrient Availability, Plant Nutrient Uptake, and Secondary Metabolite Production in Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) Grown under Field Conditions', *Agronomy*, 13(2). doi: 10.3390/agronomy13020482.

- Pias, O. H. D. C. *et al.* (2019) 'Crop yield responses to sulfur fertilization in brazilian no-till soils: A systematic review', *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 43, pp. 1–21. doi: 10.1590/18069657rbcs20180078.
- Rogers, C. W., Dari, B. and Schroeder, K. L. (2019) 'Comparison of Soil-Test Extractants for Potassium, Calcium, Magnesium, Sulfur, and Micronutrients in Idaho Soils', *Agrosystems, Geosciences and Environment*, 2(1), pp. 1–9. doi: 10.2134/age2019.08.0067.
- Scherer, H. W. (2009) 'Sulfur in Soils', *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(3), pp. 326–335. doi: 10.1002/jpln.200900037.
- Senbayram, M. *et al.* (2015) 'Role of magnesium fertilisers in agriculture: Plant-soil continuum', *Crop and Pasture Science*, 66(12), pp. 1219–1229. doi: 10.1071/CP15104.
- Wadu, M. C. W. M. *et al.* (2013) 'Exchangeable Calcium/Magnesium Ratio Affects Phosphorus Behavior in Calcareous Soils', *Soil Science Society of America Journal*, 77(6), pp. 2004–2013. doi: 10.2136/sssaj2012.0102.
- Yan, B. and Hou, Y. (2018) 'Effect of Soil Magnesium on Plants: A Review', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 170(2). doi: 10.1088/1755-1315/170/2/022168.
- Zhang, Q. *et al.* (2021) 'Plant Availability of Magnesium in Typical Tea Plantation Soils', *Frontiers in Plant Science*, 12(August), pp. 1–9. doi: 10.3389/fpls.2021.641501.

BAB 5

EVALUASI DAN KESUBURAN TANAH

Oleh Nani Kitti Sihalo

Evaluasi kesuburan tanah menjadi bagian penting dalam budidaya tanaman untuk mendapatkan gambaran tentang status kesuburan dan daya dukung lahan bagi pencapaian produksi yang diinginkan. Metode evaluasi status hara yang bisa dipakai antara lain :

1. Metode pengamatan gejala defisiensi hara pada tanaman
2. Metode uji biologi
3. Metode uji tanah
4. Metode uji tanaman

5.1 Metode Pengamatan Diagnosa Gejala Defisiensi Hara Pada Tanaman

Diagnosa gejala defisiensi unsur hara

- Tanaman yang tidak mampu menyerap kebutuhan minimal hara yang diperlukannya atau bila salah satu atau beberapa unsur hara tidak berada dalam jumlah yang cukup atau salah satu unsur berlebihan sedangkan lainnya sangat kurang, maka tanaman akan menunjukkan pertumbuhan tidak normal.

- Gejala diistilahkan dengan gangguan keharaan atau gejala kekurangan atau kekahatan (defisiensi) unsur hara.
- Gejala-gejala kekurangan unsur hara cepat atau lambat akan terlihat pada bagian-bagian tanaman seperti daun, cabang, batang atau bunga.

5.1.1 Hubungan Antara Pucuk dan Akar

Petunjuk Gejala Kekurangan Unsur Hara

Tanaman yang mengalami defisiensi hara dapat memperlihatkan sejumlah ciri morfologi dan fisiologis yang dapat digunakan sebagai petunjuk gejala defisiensi yaitu:

(a) Hubungan antara pucuk dan akar

Pengamatan gejala kahat pada pucuk tanaman sangatlah mudah. Terdapat hubungan kesehatan antara bagian pucuk tanaman dengan bagian perakaran.

(b) Mobilitas unsur hara dalam tanaman

Kedudukan daun pada suatu tanaman dapat sebagai petunjuk gejala tipikal gangguan keharaan.

5.2 Metode Uji Biologi

Dalam metode uji biologi status hara tanah dinilai dari pertumbuhan mahluk hidup yang digunakan sebagai indikator. Oleh sebab itu, analisis hara dalam metode ini bersifat kualitatif

dan tidak langsung. Beberapa percobaan dalam uji biologi antara lain :

- (a) Percobaan lapangan
- (b) Percobaan rumah kaca
- (c) Percobaan mikrobiologi

Berbagai percobaan di rumah kaca ataupun dilapangan digunakan untuk mengetahui defisiensi, responsibilitas hara atau kombinasi hara terhadap pertumbuhan serta produksi tanaman. Untuk mengetahui kekurangan hara pada tanah, umumnya menggunakan omission trial dengan beberapa perlakuan sebagai berikut :

- K = Tanpa penambahan hara makro atau mikro
- L = Dipupuk lengkap semua hara makro dan mikro
- L-X = Dipupuk lengkap semua hara, kecuali hara X yang diselidiki
- X = Salah satu hara (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Mo, Cu, Zn, B, Cl)

5.2.1 Percobaan Lapangan

- Percobaan lapangan merupakan suatu cara evaluasi kesuburan tanah yaitu sejumlah percobaan pemupukan dengan beberapa ulangan dilakukan dengan menggunakan tanaman indikator.
- Percobaan lapangan bertujuan mengetahui status hara tanah pada lahan tertentu dengan iklim tertentu.

- Status hara tanah dinilai berdasarkan respon tanaman indikator terhadap perlakuan pemupukan tertentu yang dicoba.

5.2.2. Percobaan Rumah Kaca

Percobaan rumah kaca lebih sederhana dan memerlukan biaya yang lebih sedikit, waktu yang lebih cepat serta tenaga yang lebih sedikit.

5.2.3 Percobaan Mikrobiologi

- Mikroba tanah tertentu sensitif terhadap suatu unsur hara tertentu pada media hidupnya sesuai kebutuhan hidupnya, Misalnya pertumbuhan dan perkembangan *Azotobacter* akan terhambat bila di dalam tanah terdapat kekurangan unsur kalsium, fosfor dan kalium.
- Jika dibandingkan dengan percobaan lapangan dan rumah kaca, maka metode ini sangat sederhana dan relatif lebih cepat serta memerlukan sedikit tempat.

5.3 Metode Uji Tanah

Dalam analisis tanah beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam pengambilan contoh tanah adalah sebagai berikut :

- Contoh tanah harus mewakili suatu areal tertentu;

- Contoh tanah yang diperlukan beberapa gram saja, sehingga efisien dalam pelaksanaan
- Kesalahan dalam pengambilan contoh tanah akan berakibat pada kesalahan dalam evaluasi dan intepretasi.
- Menggunakan sistem *composite sample* yaitu pencampuran contoh (susunan contoh) yang diambil dari areal yang dikehendaki.
- Contoh itu seharusnya mewakili areal yang relative agak seragam dalam hal jenis tanah, tofografi, kemiringan dan bahan induk.
-

5.3.1 Pengambilan Contoh Tanah

Cara pengambian contoh tanah secara komposit (Zig Zag) bila kondisi tanah bervariasi (*variable poddoeck*). Cara pengambilan sampel tanah, untuk luas lahan 2,5 Ha , dengan jumlah sampel tanah mewakili 500 gram dengan kedalam contoh tanah dan 15 cm dan untuk tanaman yang berakar kedalaman 30 cm.

B	C	A	I	B	K
Red Clay			C	H	J
			G	II	I
F					PQ
A	D	D	F		
E					NO

Gambar 1.Cara Pengambilan Contoh Tanah

5.3.2 Uji Kimia Tanah / Analisis Laboratorium

Uji kimia tanah merupakan cara lebih unggul dibandingkan analisis jaringan karena kemampuannya untuk menentukan status hara dalam tanah secara posesif antara lain :

- Uji tanah adalah metode secara kimia untuk menduga kemampuan tanah menyediakan unsur hara.
- Analisis kimiawi yang dilakukan untuk mengetahui seluruh (total) unsur kimia penyusun tanah disebut analisis total, sedangkan jika ditujukan untuk mengetahui bentuk dan ketersediaan unsur hara tanaman disebut analisis parsial.
- Oleh karena itu uji kimia tanah perlu dikorelasikan dengan serapan hara oleh tanaman melalui percobaan di

rumah kaca (uji korelasi) dan percobaan lapangan (uji kalibrasi).

Dari hasil analisis kimi tanah tersebut dapat ditentukan status hara sebagai berikut:

- Sangat Rendah (SR) yaitu pada kondisi demikian tanaman dapat menderita gejala defisiensi hara dan produksinya sangat rendah; apabila dilakukan pemupukan maka produksi akan meningkat dan gejala defisiensi hilang.
- Rendah (R) yaitu pada kondisi ini tanaman tidak bergejala defisiensi tetapi produksi rendah. Bila dipupuk maka akan tampak respon pertumbuhan dan produksi tanaman terhadap pemupukan.
- Cukup, Sedang, Medium (S) yaitu pada kondisi demikian tampak pertumbuhan tanaman normal, pemupukan akan meningkatkan produksi tanaman.
- Tinggi (T), indikasi pada tanaman tampak pertumbuhan normal dan produksi optimal; dalam kondisi demikian pemupukan tidak berpengaruh nyata meningkatkan produksi tanaman
- Sangat Tinggi (ST), taanh dengan status demikian memiliki kadar nutrisi melampaui ambang batas toleransi; pada sebagian tanaman mungkin akan mengalami penyimpangan pertumbuhan dan

produksi mungkin menunjukkan penurunan secara nyata.

Tabel 1. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah

No	Sifat tanah	SR	R	S	T	ST
1.	C-organik(%)	<1.0 0	1.00- 2.00	2.01- 3.00	3.01- 5.00	>5. 00
2.	P ₂ O ₅ (HCL,25%) me/100 g	<10	10-20	21-40	41-60	>60
3.	K ₂ O(HCL,25%) me/100 g	<10	10-20	21-40	41-60	>60
4.	KTK(me/100 g)	<5	5-16	17-24	25-40	>40
5.	Kejenuhan Basa(%)	<20	20-35	36-50	51-70	>70

Keterangan: ST: Sangat Tinggi, T: Tinggi, S: Sedang, R: Rendah, SR : Sangat Rendah

Sumber : (PPT, 1995)

5.4 Metode Uji Tanaman

- Uji tanaman atau analisis tanaman (analisis daun atau jaringan tanaman) adalah penentuan (dengan analisis kimia) jumlah unsur hara tanaman dalam sejumlah berat kering oven contoh tanaman yang diambil dari bagian tertentu tanaman pada waktu tertentu dalam siklus hidup tanaman.
- Tujuan analisis tanaman untuk mendapatkan informasi diagnosa yang dibuat dari gejala visual
- Untuk mengidentifikasi "*hidden hunger*" kelaparan tersembunyi sementara gejala visual tidak terlihat

- Untuk menentukan apakah hara (pupuk) yang diaplikasikan telah diambil tanaman
- Untuk mempelajari interaksi antara berbagai hara
- Untuk menilai kualitas tanaman sebagai pedoman untuk kesehatan manusia dan hewan.

5.4.1 Peranan Hasil Penilaian Kesuburan Tanah dan Uji Tanah bagi Pertanian Berkelanjutan

A. Kesuburan Fisika Tanah

Sifat fisik tanah yang terpenting adalah tekstur, struktur, konsistensi, porositas, berat jenis, temperature tanah, warna tanah, dan tahanan jenis tanah:

1. Tekstur

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif tiga golongan besar partikel tanah dalam suatu masa tanah yaitu partikel pasir, debu dan air. Kasar halusnya tekstur tanah dalam suatu wilayah bergantung pada golongan tanah tersebut. Tekstur tanah dapat menentukan tata air dalam tanah berupa kerapatan infiltrasi, penetrasi, dan kemampuan pengikat/sementasi oleh air tanah. Apabila tekstur tanah halus maka tanah tersebut sangat sulit meluluskan air apabila tekstur tanah tersebut kasar akan mudah meluluskan air. Tekstur tanah dapat didefinisikan sebagai susunan relatif dari tiga kelas ukuran partikel anorganik tanah yaitu pasir, debu dan liat.

2. Struktur

Struktur tanah adalah susunan dari partikel pasir, pasir, debu dan liat menjadi agregat tanah. Agregat tersebut terbentuk karena pasir, debu, dan liat terikat satu sama lain oleh bahan organik atau oksida-oksida besi dan lainnya. Penyitaan struktur tanah didasarkan pada bentuk dan susunan, ukuran, dan kemantapan. Struktur tanah diklasifikasikan berdasarkan tipe, kelas/ukuran, dan derajat struktur. Tipe/bentuk struktur dibedakan atas lempeng, prismatic, kolumnar, gumpal menyudut, gumpal membulat, granulet, dan remah. Ukuran dapat dibedakan atas halus, sedang, kasar, dan sangat kasar. Sedangkan derajat dibedakan berdasarkan atas pembentukan derajat agregasi terhadap usikan pembasahan dan pengeringan

3. Konsistensi

Konsistensi merupakan daya tahan tanah terhadap gaya yang akan merubah bentuk. Gaya-gaya tersebut misalnya, pencangkulan, pembajakan, dan sebagainya. Konsistensi merupakan suatu factor penting yang mempengaruhi mudah dan tidaknya pengolahan tanah dan perilaku tanah jika diolah. Konsistensi tanah sangat tergantung pada kondisi kelembapan tanah. Tanah yang konsistensinya baik umumnya mudah diolah dan tidak melekat pada alat pengolahan lahan. Karena tanah dalam keadaan lembab, basah atau kering maka istilah-istilah

konsistensi disesuaikan dengan keadaan tanah tersebut. Dalam keadaan lembab, tanah dibedakan ke dalam konsistensi gembur sampai teguh .

4. Porositas

Pada suatu tanah yang baik dengan struktur remah, Sekitar 50% tanah adalah ruang pori. Ukuran, bentuk dan susunan ruang pori sangat penting untuk sirkulasi udara dan untuk menyediakan ruang hidup bagi organisme tanah. Pori-pori di dalam tanah berada diantara agregat tanah berkaitan serta dengan tipe dan tingkat perkembangan struktur tanah, tekstur dan kandungan bahan organik.

5. Berat Jenis

Dalam konteks sifat fisika tanah dikenal istilah berat jenis isi dan berat jenis partikel. Berat Jenis Isi (BJI) adalah berat persatuan volume tanah kering termasuk pori pori tanah, biasanya ditetapkan dalam g/cm^3 ($B_j = B/V$). Berat jenis ini merupakan petunjuk kepadatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi berat jenis isi. Pada umumnya berat isi telah berkisar 1,1-1,6 g/cm^3 . Tetapi terdapat beberapa jenis tanah yang mempunyai berat jenis ini yang kurang dari 0.8 g/cm^3 , misalnya andosol yang berkembang dari abu vulkanik. Berat jenis isi penting untuk menghitung kebutuhan pupuk atau air untuk tiap-tiap hektar tanah, yang didasarkan pada berat tanah per hektar.

6. Temperatur Tanah

Temperatur tanah mempunyai peranan penting dalam perkecambahan dan pertumbuhan tanaman tingkat tinggi, aktivitas, organisme tanah, pelapukan, dekomposisi, dan humifikasi bahan organik, struktur, air tanah, dan udara tanah. Temperatur tanah sangat tergantung pada tergantung pada input panas, panas spesifik tanah, dan output panas. Input panas hampir seluruhnya berasal dari sinar matahari dan intensitasnya dipengaruhi oleh garis lintang, musim, panjang hari, dan iklim, aspek kemiringan, kemiringan permukaan tanah, warna tanah dan penutup.

7. Warna tanah

Warna tanah merupakan salah satu ciri tanah yang jelas dan paling menonjol sehingga mudah terlihat dan lebih sering digunakan dalam memberikan tanah daripada ciri tanah yang lain, khususnya bagi orang awam, warna tanah tidak secara langsung berpengaruh pada pertumbuhan tanaman, tetapi langsung melalui daya pengaruhnya atas suhu dan lengas atas.

B. Kesuburan Kimia Tanah

Sifat kimia tanah berhubungan erat dengan kegiatan pemupukan. Dengan mengetahui sifat kimia tanah akan didapat gambaran jenis dan jumlah pupuk yang dibutuhkan. Pengetahuan tentang sifat kimia tanah juga dapat membantu

memberikan gambaran reaksi pupuk setelah ditebarkan ke tanah.

1. Reaksi Tanah (pH tanah)

Reaksi tanah menunjukkan sifat keasaman dan kebasaan tanah yang dinyatakan dengan pH. Nilai pH menunjukkan perbandingan antara banyaknya (konsentrasi) ion H^+ dan ion H^- di dalam tanah. Semakin tinggi konsentrasi ion H^+ di dalam tanah, maka semakin asam tanah tersebut. Sebaliknya, semakin tinggi ion H^+ di dalam tanah, maka tanah tersebut semakin basa (alkalis). Jika konsentrasi kedua tersebut dalam keadaan seimbang, maka tanah bereaksi netral ($pH = 7$).

2. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Di dalam tanah kation- kation (ion bermuatan positif) pada dasarnya terlarut dalam air tanah. Namun demikian karena di dalam tanah terdapat koloid tanah(liat dan humus) yang bermuatan negative, maka sebagian kation dalam larutan tanah tersebut diserap oleh koloid tanah. Kation yang diserap ini sukar tercuci oleh gravitasi, tetapi dapat diganti oleh kation lain yang terdapat dalam larutan tanah.

3. Kejenuhan Basa

Terdapat dua kelompok kation dalam kompleks serapan koloid yaitu kation asam (H^+ dan Al^{3+}) dan kation basa (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ dan Na^+). Kejenuhan basa(KB) adalah

perbandingan antara jumlah kation basa dengan jumlah kation semua kation (kation asam dan basa) dalam kompleks serapan kolid. Kation basa pada umumnya merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman. Disamping itu, basa umumnya mudah tercuci, sehingga tanah dengan kb yang tinggi menunjukkan bahwa tanah tersebut belum banyak mengalami pencucian dan merupakan tanah yang subur. Kejenuhan basa berkaitan dengan pH tanah, tanah yang mempunyai pH rendah pada umumnya mempunyai kejenuhan basa (KB) yang rendah dibandingkan dengan tanah yang mempunyai pH tinggi (alkalis).

4. Potensi Redoks

Reaksi reduksi-oksidasi merupakan hal yang penting untuk menjelaskan fenomena kimia dan biologi tanah. Segala bentuk kehidupan umumnya mendapatkan energi dari oksidasi bahan yang tereduksi, yakni mengambil elektron dari substrat organik atau organik untuk menangkap energi yang tersedia selama oksidasi. Hal ini berjalan dengan tahapan yang melibatkan berbagai reaksi antara elektron dari bahan tereduksi digerakkan melalui respirasi atau rantai transport elektro dari berbagai komponen.

Tabel 2. Kombinasi sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah

No	KTK	Kejenuhan Basa	P₂O₅, K₂O, C-organik	Status Kesuburan
1.	T	T	≥2T tanpa R	Tinggi
2.	T	T	≥2T dengan R	Sedang
3.	T	T	≥2S tanpa R	Tinggi
4.	T	T	≥2S dengan R	Sedang
5.	T	T	T>S>R	Sedang
6.	T	T	≥2R dengan T	Sedang
7.	T	T	≥2 R dengan S	Rendah
8.	T	S	≥2 T tanpa R	Tinggi
9.	T	S	≥2 T dengan R	Sedang
10.	T	S	≥2 S	Sedang
11.	T	R	Kombinasi lain	Rendah
12.	T	R	≥2 T tanpa R	Sedang
13.	T	R	≥2 T dengan R	Rendah
14.	T	T	Kombinasi lain	Rendah
15.	S	T	≥2 T tanpa R	Sedang
16.	S	T	≥2 T tanpa R	Sedang
17.	S	T	Kombinasi lain	Rendah
18.	S	S	≥2 T tanpa R	Sedang
19.	S	S	≥2 S tanpa R	Sedang
20.	S	S	Kombinasi lain	Rendah
21.	S	R	3T	Sedang
22.	S	R	Kombinasi lain	Rendah
23.	R	T	≥2 T tanpa R	Sedang
24.	R	T	≥2 T dengan R	Rendah
25.	R	T	≥2S tanpa R	Sedang
26.	R	T	Kombinasi lain	Rendah
27.	R	S	≥2 T tanpa R	Sedang
28.	R	S	Kombinasi lain	Rendah
29.	R	R	Semua kombinasi	Rendah
30.	SR	T,S,R	Semua kombinasi	Sangat rendah

Keterangan: ST: Sangat Tinggi, T: Tinggi, R: Rendah, SR: Sangat Rendah

Sumber: (PPT,1995)

C. Kesuburan Biologi Tanah

Sifat biologi tanah meliputi bahan organik tanah, flora dan fauna tanah (khususnya mikroorganisme penting seperti bakteri, fungi, dan algae), interaksi mikroorganisme tanah dengan tanaman (simbiosis) dan polusi tanah. Tanah dikatakan subur bila mempunyai kandungan dan keragaman biologi yang tinggi

1. Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah adalah kumpulan beragam senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi. Sumber primer bahan organik tanah maupun seluruh fauna dan mikro flora adalah jaringan organik tanaman, baik berupa daun, cabang/batang, ranting buah maupun akar. Sedangkan sumber sekunder berupa jaringan organik fauna termasuk kotoran serta mikroflora

2. Mikroorganisme tanah

Mikroorganisme tanah dalam proses kesuburan tanah karena: berperan dalam siklus energi, berperan dalam siklus hara, berperan dalam pembentukan agregat tanah, menentukan kesehatan tanah

3. Mikroflora dan mikrofauna

Salah satu mikrofauna yang mempunyai peran dalam proses kesuburan tanah adalah protozoa. Protozoa merupakan Protista bersel tunggal yang unik, hidup pada lingkungan basah (aquarik). Pada kondisi kering suplai makanan terbatas, mikrofauna ini menjadi inaktif. Protozoa merupakan predator pemakan bakteri, jamur, algae, atau jaringan organik mati, sehingga hanya jenis pemakan jaringan organik saja yang mempunyai pengaruh terhadap proses dekomposisi bahan organik. Mikroflora yang berperan pada proses kesuburan tanah adalah bakteri, fungi(jamur), algae(ganggang) dan mikroba selulolitik.

DAFTAR PUSTAKA

- Damanik,M.M.B.,Hasibuan, B.E.,Fauzi, Sarifuddin.,Hanum.H. Kesuburan Tanah dan Pemupukan. USU Press. Medan. 2010.
- Kesumaningwati R. Penilaian Status Kesuburan Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan Di Samarinda Assessment Of Soil Fertility Status On Multiple Land Uses In Samarinda. J Agroekoteknologi Trop Lembab. 2021;3(2).
- Pinatih IDASP, Kusmiyarti TB, Susila KD. Evaluasi status kesuburan tanah pada lahan pertanian di kecamatan denpasar selatan. E-Jurnal Agroteknologi Trop [Internet]. 2015;4(4):282–92. Available from: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- Rachmadiyanto AN, Wanda IF, Rinandio DS, Magandhi M. Evaluasi Kesuburan Tanah Pada Berbagai Tutupan Lahan Di Kebun Raya Bogor. Bul Kebun Raya. 2020;23(2):114–25.
- Setyanie ER, Mahbub M, Mariana. Status Kesuburan Tanah pada Daerah Pertanaman Hortikultura di Kecamatan Landasan Ulin dan Liang Anggang Kota Banjarbaru. AGROEKOTEK VIEW J Tugas Akhir Mhs. 2019;2(1):21–9
- Tarigan A, Rauf A, Rahmawaty R. EVALUASI KESESUAIAN LAHAN CABAI MERAH DI KAWASAN RELOKASI SIOSAR KABUPATEN KARO. J Tanah dan Sumberd Lahan. 2019;6(2):1229–35
- Winarso, S. Kesuburan Tanah. Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah. Penerbit Gaya Media. Yogyakarta. 2005.
- Zainudin, Kesumaningwati R. Penilaian Status Kesuburan Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan Di Samarinda. J Agroteknologi Trop Lembab. 2021;3(2).

BAB 6

KLASIFIKASI PEMUPUKAN

Oleh Yonce Melyanus Killa

6.1 Pendahuluan

Pertanian merupakan suatu kegiatan untuk pemenuhan kebutuhan akan pangan yang dilakukan oleh manusi. Kebutuhan akan pangan yang terus meningkat, akan tetapi terdapat faktor pembatas seperti kesuburan tanah yang perlu ditingkatkan (Pranata, 2004). Tanah yang subur akan menjadi tempat bertumbuh dan berkembang bagi tanaman karena tersediannya unsur hara. Akan tetapi tanah yang kurang subur atau ketersediaan unsur haranya rendah harus diberikan input seperti pupuk agar unsur hara dapat tersedia bagi tanaman (Killa & Sudarma, 2021).

Pupuk adalah sesuatu barang kehadirannya sangat penting dalam kegiatan budidaya tanaman. Pupuk adalah salah satu faktor pendukung yang dapat mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena kehadirannya selalu membawa unsur hara bagi tanaman (Mansyur dkk, 2021). Selain itu, pupuk juga disebut sebagai bahan yang ditambahkan untuk meningkatkan hara tanah (Wahyuni & Sakiah, 2019). Pupuk merupakan bahan yang sangat dibutuhkan tanaman sehingga kehadirannya akan mempengaruhi produktivitas dari tanaman maupun dari tanah itu

sendiri. Pupuk akan lebih bermanfaat lagi jika diketahui klasifikasinya sehingga penggunaannya tidak salah sasaran.

6.2 Klasifikasi Pupuk Berdasarkan Sumber Pembentukan

6.2.1 Pupuk Alam

Pupuk alam merupakan pupuk yang diperoleh dari hasil pabrik akan tetapi didapatkan dari alam. Umumnya pupuk ini merupakan senyawa organik, akan tetapi terdapat beberapa yang dalam bentuk senyawa anorganik. Kelebihan dari pupuk ini adalah dapat menyumbang bahan organik, meningkatkan kehidupan biologi, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), meningkatkan kapasitas menahan air, dan mengurangi daya fiksasi hara oleh partikel liat. Pupuk ini juga terdapat kelemahan yaitu kandungan hara yang rendah, dibutuhkan dalam jumlah yang banyak, perlu melalui tahapan dekomposisi, sulit dalam pengangkutan dan sulit dalam pengaplikasian karena jumlahnya banyak (Purba dkk., 2021a). Adapun beberapa contoh pupuk alam yaitu:

1. Pupuk Kandang

Pupuk kandang merupakan pupuk yang diperoleh dari berasal dari feses cair maupun padat dari ternak. Pupuk ini yang biasanya bercampur dengan sisa makanan maupun alas kandang. Pupuk ini memiliki kandungan hara yang bervariasi tergantung dari faktor seperti jenis, umur serta hewan, makan maupun cara

pemeliharaannya, bahan yang digunakan sebagai alas kandang dan cara penyimpanan bahan yang akan dipakai (Purba dkk, 2021b). Adapun kandungan NPK dan air pada pupuk kandang dapat diperhatikan pada tabel berikut.

Tabel 6.1 Kandungan NPK dan air pada beberapa Kotoran Hewan berdasarkan Lingga (1991)

Ternak dan bentuk kotoran	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Kalium (%)	Air (%)
Bentuk Padat				
Kuda	0,55	0,30	0,40	75
Sapi	0,40	0,20	0,10	85
Kerbau	0,60	0,30	0,34	85
Domba	0,75	0,50	0,45	60
Kambing	0,60	0,30	1,80	60
Ayam – padat dan cair	1,00	0,80	0,40	55
Babi	0,95	0,35	0,40	80
Bentuk Cair				
Kuda	1,40	0,02	1,60	90
Sapi	1,00	0,50	1,50	92
Kerbau	1,00	0,15	1,50	92
Domba	1,35	0,05	2,10	85
Kambing	1,50	0,13	1,80	85
Babi	0,40	0,10	0,45	87

Sumber: Purba dkk, 2021b

2. Pupuk hijau

Pupuk hijau merupakan jenis pupuk yang diperoleh dari bagian tanaman maupun keseluruhan tanaman baik yang muda, sisa panen ataupun tanaman yang dibudidaya untuk diambil bagian hijaunnya untuk dijadikan pupuk. Tanaman yang dapat digunakan sebagai pupuk hijau yaitu tanaman yang

tinggi akan kandungan nitrogen. Adapun contoh tanaman yang dapat dijadikan pupuk hijau adalah tanaman kacang-kacangan (*leguminosa*) maupun tanaman air (*Azolla*). Kedua jenis tanaman ini mempunyai kelebihan untuk menjadi pupuk hijau karena kandungan nitrogen yang tinggi dan dapat terdekomposisi dengan cepat, serta adanya asosiasi tanaman dengan mikroorganisme yang dapat menambat nitrogen bebas kemudian dibebaskan ke dalam tanah (Mansyur dkk., 2021). Beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai pupuk hijau yaitu *Cubensens*, *Centrosema*, *Calopogonium mucumoides*, *C. Plumieri*, *C. Caeuleum*, *Crotalaria usaramoensis*, *Pueraria mucunoides*, *P. thumbergiana*, *Leucaena leucocephala*, *Psophocartus palustris*, *C. anagyroides*, *Tephrosia candida*, *Erythrina abyssinica*, dan *Albizia stipulate* (Purba dkk., 2021b). Salah satu contoh tanaman yang dapat dijadikan pupuk hijau adalah tanaman gamal. Tanaman ini sangat berpotensi karena mengandung unsur hara nitrogen, fosfat, kalium, Ca serta Mg (Mila dkk., 2023). Selain Gamal, terdapat juga gulma seperti kirinyu (*Chromolaena odorata*) yang kaya akan unsur hara primer yaitu N dan P maupun unsur C (Takandiwa dkk., 2022).

3. Pupuk kompos

Pupuk kompos merupakan pupuk hasil dari pelapukan bahan organik yang terjadi akibat adanya bantuan organisme pengurai melalui proses. Organisme yang membantu dalam proses penguraian adalah dari mikroorganisme maupun

makroorganisme. Mikroorganisme dekomposer berasal dari jenis bakteri, jamur/kapang, sedangkan makroorganisme berupa cacing tanah (Mansyur dkk., 2021). Kompos dibuat melalui proses pembusukan sisa-sisa makhluk hidup yang berasal dari tanaman maupun hewan. Kompos dapat mengandung unsur hara makro seperti N, P dan K, maupun unsur mikro seperti Fe, Cu, B, Zn, Cl, Mo dan Mn (Nurkhasana dkk., 2021).

4. Pupuk guano

Pupuk guano adalah pupuk yang berasal dari kotoran padat dan urin dari burung-burung laut ataupun kelelawar yang diperoleh dari gua-gua yang menjadi sarang maupun habitat dari hewan tersebut (Tangguda dkk., 2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk guano dapat mengandung 7-17% nitrogen, 8-15% fosfor dan 1,5-2,5% kalium.

6.2.2 Pupuk Buatan

Pupuk buatan adalah pupuk dihasilkan dengan merekayasa bahan secara kimia, fisika dan biologi yang dilakukan di pabrik-pabrik (Dewanto dkk., 2017). Pupuk ini umumnya mengandung unsur hara tertentu. Pupuk ini juga mempunyai kandungan unsur hara yang tinggi. Pupuk buatan pada umumnya berbentuk anorganik (Purba dkk., 2021a).

Pupuk buatan mempunyai kelebihan yaitu 1) keperluan pupuk dapat ditentukan jumlahnya; 2) hara yang diberikan dalam bentuk tersedia; 3) pemakaian maupun pengangkutan lebih mudah serta murah; 4) kandungan haranya tinggi; 5) mudah larut sehingga dapat memperbaiki sifat fisik secara instan. Pupuk ini juga memiliki kekurangan yaitu dapat merusak tanah, tanaman dan lingkungan jika aplikasinya tidak sesuai, selain itu umumnya tidak atau sedikit mengandung unsur hara mikro atau unsur hara tertentu (Purba dkk., 2021a). Adapun beberapa contoh jenis pupuk buatan yaitu:

1. Pupuk Nitrogen (N)

Pupuk N adalah jenis pupuk yang kandungannya hanya terdapat unsur hara N. Contoh dari pupuk ini yaitu kalium nitrat (KNO_3), urea (NH_2CONH_2), amonium fosfat $[(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4]$, dan kalsium sianida (CaCN_2) (Rosmarkam & Yuwono, 2002).

2. Pupuk Fosfor (P)

Pupuk P adalah pupuk yang mengandung unsur P_2O_5 bagi tanaman. Contoh dari pupuk P yaitu Enkel Superfosfat [ES: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$], Double Superfosfat (DS), Amophos (SS = Super stikphos), Fuset Magnesium Fosfat (FMP) dan lainnya (Rosmarkam & Yuwono, 2002).

3. Pupuk Kalium (K)

Pupuk K adalah pupuk yang mengandung kalium. Umumnya pupuk kalium relatif sedikit dan sudah dicampur dengan unsur lain menjadi pupuk majemuk. Contoh dari

pupuk ini adalah miriate (KCL), kalium sulfat, kalium magnesium sulfat, kalium nitrat, dan kainit (Rosmarkam & Yuwono, 2002).

6.3 Klasifikasi Pupuk Berdasarkan Senyawa Kimia

6.3.1 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari senyawa organik yang merupakan hasil dari penguraian sisa-sisa tumbuh-tumbuhan/binatang. Pupuk yang tergolong dalam pupuk organik adalah pupuk kandang, pupuk kompos maupun guano (Rosmarkam & Yuwono, 2002).

6.3.2 Pupuk Anorganik

Pupuk anorganik adalah pupuk dari senyawa organik yang merupakan hasil dari eksplorasi bahan-bahan alam maupun hasil dari produksi pabrik. Pupuk buatan hampir semuanya tergolong dalam pupuk anorganik (Rosmarkam & Yuwono, 2002)

6.4 Klasifikasi Pupuk Berdasarkan Reaksi dalam Tanah

6.4.1 Pupuk Asam

Pupuk asam adalah pupuk yang bila diberikan ke tanah mampu meningkatkan kemasaman tanah (pH tanah lebih rendah. Pupuk ini biasanya mengandung unsur nitrogen sehingga melalui proses nitrifikasi garam amonium oleh aktivitas jasad renik akan menyebabkan penurunan pH. Contoh pupuk ini yaitu urea dan ZA (Purba dkk., 2021a).

6.4.2 Pupuk Basa

Pupuk basa adalah pupuk yang diberikan ke tanah mampu menurunkan tingkat keasaman tanah. Pupuk ini mampu menurunkan pH karena terdapat residu kation-kation basah (seperti ion Mg) yang tertinggal dalam tanah. Contoh pupuk ini seperti magnesium ammonium fosfat, calnitro, kalsium sianida dan chili salpeter (Purba dkk., 2021a).

6.4.3 Pupuk Netral

Pupuk netral adalah pupuk yang ketika diaplikasikan ke tanah akan meninggalkan residu yang bersifat asam atau basa dalam tanah. Contoh pupuk ini adalah dolomit (Purba dkk., 2021a).

6.5 Klasifikasi Pupuk Berdasarkan Unsur Hara

6.5.1 Pupuk Makro

Pupuk makro adalah pupuk yang hanya mengandung unsur hara makro. Contohnya pupuk NPK, nitrophoska, dan gandasil.

6.5.2 Pupuk Mikro

Pupuk mikro adalah pupuk yang hanya mengandung unsur hara mikro. Contoh dari pupuk ini adalah pupuk mikrovet, mikrolek dan metalik.

6.5.3 Pupuk Makro Mikro

Pupuk makro dan mikro adalah pupuk yang mengandung unsur hara makro dan mikro. Contohnya adalah pupuk gandasil, bayfolan dan rustika.

6.6 Klasifikasi Pupuk Berdasarkan Kandungan Hara

6.6.1 Pupuk Tunggal

Pupuk tunggal adalah pupuk yang hanya mengandung satu unsur tertentu. Contohnya pupuk urea yang mengandung nitrogen saja dan pupuk SP-36 yang mengandung unsur fosfor (Purba dkk., 2021b).

6.6.2 Pupuk Majemuk

Pupuk majemuk adalah pupuk yang terdiri dari beberapa unsur. Contoh pupuk ini adalah pupuk NP yang mengandung Nitrogen serta Fosfat dan pupuk NK yang mengandung Nitrogen dan Kalium (Purba dkk., 2021b).

6.6.3 Pupuk Lengkap

Pupuk lengkap adalah pupuk yang mengandung unsur hara yang lengkap dari unsur hara makro maupun mikro, selain itu ada pula yang mengandung bahan pestisida (Purba dkk., 2021b)..

6.7 Klasifikasi Pupuk Berdasarkan Fasanya

6.7.1 Pupuk Padat

Pupuk padat adalah pupuk yang umumnya mempunyai kelarutan yang mudah hingga sukar dalam air.

6.7.2 Pupuk Cair

Pupuk cair adalah pupuk berupa cairan yang penggunaannya dilarutkan dengan air terlebih dahulu.

6.8 Klasifikasi Pupuk Berdasarkan Cara Penggunaanya

6.8.1 Pupuk Daun

Pupuk daun adalah pupuk yang cara pemupukannya disemprotkan ke daun. Pupuk ini biasanya dilarutkan dulu dengan air.

6.8.2 Pupuk Akar atau Tanah

Pupuk akar atau pupuk tanah adalah pupuk yang cara pemupukannya harus dibenamkan ke dalam tanah di sekitar perakaran tanaman

DAFTAR PUSTAKA

- Dewanto, F. G., Londok, J. J. M. R., Tuturoong, R. A. V., & Kaunang, W. B. (2017). Pengaruh Pemupukan Anorganik Dan Organik Terhadap Produksi Tanaman Jagung Sebagai Sumber Pakan. *Zootec*, 32(5), 1–8. <https://doi.org/10.35792/zot.32.5.2013.982>
- Killa, Y. M., & Sudarma, M. A. (2021). Kadar klorofil daun rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) Pada Perlakuan Dosis Pupuk Bokashi Sludge Biogas. *Jurnal TABARO*, 5(2)(2), 550–554.
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murtiلاكsono, A. (2021). *Pupuk dan Pemupukan*. Syiah Kuala University Press.
- Mila, N. R., Killa, Y. M., & Lewu, L. D. (2023). Respon Pertumbuhan Bibit Tanaman Pepaya (*Carica Papaya* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Daun Gamal. *Agronu: Jurnal Agroteknologi*, 2(01), 42–50. <https://doi.org/10.53863/agronu.v2i01.575>
- Nurkhasanah, E., Ababil, D. C., Prayogo, R. D., & Damayanti, A. (2021). Pembuatan Pupuk Kompos dari Daun Kering. *Jurnal Bina Desa*, 3(2), 109–117. <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jurnalbinadesa>
- Pranata, A. S. (2004). *Pupuk Organik Cair: Aplikasi dan Manfaatnya*. Agromedia Pustaka.
- Purba, T., Ningsih, H., Abdus, P., Junaedi, A. S., Junairiah, B. G., Firgiyanto, R., & Arsi. (2021). *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan Kita Menulis.
- Purba, T., Situmeang, R., Rohman, H. F., Mahyati, Arsi, Firgiyanto, R., Junaedi, A. S., Saadah, T. T., Junairiah, Herawati, J., & Suhastyo, A. A. (2021). *Pemupukan dan Teknologi Pemupukan*. Yayasan Kita Menulis.
- Rosmarkam, A., & Yuwono, N. W. (2002). *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius.
- Takandiwa, Y., Killa, Y. M., & Kapoe, S. K. K. L. (2022). Pengaruh Aplikasi Pupuk Organik Cair Daun Kirinyuh Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kubis (*Brassica oleracea* L. Var. Capitata L). *Konser Karya Ilmiah Tingkat Nasional (Kkin)*

Tahun 2022 "Pemanfaatan Green Technology Dalam Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan Di Era Industri 5.0," 8, 32–36.

- Tangguda, S., Valentine, R. Y., Hariyadi, D. R., & Sudiarsa, I. N. (2022). Pemanfaatan Kotoran Kelelawar sebagai Pupuk Guano di Desa Bolok, Kupang Barat, Nusa Tenggara Timur. *Agrikultura*, 33(3), 289. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i3.40690>
- Wahyuni, M., & Sakiah. (2019). *Buku Ajar Jenis Pupuk Dan Sifat-Sifatnya*. USU Press.

BAB 7

DASAR-DASAR PEMUPUKKAN DAN PENGELOLAAN TANAH

Oleh Wa Ode Asryanti Wida

7.1 Pendahuluan

Tanah terbentuk dari proses pelapukkan batuan. Tanah digolongkan atas tanah muda, tanah dewasa dan tanah tua. Tanah muda merupakan tanah yang baru mulai berkembang sehingga bahan organik tanah berada dalam jumlah kurang tersedia. Tanah dewasa adalah tanah yang sudah mengalami perkembangan yang berarti bahan organik berada dalam jumlah cukup tersedia, dan Tanah tua adalah tanah yang sudah berkembang lanjut. Oleh sebab itu tanah tua sering dijumpai miskin bahan organik. Pada tanah yang tergolong muda dan tua jika dimanfaatkan sebagai media tempat tumbuh tanaman maka perlu perhatian khusus untuk mendapatkan pertumbuhan dan produktivitas yang baik misalnya dengan pemberian pupuk. Tidak terkecuali pada tanah dewasa yang jika dimanfaatkan secara terus-menerus tanpa ada input ataupun masa bera, maka tanah tersebut juga akan miskin bahan organik yang akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hal ini terjadi karena bahan organik yang ada di dalam tanah terangkut oleh tanaman baik pada masa tanam ataupun saat panen. Berdasarkan pasokan bahan organik yang ada di dalam tanah

maka perlu pengetahuan tentang dasar-dasar pemupukkan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah pupuk yang akan diberikan pada tanah, kapan pupuk diberikan pada tanah, bagaimana cara pupuk diberikan, dan jenis pupuk apa yang dibutuhkan tanah dan tanaman. Tidak hanya itu, tetapi juga perlu diperhatikan adalah jenis tanah dan tanaman yang akan di pupuk.

7.2 Tanaman Yang Akan Di Pupuk

Tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik ketika unsur hara yang ada di dalam tanah berada dalam jumlah cukup tersedia. Hanya saja terkadang didapatkan tanah sebagai media tempat tumbuh tanaman kehilangan unsur hara akibat pencucian ataupun karena terangkut oleh tanaman saat panen tanpa ada pengembalian ke tanah. Pada kondisi tersebut maka tanah perlu di pupuk untuk menambah unsur hara yang hilang dalam rangka mendukung pertumbuhan tanaman yang berkualitas. Beberapa yang perlu diperhatikan terhadap sifat tanaman dalam pemupukkan yaitu unsur hara yang diberikan pada tanaman dan sifat akar suatu tanaman.

Unsur hara yang diberikan ke dalam tanah berperan penting dalam menyusun bagian tubuh tanaman seperti akar, batang dan daun. Setiap jenis tanaman membutuhkan unsur hara yang berbeda dalam menyusun bagian tubuh tanaman. Tidak hanya itu, tetapi juga jenis tanaman dengan tingkat produksi berbeda. Bagian tubuh tanaman yang daunnya dimanfaatkan sebagai sayur-sayuran tanpa

ada input dari luar maka unsur hara yang ada dalam sayuran tersebut adalah unsur hara yang hilang dari tanah. Unsur hara yang hilang dari tanah akibat panen atau sebab lainnya maka perlu ada masukkan unsur hara. Akan tetapi perlu diperhatikan dalam pemberian unsur hara karena ada unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak yang biasa disebut unsur hara makro dan ada unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit atau biasa disebut unsur hara mikro. Unsur hara mikro ini jika diberikan ke tanah dalam jumlah berlebih maka akan menjadi racun bagi tanaman. Tejowiyono dkk, 2006 menjelaskan bahwa ada unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sedikit sehingga jika berlebih akan menjadi racun bagi tanaman ada unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak sehingga kurang dari itu maka tanaman memperlihatkan gejala kahat.

Selain pemberian unsur hara ke tanah, sifat suatu akar tanaman juga penting untuk diperhatikan. Hal ini karena sifat suatu akar tanaman ada dalam bentuk tunggang dan serabut. Untuk tanaman dengan akar tunggang maka penempatan dan jumlah pupuknya diberikan dibawah biji tanaman. Namun, jika akar tanaman adalah akar serabut maka penempatan pupuk diberikan disekitar biji yang ditanam. Tujuannya karena akar berfungsi menyerap nutrisi yang akan disalurkan ke bagian-bagian tanaman, sebagai alat pertautan tanah ke tanaman, sebagai tempat aktivitas metabolik dan tempat penghasil fitohormon (Amir, 2016).

Unsur hara yang ada di dalam tanah akan diserap oleh tanaman dalam bentuk pertukaran kation atau anion antara akar dengan larutan tanah atau kompleks jerapan koloid tanah. Tanaman dengan jenis yang berbeda maka kemampuan tukar kation dan anion oleh akar juga berbeda. Harjowigeno, 2003 menjelaskan bahwa bila suatu akar tanaman menyerap banyak kation seperti NH_4^+ maka ion H^+ yang keluar dari akar ke dalam tanah juga banyak. Hal ini berakibat pada tanah menjadi masam. Namun, ketika anion yang diserap akar banyak seperti NO_3^- maka HCO_3^- yang dilepaskan akar masuk ke dalam tanah juga banyak. Kondisi ini menunjukkan tanah menjadi alkalis. Perubahan reaksi tanah (pH) dapat mempengaruhi kelarutan P, B, Zn, Mn dan unsur hara lainnya.

7.3 Jenis Tanah Yang Akan Di Pupuk

Jenis tanah yang akan dipupuk adalah jenis tanah yang termasuk jenis tanah muda ataupun jenis tanah tua. Jenis tanah muda perlu dilakukan pemupukkan karena tanah muda termasuk tanah yang baru mulai berkembang yang berarti bahan organik yang ada di dalam tanah berada dalam jumlah kurang tersedia. Sedangkan tanah tua adalah tanah yang sudah berkembang lanjut sehingga dicirikan miskin unsur hara. Berdasarkan hal tersebut maka ada beberapa pertimbangan dalam pemupukkan yaitu setiap jenis tanah memiliki kandungan unsur hara yang berbeda-beda, terjadinya kemasaman tanah, dan tanah yang dapat memfiksasi unsur yang ditambahkan menyebabkan penambahan unsur unsur

tersebut tidak efisien apabila daya fiksasinya tidak dihilangkan. Contohnya tanah masam yang diberikan kapur dapat mengurangi daya fiksasi Al terhadap P, sehingga pemberian pupuk P menjadi lebih efisien. Intan dkk, 2013 dalam penelitiannya menjelaskan bahwa tanah Entisol, Inceptisol dan tanah Ultisol diberikan tiga bahan organik yaitu kompos jerami padi, kompos pupuk kandang dan kompos kulit kakao memberikan pengaruh nyata terhadap N total tanah, bobot kering tajuk tanaman, serapan N pada tanaman dan pertumbuhan tanaman.

7.4 Jenis Pupuk Yang Digunakan

Setiap jenis tanaman membutuhkan unsur hara yang berbeda-beda. Oleh sebab itu perlu diketahui jenis pupuk yang akan diberikan ke tanaman. Tujuannya agar kandungan unsur hara yang diberikan pada tanah ataupun tanaman sesuai dosis. Hal ini karena kandungan unsur hara pada pupuk dibagi atas pupuk tunggal misalnya urea hanya mengandung unsur hara N dan pupuk majemuk yaitu pupuk yang mengandung dua atau lebih unsur hara seperti NPK. Selain itu juga, tiap jenis pupuk dipengaruhi oleh reaksi fisiologis masam yaitu pupuk yang diberikan ke dalam tanah dapat mempengaruhi sifat tanah menjadi masam atau pH rendah dan reaksi fisiologis basa yaitu pupuk yang diberikan ke dalam tanah menyebabkan kondisi pH tanah cenderung naik. Tidak hanya itu tetapi jenis pupuk juga dipengaruhi oleh tingkat kelarutan. Misalnya pupuk padat memiliki kelarutan yang beragam dari yang mudah

larut sampai yang sukar larut dalam air. Contoh lainnya adalah pupuk cair yaitu pupuk yang dilarutkan kedalam air. Biasanya pupuk cair pengaplikasiannya diberikan pada daun tanaman.

Selanjutnya jenis pupuk juga dipengaruhi oleh kecepatan bekerja seperti pupuk organik dan pupuk anorganik. Pupuk organik yang diberikan ke dalam tanah dapat menambah unsur hara di dalam tanah dan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Pupuk anorganik yang diberikan ke dalam tanah dapat meningkatkan unsur hara dalam tanah lebih dari satu unsur misalnya pupuk NPK. Hardjowigeno, 2003 menjelaskan bahwa jenis pupuk memiliki jumlah kandungan unsur hara, reaksi fisiologis, kelarutan, kecepatan bekerja yang berbeda-beda. Berdasarkan hal itu maka jumlah dan jenis pupuk yang diberikan serta cara dan waktu pemberiannya juga berbeda-beda pada setiap jenis tanaman atau jenis tanah.

7.5 Dosis Pupuk Yang Diberikan

Dosis pupuk yang diberikan ke dalam tanah erat kaitannya dengan kebutuhan unsur hara, jumlah unsur hara yang ada dalam tanah, dan kadar unsur hara yang terdapat pada pupuk. Tanaman yang diberikan pupuk sesuai dengan dosis maka tanaman akan tumbuh dan berkembang dengan baik. Sutari dkk (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa kombinasi antara pupuk cair dengan dosis pupuk N,P,K berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanam jagung manis. Hal yang sama juga dilakukan oleh Safei

dkk, 2014 berdasarkan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik sesuai dosis memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman terong. Hamdan, 2012 dalam penelitiannya bahwa pemberian pupuk dengan dosis 0,4/0,6 gram/bibit menunjukkan pertumbuhan mahoni paling bagus. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa dosis pupuk yang diaplikasikan sesuai dengan yang dibutuhkan tanaman dan jumlah unsur hara yang ada di dalam tanah.

7.6 Waktu Pemupukkan

Waktu pemupukkan yang tepat dapat dilakukan dengan memperhatikan jenis pupuk dan faktor iklim. Pemupukkan yang dilakukan pada musim kering memberikan dampak pada pupuk yang diberikan ke dalam tanah tidak dapat larut. Selain itu juga, tidak dapat mendekati akar tanaman. Sebaliknya jika pemberian pupuk pada kondisi tanah memiliki jumlah air berlebih karena curah hujan yang tinggi menyebabkan unsur hara yang ada pada pupuk terangkut keluar pada daerah perakaran. Hal ini berakibat pada akar tanaman tidak mampu menyerap unsur hara dan dapat berdampak pada pencemaran lingkungan.

Waktu pemupukkan juga dapat diberikan setelah tanam, sebelum tanam dan sebelum atau sesudah tanam. Jika pupuk bekerja cepat maka pemberian pupuk diberikan setelah tanam. Jika pupuk bekerja lambat diberikan sebelum tanam. Jika pupuk bekerjanya

sedang maka pemberian pupuk diberikan sebelum atau sesudah tanam.

7.7 Cara Pemupukkan

Cara pemupukkan menentukan kemampuan akar tanaman untuk menyerap unsur hara. Oleh sebab itu cara pemupukkan harus melihat penempatan pupuk. Tujuannya agar akar tanaman dapat menyerap pupuk yang diberikan lebih efisien, tidak merusak biji ataupun akar tanaman. Penempatan pupuk dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu disebar, diberikan disamping tanaman, diberikan dalam larikan, pemupukkan lewat daun dan pemupukkan lewat air irigasi. Cara pemupukkan harus sesuai dengan jenis pupuk yang akan diberikan. Hal ini karena tidak jarang ditemukan dikalangan petani banyak yang menggunakan pupuk anorganik yang berbahan kimia yang jika terjadi kesalahan dalam pemupukkan akan berdampak negatif terhadap tanah, tanaman ataupun lingkungan.

7.8 Pengelolaan Tanah

Pengelolaan tanah dilakukan untuk meningkatkan kualitas tanah. Cara yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik tanah. Hal ini karena pemberian bahan organik tanah merupakan sumber dan input unsur hara, dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, menghambat terjadinya laju erosi pada permukaan tanah dan pemasok karbon untuk aktivitas mikroba

tanah. Tidak hanya itu, tetapi yang sering terjadi di lapangan yaitu terjadinya efisiensi penggunaan hara rendah. Kondisi ini dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengaturan pola tanam dan pemberian pupuk pada tanaman. Selain itu juga sering ditemukan gulma yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hal ini maka perlu dilakukan pengendalian gulma. Pengendalian gulma dapat dilakukan dengan pengaturan pola tanam, dilakukan penyiangan dan pemberian herbisida. Tujuannya agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik tanpa ada persaingan dalam merebut makanan dalam hal ini unsur hara tanaman. Pemberantasan hama dan penyakit pada tanaman juga penting untuk dilakukan. Karena jika tidak dilakukan maka dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu dan lama kelamaan tanaman akan mati karena diserang penyakit. Oleh sebab itu untuk mencegah hal tersebut maka perlu dilakukan pengaturan pola tanam dan pemberian herbisida.

Banyak hal yang dapat dilakukan dalam pengelolaan tanah seperti pengelolaan tanah secara biologi. Pengelolaan tanah secara biologi dapat meningkatkan kualitas tanah. Hal ini karena pola tanam yang dapat dilakukan berupa pola tanam monokultur ataupun pola tanam polikultur. Pola tanam polikultur ini adalah pola tanam yang dilakukan berupa tumpangsari, rotasi ataupun tanaman campuran. Pola tanam dengan polikultur memberikan banyak keuntungan. Misalnya dengan pola tanam tumpangsari atau

tanaman campuran dapat meningkatkan input bahan organik

sehingga menguntungkan biota tanah dan tumbuhan. Interaksi antara mikroba tanah dan tanaman dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui eksudat akar tanaman. Eksudat akar berperan sebagai sumber karbon dan energi untuk mikroba tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Kurniawati, H. Y., & Karyanto, A. (2015). *PENGARUH PEMBERIAN PUPUK ORGANIK CAIR DAN DOSIS PUPUK NPK (15 : 15 : 15) TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN MENTIMUN (Cucumis sativus L.)*. 3(1), 30–35.

Pertumbuhan, T., Hasil, D. A. N., & Manis, J. (2011). *Jumini et al. (2011) J. Floratek 6: 165 - 170*. 165–170.

Safei, M., Rahmi, A., Jannah, N., Pertanian, F., & Samarinda, U. A. (2014). *PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN TERUNG (Solanum melongena L.) VARIETAS MUSTANG F-1. XIII(D)*, 59–66.

Sutari, W. (2016). *Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair (POC) dan dosis pupuk N , P , K terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (Zea mays L. var Rugosa Bonaf) kultivar Talenta The effect of organic liquid fertilizer concentration and N*

, P, K fertilizer.

BAB 8

PUPUK ORGANIK

Oleh Rivandi Pranandita Putra

8.1 Pengertian Pupuk Organik

Pupuk adalah salah satu input dalam bidang pertanian yang memegang peranan penting dalam meningkatkan produksi dan hasil pertanian. Sama seperti makhluk hidup yang lainnya, tanaman juga membutuhkan berbagai unsur hara sebagai bahan makanannya untuk dapat tumbuh dan berkembang secara optimal. Menurut Dwidjosaputro (2003), jika tanaman kekurangan asupan unsur hara, maka laju pertumbuhan tanaman tersebut akan terhambat dan tidak optimal. Kebutuhan terhadap unsur-unsur hara tersebut dapat dipenuhi salah satunya melalui pupuk. Secara umum, dikenal dua jenis pupuk, yaitu pupuk organik (*organic fertilizer*) dan anorganik (*inorganic/synthetic fertilizer*). Kedua jenis pupuk ini tentu saja memiliki karakteristik yang berbeda. Bab ini akan secara khusus membahas mengenai pupuk organik.

Pupuk organik dapat diartikan sebagai pupuk yang terbuat dari bahan-bahan alami yang mengandung material organik, seperti pelapukan sisa-sisa tanaman, hewan, dan manusia. Menurut Peraturan Menteri Pertanian (Permentan) Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2006 mengenai pupuk organik dan pembenah tanah, pupuk organik dijabarkan sebagai jenis pupuk yang sebagian

atau seluruhnya berasal dari tanaman dan/atau hewan yang telah melalui proses rekayasa. Secara lebih detail, contoh bahan di sekitar kita yang dapat diolah menjadi pupuk organik adalah kotoran hewan ternak dan sisa biomasa tanaman pertanian (brangkasan, batang dan tongkol jagung, sekam padi, jerami padi, sabut kelapa, sisa tanaman lainnya, dan masih banyak lagi), limbah dapur, limbah organik rumah tangga, sampah organik pasar, dan lain sebagainya (Darmayani et al., 2023). Bila tidak diolah, limbah organik dapat berdampak negatif terhadap lingkungan, kehidupan sosial, dan ekonomi sehingga pengolahan limbah organik menjadi pupuk juga sekaligus menjadi solusi untuk meminimalkan masalah pencemaran/polusi lingkungan (Afrianto et al., 2021a).

Bila ada lahan tebu dan pabrik gula di lingkungan sekitar, maka dapat pula memanfaatkan seresah/daun kering tebu dan sisa hasil pengolahan pabrik gula, seperti blotong dan bagasse untuk dijadikan kompos (Putra et al., 2021c). Blotong merupakan limbah sisa pengolahan pabrik gula yang berbentuk padat dan kaya akan unsur-unsur hara yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Telah banyak studi sebelumnya yang menemukan dampak positif pemberian kompos blotong terhadap pertumbuhan tanaman budidaya. Putra et al. (2015), misalnya, menemukan bahwa takaran kompos blotong berpengaruh positif terhadap pertumbuhan bibit tanaman tebu.

Dengan bantuan beragam jenis mikroorganisme dan juga makrofauna tanah, berbagai material organik yang digunakan sebagai bahan pengomposan tersebut akan terdekomposisi menjadi bentuk yang lebih sederhana dan tersedia bagi tanaman (Parnata, 2010). Dekomposisi adalah proses penguraian bahan organik yang terjadi secara fisik dan/atau kimiawi (Putra et al., 2021c). Bahan organik dari limbah pertanian dan industri umumnya kaya nutrisi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material pembuatan pupuk organik (Dewi et al., 2022).

Pupuk organik dapat menjadi alternatif pemupukan selain dengan pupuk anorganik. Pupuk organik menjadi andalan pada sistem pertanian organik. Pertanian organik merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang memanfaatkan bahan-bahan alami di sekitarnya dan semaksimal mungkin tidak menggunakan bahan-bahan kimia seperti pupuk dan pestisida kimia (Arifien et al., 2022). Pertanian organik kini mulai berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran dan permintaan masyarakat terhadap pangan organik yang bebas dari bahan kimia (Afrianto et al., 2022).

8.2 Kelebihan dan Kekurangan Pupuk Organik

Pupuk organik memiliki potensi yang sangat besar untuk meningkatkan produksi berbagai jenis tanaman budidaya, seperti tanaman hortikultura, pangan, perkebunan, hias, dan berbagai jenis tanaman lainnya. Oleh sebab itu, pemanfaatan pupuk organik harus dimaksimalkan melalui produksi dan aplikasi secara masif di lapang.

Namun sebelum itu, pengetahuan mengenai kelebihan dan kekurangan pupuk organik sangat perlu untuk diketahui.

Beberapa kelebihan pupuk organik antara lain sebagai berikut:

1. Lebih ramah lingkungan (*environmentally-friendly*). Ini karena pupuk organik tidak dibuat dari bahan kimia sintetis yang lebih berpotensi mencemari tanah dan badan air. Di samping itu, pengolahan sampah organik menjadi pupuk organik juga dapat mengurangi pencemaran atau polusi lingkungan akibat tumpukan sampah. Menurut Nenobesi et al. (2017), limbah pertanian dan peternakan, jika tidak dimanfaatkan akan membawa dampak negatif terhadap lingkungan seperti polusi udara, air, dan tanah, menjadi sumber penyakit bagi manusia dan hewan, serta menimbulkan gangguan estetika dan kenyamanan.

2. Dapat berperan sebagai pupuk sekaligus bahan pembenah tanah. Berbagai studi terdahulu telah banyak melaporkan bahwa dalam jangka panjang, aplikasi pupuk organik ke lahan dapat memperbaiki tidak hanya sifat kimia tanah, namun juga sifat fisika dan biologi tanah sehingga dapat mencegah terjadinya degradasi lahan. Secara umum, penambahan bahan organik ke tanah tidak hanya dapat menambah unsur hara, namun juga meningkatkan kapasitas tukar kation dan kapasitas menahan air (*water holding capacity*) (McCray et al., 2015) sehingga tanah lebih tahan

kekeringan. Seperti diketahui, kekeringan kerap terjadi di berbagai wilayah di Indonesia yang tentunya berdampak terhadap produktivitas tanaman (Ranomahera et al., 2020). Penambahan pupuk organik ke lahan juga memiliki peranan penting dalam mencegah terjadinya erosi lapisan atas tanah (*top soil*) yang merupakan lapisan yang mengandung banyak unsur hara. Di samping itu, berbagai studi sebelumnya melaporkan bahwa amandemen bahan organik berakibat pada peningkatan jumlah organisme tanah, termasuk mikroba tanah (Putra et al., 2021a) dan makrofauna seperti cacing tanah.

3. Proses pembuatannya cukup mudah dan murah serta dapat dilakukan oleh siapa saja dan dimana saja.
4. Dapat dibuat menggunakan berbagai jenis material organik yang tersedia di lingkungan sekitar.
5. Lebih ekonomis dibandingkan pupuk anorganik sehingga dapat membantu meminimalkan pengeluaran petani yang berimplikasi pada perolehan keuntungan bersih yang lebih besar. Pupuk organik dapat mengurangi dosis pupuk anorganik yang diperlukan tanaman yang pada akhirnya dapat mengurangi biaya pembelian pupuk anorganik (Puspitasari et al., 2022).

Meskipun memiliki berbagai kelebihan, pupuk organik juga memiliki beberapa kelemahan yang perlu untuk diketahui, antara lain:

1. Kandungan unsur hara dalam pupuk organik pada umumnya tidak sebesar pupuk anorganik. Unsur-unsur hara yang terdapat dalam pupuk organik umumnya terbatas dan belum bisa mencukupi kebutuhan unsur hara yang diperlukan tanaman (Siregar & Budi, 2009). Pupuk organik umumnya memang mengandung lebih banyak bahan organik daripada kadar haranya. Dengan demikian, seringkali pupuk organik diperlukan dalam jumlah yang sangat banyak untuk dapat memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman. Aplikasi pupuk organik yang memerlukan jumlah besar inilah yang acapkali membuat petani kurang berminat menggunakan pupuk organik. Beberapa tanaman yang kebutuhan unsur haranya sangat tinggi, seperti tebu, bahkan belum bisa sepenuhnya lepas dari aplikasi pupuk anorganik. Pemberian pupuk organik pada lahan tebu dapat mengurangi dosis pupuk anorganik yang dibutuhkan, namun belum bisa sepenuhnya bergantung pada pupuk organik.

2. Penentuan dosis atau takaran pupuk organik sukar dilakukan karena pupuk organik yang dibuat dari material organik yang berbeda bisa jadi memiliki kandungan hara yang berbeda. Dengan demikian, meski dosis atau takaran yang digunakan sama, aplikasi pupuk organik yang dibuat dari material yang berbeda bisa jadi memiliki dampak berbeda terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Oleh karena itu, dalam pembuatan pupuk organik, sebaiknya dilakukan uji unsur

hara dan uji efikasi terhadap tanaman sebelum diaplikasikan pada lahan pertanian atau perkebunan yang luas.

3. Penguraian unsur hara lambat (unsur hara lambat tersedia/*slow release*). Unsur-unsur hara yang dalam bahan organik baru dapat tersedia bagi tanaman setelah terurai oleh aktivitas mikroba tanah yang mengubah senyawa organik kompleks (yang tidak tersedia bagi tanaman) menjadi senyawa organik dan anorganik sederhana (yang dapat diserap tanaman) (Siregar & Budi, 2009). Namun, proses tersebut tentunya membutuhkan waktu. Dengan demikian, dampak atau hasil positif pupuk organik pada tanah seringkali baru dapat dirasakan beberapa tahun setelah pupuk diaplikasikan ke tanah atau lahan pertanian. Hal ini kerap menjadi masalah karena dalam budidaya tanaman, petani umumnya kurang sabar menunggu hasil positif pemupukan organik dalam jangka waktu selama itu (Putra et al., 2020). Hasil yang tidak bisa dirasakan secara instan ini juga membuat tidak sedikit petani yang merasa bahwa produksi lahannya tidak akan bisa maksimal jika tidak menggunakan pupuk anorganik.

4. Pupuk organik seperti kompos berisiko membawa hama dan/atau patogen jika mengandung larva atau telur dan juga biji-biji gulma yang berbahaya bagi tanaman pertanian. Sementara itu, pupuk kandang mengandung bakteri pembusuk, patogen, dan mikroorganisme parasit yang dapat membahayakan hewan dan juga manusia. Dengan demikian,

dibutuhkan kehati-hatian ketika mengolah dan menggunakan pupuk kandang (Azmi et al., 2022).

5. Secara umum, pupuk organik relatif lebih jarang dijual dan lebih sulit dijumpai di pasaran daripada pupuk anorganik sehingga banyak petani yang pada akhirnya harus membuat sendiri pupuk organik. Namun, pembuatan pupuk organik harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu dari material organik dan hal tersebut tentu saja memerlukan waktu.

6. Pupuk organik juga dapat berpotensi mencemari lingkungan jika diaplikasikan dengan cara yang tidak tepat dan dalam jumlah berlebih. Meskipun sebelumnya telah disebutkan bahwa pupuk organik bersifat ramah lingkungan, namun bukan berarti pupuk jenis ini sepenuhnya aman bagi lingkungan. Aplikasi pupuk organik yang tidak tepat juga dapat pencemaran tanah dan air dan dapat menyebabkan defisiensi atau toksisitas nutrisi tanaman. Misalnya, aplikasi pupuk organik berlebih dapat menyebabkan eutrofikasi pada perairan yang berada di sekitarnya. Eutrofikasi adalah peristiwa melimpahnya populasi alga dan/atau tanaman air di permukaan air hingga tidak terkontrol akibat dari tingginya unsur hara dalam perairan tersebut yang salah satunya dipicu oleh aplikasi pupuk organik dalam jumlah yang berlebih. Eutrofikasi merupakan masalah ekologi yang serius karena populasi alga dan/atau tanaman air yang melimpah tersebut dapat menghambat cahaya matahari dan oksigen masuk ke dalam air sehingga berbagai organisme di

dalam air seperti ikan akan kekurangan suplai oksigen yang pada akhirnya menyebabkan kematian organisme-organisme tersebut. Oleh karena itu, diperlukan cara aplikasi yang tepat dan dosis pemberian secara tidak berlebihan. Penyuluhan kepada petani dapat dilakukan melalui dinas terkait mengenai penghitungan dosis dan cara aplikasi yang tepat sehingga diharapkan dapat mengurangi polusi sekaligus biaya usahatani (Afrianto et al., 2021b).

8.3 Jenis-jenis Pupuk Organik

Berdasarkan bentuknya, pupuk organik ada yang berbentuk padat dan ada pula yang berwujud cair. Pupuk organik padat merupakan jenis pupuk organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, serta kotoran dan material organik sisa kegiatan manusia yang berbentuk padat.

Pupuk organik cair (POC) adalah pupuk yang berbentuk cair dan diaplikasikan ke tanaman dengan bentuk cair pula, baik melalui penyiraman pada permukaan tanah dekat dengan perakaran tanaman ataupun melalui daun (*foliar application*). Jenis pupuk ini cukup diminati karena praktis dan mudah digunakan. POC pada umumnya terbuat dari urine ternak ataupun hasil dari proses fermentasi material organik. Bahan baku pembuatan POC umumnya sama dengan pupuk organik lainnya yang berwujud padat, namun pada pembuatan POC dilakukan penambahan air melalui proses perendaman serta beberapa proses lainnya sehingga dihasilkan

pupuk cair. Dibandingkan pupuk padat, POC memiliki kelebihan yaitu mampu menyediakan hara secara lebih cepat dan tersedia bagi tanaman serta lebih cepat mengatasi defisiensi hara pada tanaman (Dewi et al., 2022).

Berdasarkan bahan penyusunnya, terdapat beberapa macam pupuk organik, yaitu:

1. Pupuk kompos

Pupuk kompos merupakan pupuk organik berbentuk padat yang berasal dari hasil pengomposan berbagai material organik, seperti biomasa tanaman (daun, ranting, dahan, dll), kotoran ternak, urine sapi, sampah dapur organik, dsb. Salah satu jenis dari pupuk kompos adalah pupuk bokashi. Pupuk bokashi yaitu pupuk kompos yang proses fermentasinya dibantu dengan penambahan dekomposer yang mengandung banyak mikroorganisme di dalamnya. Dengan demikian, proses fermentasi pupuk bokashi lebih cepat daripada pupuk kompos.

2. Pupuk hijau

Pupuk hijau adalah jenis pupuk organik berbentuk padat yang berasal dari biomassa tumbuhan. Perbedaan pupuk hijau dengan pupuk kompos terletak pada material dan proses pembuatannya. Kompos dibuat dengan berbagai material organik, sedangkan pupuk

hijau hanya terbuat dari biomassa tumbuhan. Di samping itu, kompos dibuat melalui proses pengomposan hingga matang sebelum siap digunakan, sedangkan pupuk hijau dibuat dengan proses dekomposisi melalui pembenaman secara langsung ke dalam tanah atau bisa juga ditanamkan setelah dilakukan pengomposan. Tanaman yang digunakan sebagai sumber pembuatan pupuk hijau dapat berasal dari tanaman hasil sisa panen atau tanaman biasa yang dimanfaatkan sebagai pupuk. Jenis tanaman apapun sebenarnya dapat dijadikan sebagai sumber pupuk hijau. Namun, jenis tanaman legume (kacangan-kacangan) lebih sering digunakan karena cenderung mengandung nitrogen dalam jumlah yang lebih tinggi daripada jenis tanaman lainnya. Di samping itu, tanaman legume juga mudah terdekomposisi atau terurai sehingga penyediaan hara bagi tanaman budidaya pun dapat lebih cepat.

3. Pupuk kandang

Pupuk kandang merupakan jenis pupuk organik yang berasal dari kotoran hewan, umumnya hewan ternak seperti hewan ruminansia (kambing, domba, sapi, kerbau, babi, kelinci, dll) dan unggas (ayam, angsa, bebek, dll). Kotoran yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan pupuk dapat berupa feses yang dikomposkan

menjadi kompos (berbentuk padat) maupun urin yang difermentasi menjadi bio-urine (berbentuk cair).

4. Pupuk guano

Pupuk guano merupakan pupuk yang berasal dari kotoran kelelawar atau guano (sejenis burung laut). Kotoran ini umumnya telah mengendap di dalam gua untuk waktu yang lama dan telah tercampur dengan tanah dan bakteri pengurai. Pupuk guano juga dapat dibuat menggunakan kotoran kelelawar atau guano yang masih segar yang kemudian difermentasikan. Kotoran kedua jenis hewan tersebut memiliki kadar nitrogen dan fosfor dalam jumlah yang besar. Pupuk guano juga mengandung kalium, kalsium, magnesium, dan sulfur dalam jumlah yang beragam, bergantung sumber kotoran hewan yang digunakan, jenis makanan yang dikonsumsi hewan tersebut, dan penambahan unsur hara ketika proses pembuatan pupuk. Pupuk guano ada yang berbentuk padat dan ada pula yang berbentuk cair.

8.3 Tahapan Pembuatan Beberapa Jenis Produk Pupuk Organik

Secara umum, proses pembuatan pupuk organik tergolong mudah dan dapat dilakukan oleh siapa pun. Proses pembuatan kompos yang berbentuk padat terdiri dari beberapa tahapan, yakni sebagai berikut:

1. Proses pengumpulan material organik

Tahap pertama dari pembuatan kompos adalah dengan mengumpulkan material organik. Material organik yang dipilih tersebut harus bebas dari bahan-bahan non-organik, misal sampah plastik. Semua material organik tersebut dapat dikumpulkan menjadi satu ke dalam tempat atau wadah tertentu.

2. Proses pencacahan material organik

Setelah material organik terkumpul, maka langkah selanjutnya adalah proses pencacahan material tersebut. Material organik dengan ukuran besar dicacah sehingga ukurannya menjadi lebih kecil, yaitu berukuran sekitar 1-2 cm. Tujuan pencacahan adalah supaya material organik tersebut menjadi lebih mudah dan cepat terdekomposisi.

3. Proses pengomposan

Material organik yang telah tercacah kemudian diletakkan dalam suatu wadah yang tertutup rapat dan kedap udara hingga terdekomposisi. Untuk mempercepat proses dekomposisi, dapat dilakukan penambahan dekomposer. Bila ditambahkan dekomposer, maka produk kompos yang dihasilkan dapat disebut sebagai bokashi.

4. Pemanenan kompos

Pengomposan material organik umumnya berlangsung selama dua minggu hingga kompos siap

dipanen. Selama dua minggu tersebut, material organik di dalam wadah sebaiknya diaduk selama dua atau tiga hari sekali supaya material organik tersebut tercampur rata, aerasinya terjaga, dan suhunya tidak terlalu panas. Setelah dua minggu, akan dua jenis pupuk kompos yang dihasilkan, yaitu padat dan cair.

Secara sederhana, proses pembuatan POC terdiri atas beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Penyiapan berbagai bahan dan alat yang diperlukan, antara lain material organik, dekomposer, air, ember, alat pencacah (pisau, gunting, dll), dan alat pengaduk (atau bisa digantikan dengan aerator).
2. Pencacahan material organik ke dalam ukuran yang lebih kecil untuk mempercepat proses dekomposisi.
3. Penambahan dekomposer ke dalam material organik yang telah tercacah dan pencampuran bahan tersebut dengan air. Perbandingannya bisa berupa 1 bahan organik dan 5 air berbasis volume (isi), misalnya 1 ember bahan dan 5 ember air.
4. Pengadukan secara merata material tersebut dalam suatu wadah yang tertutup rapat. Pengadukan dilakukan setiap hari paling tidak selama minimal satu menit atau dapat juga diberi udara dengan aerator.

5. Pembiaran campuran material tersebut agar terfermentasi paling tidak selama dua minggu.
6. POC siap digunakan dan diaplikasikan ke tanaman.

Berikut ini merupakan proses pembuatan pupuk kandang yang berwujud padat:

1. Penyiapan berbagai bahan dan alat yang dibutuhkan, antara lain feses hewan ternak, kapur pertanian (dolomit), abu/sekam/bekas gergaji, dekomposer, cangkul, terpal, dan ember.
2. Penyiapan lokasi pengomposan berupa tempat atau hamparan yang ternaungi dan tidak tergenang air ketika hujan.
3. Pencampuran bahan-bahan berupa kotoran hewan, dolomit, dan abu/sekam/berkas gergaji.
4. Penambahan material yang telah tercampur tadi dengan dekomposer yang telah dilarutkan ke dalam air. Dekomposer disiramkan dengan cara dicipratkan pada campuran material tersebut. Kelembaban campuran material tersebut diatur pada angka 40-60% dengan ciri bila digenggam tidak pecah, tidak ada tetesan air, dan tangan tidak basah.
5. Penutupan campuran material tersebut dengan terpal. Bagian pinggir terpal diberi beban sehingga terpal tidak akan terbuka bila ada angin.

6. Pendiaman selama kurang lebih satu minggu.
7. Setelah satu minggu, terpal baru boleh dibuka dan campuran material tersebut diaduk atau dibalik untuk memberikan aerasi. Pengadukan dilakukan minimal setiap seminggu sekali.
8. Setelah kurang lebih tiga minggu, pupuk kandang sudah dapat dipanen yang ditandai dengan campuran material yang tidak panas dan tidak bau.
9. Pupuk kandang diangin-anginkan untuk menghilangkan bau amonia.
10. Pupuk kandang siap digunakan dan diaplikasikan ke tanaman.

Proses pembuatan bio-urine dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Penyiapan bahan-bahan dan alat-alat yang dibutuhkan, antara lain urin hewan ternak, fermenter (RB dan Azotobacter), triplek atau plastik, bak penampungan, pompa, aerator, dan talang plastik.
2. Penampungan urine hewan ternak ke dalam bak.
3. Penambahan fermenter (RB dan Azotobacter). Sekitar 1.000 liter urine dapat difermentasi dengan RB : 1 liter dan Azotobacter : 1 liter dengan asumsi per liter urine memerlukan 1 cc RB dan 1 cc Azba (Azotobacter).

4. Pengadukan campuran material tersebut dengan aerator atau secara manual menggunakan tangan dengan durasi sekitar tiga hingga empat jam.
5. Selanjutnya adalah proses fermentasi yang dilakukan melalui penutupan permukaan bak dengan penutup (triplek atau plastik) dan pendiaman hingga tujuh hari.
6. Pada hari kedelapan, dilakukan proses penipisan. Urine diputar dengan pompa yang biasa dipakai pada akuarium untuk meniriskan urine dan dilewatkan melalui talang plastik (dapat dibuat dengan beton, bambu, paralon, dll) dengan panjang dua meter yang dibuat seperti tangga selama 6-7 jam. Tujuan proses penipisan ini adalah untuk menguapkan kandungan gas ammonia sehingga tidak membahayakan tanaman yang akan diberi pupuk biourine tersebut.
7. Bio-urine siap digunakan dan diaplikasikan ke tanaman.

Proses pembuatan pupuk guano berbentuk padat dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Penyiapan seluruh bahan dan alat yang diperlukan, antara lain kotoran kelelawar atau guano, larutan dekomposer, air, wadah/tempat untuk proses fermentasi, dan terpal.
2. Setelah dilakukan pembuatan larutan dekomposer, dilakukan penyiraman larutan tersebut di atas kotoran

kelelawar atau guano dan dilakukan pengadukan sampai merata.

3. Penutupan kotoran kelelawar atau guano dengan terpal dan pendiaman selama kurang lebih dua minggu.
4. Pupuk guano padat siap digunakan dan diaplikasikan ke tanaman.

Sementara itu, proses pembuatan pupuk guano berbentuk cair dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Penyiapan seluruh bahan dan alat yang diperlukan, antara lain kotoran kelelawar atau guano, air, dan botol atau sprayer.
2. Pencampuran air dengan kotoran kelelawar atau guano ke dalam botol atau sprayer hingga kotoran larut.
3. Pupuk guano cair siap digunakan dan diaplikasikan ke tanaman.

Selain dibuat secara terpisah, pupuk organik juga dapat dibuat dengan campuran berbagai material organik. Misalnya, pembuatan kompos berbentuk padat dari sampah organik pasar dapat dikombinasikan dengan kotoran ternak dan/atau guano sehingga produk yang dihasilkan berupa kombinasi pupuk kompos dan pupuk kandang. Kelebihannya adalah jenis unsur hara yang terkandung di dalamnya bisa lebih lengkap dan banyak karena setiap material organik tentunya memiliki kandungan hara yang bervariasi. Material organik yang dapat digunakan untuk pembuatan

pupuk organik bersifat fleksibel sesuai dengan ketersediaan atau kelimpahan jenis material organik di lingkungan sekitar kita.

8.4 Black Soldier Fly (BSF)

Maggot *black soldier fly* (BSF) atau lalat tentara hitam yang memiliki nama latin *Hermetia illucens* dapat membantu proses pengomposan material organik. Jenis serangga ini cocok dimanfaatkan untuk menguraikan material organik. Siklus hidup maggot BSF yakni sekitar 45 hari. Setelah diberikan material organik, maggot akan memakan material organik tersebut dan mengeluarkan kotoran yang dapat digunakan sebagai pupuk organik cair (Putra et al., 2021b).

Ada beragam jenis material organik yang dapat digunakan untuk proses pengomposan dengan BSF, antara lain sampah dapur, sisa buah-buahan dan sayuran, jeroan hewan ternak, limbah ikan, limbah perkotaan, limbah manusia, hingga kotoran hewan (Yuwono & Mentari, 2018). Hal ini karena larva BSF dapat mengonsumsi beraneka ragam makanan. Larva BSF juga diketahui dapat menguraikan material organik yang mengandung 60% hingga 90% air.

BSF membantu proses pengomposan material organik dan kompos yang dihasilkan pun lebih berkualitas dan juga minim bau. Kurang lebih satu kilogram maggot mampu mengurai satu kilogram material organik. Maggot bahkan dapat menguraikan material

organik secara lebih banyak dan lebih cepat daripada itu. Dalam waktu sekitar 24 jam, kurang lebih 10.000 maggot mampu menguraikan satu kilogram sampah rumah tangga seperti sisa-sisa makanan dan menyisakan kurang lebih 200 gram material terurai yang disebut sebagai bekas maggot (kasgot) (Putra et al., 2021b).

Pengomposan dengan BSF dapat dikombinasikan dengan sistem *vermicomposting* menggunakan cacing tanah. Vermicomposting dapat dipahami sebagai suatu proses pembuatan kompos oleh cacing tanah yang dapat menghasilkan kompos berkualitas tinggi. Dalam sistem pengomposan vermicomposting yang dikombinasikan dengan BSF, larva BSF bertindak sebagai pendekomposisi pada tahap pertama, yang selanjutnya dilanjutkan oleh cacing tanah dan mikroba sebagai dekomposer pada tahap kedua, dan begitu pun seterusnya (Sastro, 2016).

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto WF, Hidayatullah T, Hasanah LN, Putra RP, Diannita R, & Anggraini R. 2021a. Urban community engagement to reduce and prevent food waste at household level. *International Journal of Community Service*, 1(3): 261-271.
- Afrianto WF, Putra RP, & Aini YS. 2022. Overview of the ethnobotany on the use of plants as potential botanical pesticides in Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(1): 220-243.
- Afrianto WF, Wati SI, Putra RP, & Hidayatullah T. 2021b. Empowerment of farmers through the online extension in improving agricultural information literacy. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(2): 374-378.
- Arifien Y, Putra RP, Wibaningwati DB, Anasi PT, Masnang A, Rizki FH, Suradi AR, Rismaya R, Marlina L, Anggarawati S, Prihatini R, Sunardi, & Indrawati E. 2022. Pengantar Ilmu Pertanian. PT Global Eksekutif Teknologi, Padang.
- Azmi Y, Yulistiyono A, Karyasa TB, Putra RP, Salama SH, Thamrin NT, Septiadi D, Dinata GF, Jumiyati S, & Rizki FH. 2022. Pertanian Terpadu. PT Global Eksekutif Teknologi, Padang.
- Darmayani S, Tribakti I, Musa B, Satriawan D, Rustiah W, Helilusiatiningsih N, Sahabuddin ES, Putra RP, Rahmawati, Idewadi FM, & Cundaningsih N. 2023. Kimia Lingkungan. PT Global Eksekutif Teknologi, Padang.
- Dewi VAK, Putra RP, & Afrianto WF. 2022. Kajian potensi vinase sebagai bahan fertisasi di perkebunan tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, 8(1): 187-201.
- Dewi VAK, Putra RP, Haris A, & Alam T. 2022. Limbah Dapur dan Pemanfaatannya. Bintang Pustaka Press, Yogyakarta.
- Dwidjosaputro. 2003. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- McCray JM, Ji S, & Baucum LE. 2015. Sugarcane yield response to furrow-applied organic amendments on sand soils. *International Journal of Agronomy*, 2015: 1-9.
- Nenobesi D. 2017. Pemanfaatan limbah padat kompos kotoran ternak dalam meningkatkan daya dukung lingkungan dan biomassa tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Pangan*, 26(1): 43-56
- Parnata AS. 2010. Meningkatkan Hasil Panen dengan Pupuk Organik. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Puspitasari AR, Ariyani D, & Putra RP. 2022. Agronomic performance and productivity of sugarcane under various dosage application of biofertilizer and inorganic fertilizer. *Indonesian Sugar Research Journal*, 2(2): 56-66.
- Putra RP, Arini N, & Ranomahera MRR. 2021a. Implementation of climate-smart agriculture to boost sugarcane productivity in Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 40(2): 89-102.
- Putra RP, Dewi VAK, & Afrianto WF. 2021b. Serba-Serbi Pertanian Perkotaan. Insan Cendekia Mandiri, Solok.
- Putra RP, Ranomahera MRR, Arini N, & Afrianto WF. 2021c. Tindakan pengembalian residu panen tebu untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 13(1): 48-66.
- Putra RP, Ranomahera MRR, Rizaludin MS, Supriyanto R, & Dewi VAK. 2020. Investigating environmental impacts of long-term monoculture of sugarcane farming in Indonesia through DPSIR framework. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(9): 4945-4958.
- Putra RP, Yudono P, & Sulistyaningsih E. 2015. Pengaruh takaran kompos blotong dan umur simpan mata tunas tunggal terhadap pertumbuhan bibit tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Vegetalika*, 4(2): 100-111.
- Ranomahera MRR, Nugroho BDA, Riajaya PD, & Putra RP. 2020. Using global climate indices to predict rainfall and sugarcane productivity in drylands of Banyuwangi, East Java,

- Indonesia. Indonesian Journal of Agricultural Science, 21(2): 78-88.
- Sastro, Y. 2016. Pertanian perkotaan: Peluang, tantangan, dan Strategi pengembangan. *Buletin Pertanian Perkotaan*, 3(1): 29- 36.
- Siregar IZ & Budi SW. 2006. Kompos. Dalam: ITTO Training Proceedings. 4th – 6th May 2006. Muara Bulian, Indonesia.
- Yuwono AS & Mentari PD. 2018. Penggunaan larva (Maggot) Black Soldier Fly (BSF) dalam pengolahan limbah organik.

BAB 9

REAKSI PUPUK DALAM TANAH

Oleh Charly Mutiara

9.1 Pendahuluan

Pupuk merupakan bahan yang sangat penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Hal ini dikarenakan di dalam pupuk terdapat unsur hara yang penting bagi tanaman. Unsur hara yang ada di dalam pupuk terdiri dari satu jenis ataupun beberapa jenis (Mansyur et al., 2021).

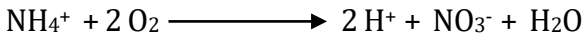
Pupuk yang terdiri dari satu jenis unsur hara dikenal dengan pupuk tunggal, sedangkan yang terdiri dari beberapa jenis unsur hara dikenal dengan pupuk majemuk. Pupuk-pupuk tersebut, jika dilihat dari senyawanya, maka dibagi atas pupuk organik dan anorganik. Dan jika berdasarkan bentuknya, pupuk dibedakan atas pupuk padat dan pupuk cair (Sarwono, 2015).

Setiap jenis pupuk mempunyai reaksi yang berbeda-beda ketika diberikan ke dalam tanah. Selain dipengaruhi oleh jenis pupuk itu sendiri, kondisi serta karakteristik tanah juga mempengaruhi reaksi pupuk di dalam tanah.

9.2 Jenis Pupuk dan Reaksinya di Dalam Tanah

9.2.1 Reaksi Pupuk Nitrogen di Dalam Tanah

Banyak pupuk anorganik Majemuk mempunyai pengaruh yang besar terhadap tingkat keasaman tanah. Penyebab utamanya adalah nitrogen, dalam bentuk amonia atau menghasilkan amonia ketika berada dalam tanah. Nitrogen dalam bentuk ion NH_4^+ bila mengalami proses Nitrifikasi adalah sebagai berikut:



Bila $(\text{NH}_4^+)_2\text{SO}_4$ ditambahkan ke dalam tanah, terjadi penyerapan sebagian ion NH_4^+ oleh kompleks koloid tanah untuk diganti dengan kation-kation dengan equivalen lain. Jika pergantiannya oleh ion logam yang peka terhadap pencucian, maka akan memasamkan tanah. Sebaliknya, bila ion H^+ yang diganti, asam sulfat akan muncul di dalam larutan tanah. Asam sulfat juga akan terbentuk bila tanaman lebih banyak menyerap ion NH_4^+ daripada ion SO_4^{2-} .

Pengaruh kemasaman tanah, selain oleh senyawa amonium, urea dan beberapa bahan organik yang terhidrolisis akan menghasilkan ion NH_4^+ . keberadaan ion tersebut memicu keasaman tanah. Pupuk anorganik lainnya, jika tidak mengandung Nitorgen, mempunyai sifat tidak mempengaruhi keasaman tanah.

Keasaman tanah yang timbul akibat bahan organik dan pupuk yang mengandung Nitorgen dapat dikurangi dengan cara penambahan atau pencampuran kapur. Salah satu kapur yang dapat ditambahkan untuk mengurangi kemasaman tanah adalah dolomit (Hanafiah, 2014). Beberapa bahan dapat memiliki kemampuan dalam memasamkan dan meningkatkan keasaman tanah. Tabel 2.1

berikut berisi bahan-bahan dengan kemampuan tersebut, yang dinyatakan dalam kg CaCO_3 tiap kg Nitrogen yang terkandung.

Tabel 9.2. Bahan-Bahan Yang Dapat Memasamkan Tanah

No	Bahan	Tingkat Keasaman (kg CaCO_3 /kg Nitrogen)
1	Amonium Sulfat	107
2	Amofos	100
3	Amonia Cairan	36
4	Urea	36
5	Amonium Nitrat	36
6	Tepung Biji Kapas	29
7	Tepung Biji Jarak	18
8	Sampah	15

Salah satu jenis pupuk Nitrogen yang banyak digunakan oleh petani adalah Urea. Urea mempunyai sifat yang mudah larut di dalam air sehingga mudah sekali tercuci. Namun proses tercucinya urea di dalam tanah, dapat diminimalisir dengan memodifikasinya bersama formaldehida (Sulistyo Dhamar Lestari et al., 2013). Modifikasi ini menyebabkan rantai polimer senyawa urea menjadi lebih panjang.

Pupuk urea yang beredar saat ini mempunyai beberapa bentuk, diantaranya berbentuk granul. Berdasarkan hasil penelitian

yang dilakukan (Hartono et al., 2021) menyebutkan bahwa urea dalam bentuk granul dan mendapat perlakuan formaldehida mempunyai kecenderungan memperlambat pelepasan Nitrogen.

Selain sumber Nitrogen tanah yang berasal dari Urea, sumber lainnya yang tidak kalah penting adalah dari pupuk organik dan bahan organik. Pupuk organik dengan kandungan N yang tinggi adalah pupuk kandang ayam, pupuk kirinyuh, dan kompos jerami padi. Jerami padi, juga menyumbang nitrogen yang tinggi ke dalam tanah, ketika diberikan bukan sebagai pupuk tapi bahan organik (Indriyati et al., 2008).

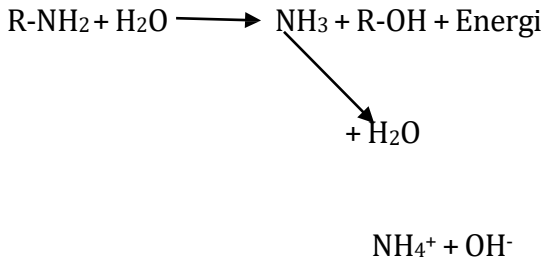
Semua jenis pupuk nitrogen ketika masuk ke dalam tanah akan melewati dua tahapan yaitu mineralisasi dan immobilisasi (Winarso, 2005). Mineralisasi merupakan perubahan nitrogen yang berbentuk organik ke nitrogen berbentuk anorganik. Sedangkan immobilisasi merupakan peristiwa sebaliknya. Kedua proses perubahan tersebut dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme di dalam tanah.

Proses perubahan nitrogen di dalam tanah menjadi bentuk anorganik atau mineralisasi berlangsung dalam tiga tahapan yaitu aminisasi, amonifikasi dan nitrifikasi.

Proses aminisasi melepaskan amina dan asam amino. Reaksi yang berjalan di dalam tanah tersebut, dapat digambarkan secara skematik sebagai berikut:



Proses perubahan nitrogen di dalam tanah setelah aminisasi adalah amonifikasi. Proses ini menghasilkan senyawa amonium. Skema proses amonifikasi dapat berjalan sebagai berikut:



Proses amonifikasi yang menghasilkan amonium, akan dilanjutkan dengan beberapa kemungkinan tahapan yang dapat terjadi. Tahapan tersebut diantaranya adalah nitrifikasi, absorpsi, pelapukan lanjutan, fiksasi atau dilepas kembali ke atmosfer (Winarso, 2005).

9.2.2 Reaksi Pupuk Fosfor di Dalam Tanah

Pupuk yang mengandung Fosfor (P) berasal dari batuan Fosfat Alam yang mengandung < 15% P (Winarso, 2005). Karena kadar yang rendah ini, maka perlu ada pemurnian terlebih dahulu untuk dapat dijadikan pupuk. Pupuk P yang banyak dikenal saat ini adalah pupuk TSP dan SP-36.

Pupuk P yang diberikan ke dalam tanah menyumbang peningkatannya di dalam tanah. Secara umum P di dalam tanah

terdiri dari kelompok organik dan anorganik. Sebagian besar tanah memiliki ketersediaan P organik lebih tinggi dari P anorganik.

Bentuk P-organik tanah terdapat dalam mikroorganisme sekitar 10% dan bahan organik. Kandungan P-organik tersebut paling banyak berada di permukaan tanah. Semakin ke dalam tanah, P-organik semakin menurun. Hal ini berkaitan dengan keberadaan bahan organik penyumbang P tersebut.

Bentuk P-anorganik di dalam tanah adalah senyawa yang sebagian besar berkombinasi dengan Al, Fe, Ca. Ikatan kombinasi tersebut mempengaruhi tingkat kelarutan yang berbeda di dalam tanah. Kombinasi ikatan yang paling mudah tersedia bagi tanaman adalah kombinasi Ca-P (Winarso, 2005).

Ion fosfat bersifat sangat tidak mobil di dalam tanah. Hal ini terkait dengan ikatan yang terjadi baik pada kondisi tanah masam maupun basa. Hal inilah yang menyebabkan efisiensi penyerapannya oleh tanaman menjadi rendah (hanya 10-20%).

Cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan P adalah dengan metode aplikasi pupuk yang tepat dan penerapan agen mikroba. Keberadaan agen mikroba di dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman hingga lebih dari 20%. Hal ini dikarenakan agen mikroba mampu melarutkan kombinasi ikatan P dalam tanah sehingga tersedia bagi tanaman (Winarso, 2005).

Bentuk-bentuk P di dalam tanah selain atas dasar ketersediaannya, tapi dapat juga berdasarkan labilnya P tersebut. Ketika P tersedia diserap tanaman, maka P-labil akan mengadakan kesetimbangan P selama 24-48 jam (Winarso, 2005). Sedangkan P yang berasal dari P-non labil, membutuhkan waktu yang lebih lama.

Kondisi P tersedia atau labil dapat dicapai dengan pemberian pupuk. Penambahan pupuk P ke dalam tanah jika belum meningkatkan konsentrasinya dalam larutan tanah $> 5 \text{ mg. L}^{-1}$, maka akan menyebabkan P hanya mengalami adsorpsi tanpa pengendapan menjadi bentuk mineral bebas (Winarso, 2005).

Unsur P yang bersifat tidak mobile ini, bergerak dengan jarak yang pendek di dalam tanah. Umumnya unsur tersebut tetap tinggal pada area pemupukan. Hampir semua unsur P bergerak di dalam tanah secara difusi. Pergerakan P ini lebih lambat dari unsur N dan K, dengan faktor kondisi tanah sangat menentukan pergerakannya. Namun secara umum ketersediaannya sangat lambat bagi tanaman, dengan persentase hanya 9% sebelum hari ke 50 dari proses pemupukan (Winarso, 2005).

9.2.3 Reaksi Pupuk Kalium di Dalam Tanah

Kalium (K) merupakan unsur hara makro yang penting bagi tanaman. Unsur ini kebutuhannya setara dengan Nitrogen. Karena itu sangat penting untuk mengetahui reaksinya di dalam tanah

Keberadaan k di dalam tanah sangat tinggi yakni sekitar 2,5% namun kurang dari 2% yang tersedia bagi tanaman (Hanafiah,

2014). Secara umum ada tiga faktor yang mempengaruhi ketersediaan K, yaitu bahan induk pembetukan tanah, curah hujan dan temperatur. Faktor yang paling menentukan percepatan pelepasan mineral dan pencucian K adalah curah hujan dan temperatur.

Mineral liat tanah mempunyai tapak-tapak pertukaran K yang mempengaruhi ketersediaannya. Pada tapak permukaan datar, selektivitas K^+ rendah, permukaan pinggir mempunyai selektivitas sedang dan permukaan antra lapis, selektivitasnya tinggi.

Ketersediaan unsur K di dalam tanah dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu tidak tersedia, lambat tersedia dan tersedia. Unsur K tidak tersedia adalah unsur yang masih berada dalam mineral atau batuan yang belum terlapuk. Kalium lambat tersedia adalah K yang terperangkap antara mineral liat tipe 2:1. Sedangkan K tersedia adalah K yang terdapat pada laurtan tanah, dan K dalam bentuk dapat dipertukarkan baik pada bahan organik maupun mineral liat.

Unsur K mempunyai sifat tidak mobile di dalam tanah, dan tidak berpindah jauh dari tempat dimana pupuk diberikan. Pemberian pupuk K akan mempercepat perpindahannya melalui mekanisme mass flow dan difusi. Hal tersebut mempengaruhi bentuk K dalam tanah yakni K dalam larutan tanah dan K dapat tukar.

Kalium di dalam tanah dapat berasal dari pupuk anorganik maupun organik. Dalam tanah, ion K akan mengalami proses-proses

seperti ditarik oleh permukaan liat dan bahan organik, berada dalam larutan tanah, diambil tanaman, tercuci, dan difiksasi.

Pada umumnya kandungan K di dalam larutan tanah paling banyak adalah 11 kg ha^{-1} . Kandungan yang rendah ini sepertinya tidak dapat mencukupi kebutuhan tanaman. Namun, di dalam tanah akan terjadi pengisian kembali K di dalam larutan tanah, jika K telah diambil oleh tanaman. Hal ini dikarenakan terjadi proses perubahan bentuk-bentuk K di dalam tanah. Bentuk K dapat bertukarkan akan mengisi larutan tanah yang kehilangan K, sedangkan tempat K yang dipertukarkan diisi oleh kation lain seperti Ca, Mg, Al ((Winarso, 2005).

Proses tersebut di atas akan berlangsung secara terus menerus sampai terjadi kesetimbangan. Namun perlu diingat bahwa proses ini akan terhenti ketika kandungan K di dalam tanah tidak cukup. Karena itu penambahan pupuk K pada tanah pertanian perlu untuk dilakukan. Selain itu, pemupukan K juga dapat berpengaruh pada peningkatan ketersediaan unsur P (Kaya, 2012).

9.3 Kondisi Tanah dan Reaksi Pemupukan

Pemberian pupuk nitrogen meningkatkan kandungannya di dalam tanah dalam berbagai bentuk, diantaranya nitrat dan nitrit. Besarnya nitrit dan nitrit di dalam tanah tidak hanya ditentukan oleh pupuk yang diberikan, tapi juga oleh kondisi tanahnya. Hasil penelitian (Mawaddah et al., 2017) menyatakan bahwa tanah dengan kandungan bahan organik tinggi, khususnya karena adanya

pupuk kandang, menyebabkan kandungan nitrit dan nitrat dalam tanah yang paling tinggi dibandingkan kondisi tanah lainnya.

Penelitian lain yang melihat kondisi tanah akibat pemberian pupuk nitrogen juga telah diteliti oleh (Mulyani et al., 2001). Penelitian yang dilakukan pada tanah yang tergenang ini menunjukkan bahwa kandungan amonium lebih tinggi pada tanah entisol dan inceptisol lebih tinggi dari pada nitrat. Namun penelitian lainnya menunjukkan bahwa pemberian pupuk nitrogen dengan tambahan bahan lainnya menyebabkan nitrat yang lebih dominan di dalam tanah dibandingkan amonium (Hartono et al., 2019)

Perbandingan bentuk-bentuk P pada tanah tropika dengan pelapukan yang intensif (tanah tua) adalah P aktif 10-20%, P organik 10-20% dan bentuk Occluded 50-80% dari total P. Pada tanah-tanah muda yang belum mengalami pelapukan intensif, mempunyai dominasi bentuk P-anorganik. Urutan dominasi P-Organik tersebut adalah $\text{Ca-P} > \text{Al-P} > \text{Fe-P}$. Sedangkan pada tanah tua, urutannya adalah $\text{Fe-P} > \text{Al-P} > \text{Ca-P}$, dan pada tanah Andisol, urutannya menjadi $\text{Al-P} > \text{Ca-P} > \text{Fe-P}$ (Winarso, 2005).

Unsur P yang hilang dari tanah sangat sulit, namun pergerakannya menjadi lebih mobile ketika berada pada tanah berpasir dibandingkan tanah liat. Pergerakan P pada tanah berlempung hanya sekitar 0,64 cm dari akar tanaman. Sehingga kehilangan p dari tanah sangat minim. Namun pada tanah yang

miring, dengan erosi yang tinggi, merupakan penyebab tingginya kehilangan unsur P dari dalam tanah (Sarwono, 2015).

Kadar K mempunyai kandungan yang cukup tinggi pada tanah-tanah arid dan tanah salin. Berdasarkan metode serapan atau tekanan penggantian konsentrasi K^+ dalam larutan tanah pada beberapa jenis dan kondisi tanah dengan variasi konsentrasinya antara 1-265 mg $K^+.L^{-1}$. Sebagian besar tanah-tanah pertanian di tropik lembab antara 2-4 mg $K^+.L^{-1}$ dan lebih tinggi pada daerah humid (Winarso, 2005).

Kondisi tanah sangat mempengaruhi serapan K oleh tanaman. Kondisi tersebut diantaranya adalah aerasi tanah, konsentrasi K tanah, Kapasitas tukar kation, temperatur tanah dan kadar air tanah. Kondisi tanah ini dapat bekerja sendiri-sendiri dalam mempengaruhi serapan K maupun secara saling berinteraksi.

9.4 Karakteristik Tanah dan Reaksi Pemupukan

9.4.1 Koloid Tanah

Koloid tanah terbentuk dari hasil pelapukan mineral dan bahan-bahan organik. Pelapukan tersebut menghancurkan partikel-partikel menjadi ukuran yang sangat kecil. Partikel dengan ukuran sangat kecil tersebut yakni berukuran $< 0,001$ mm disebut koloid tanah (Hanafiah, 2014).

Koloid di dalam tanah berasal dari bahan organik dan mineral, namun pada sebagian besar tanah, koloid mineral mineral berjumlah lebih banyak dari koloid organik (Tan, 1998).

Koloid merupakan bahan yang paling bertanggung jawab pada reaksi-reaksi kimia di dalam tanah. Hal ini dikarenakan, setiap koloid, baik organik maupun mineral mempunyai muatan listrik. Muatan listrik ini dapat berupa muatan listrik positif ataupun negatif. Koloid-koloid mineral umumnya bermuatan negatif. Hal inilah yang membuat banyak kation-kation (unsur bermuatan positif) ditarik atau diikat oleh koloid mineral, serta menolak anion-anion (unsur bermuatan negatif).

Contoh kation-kation utama yang terjerap pada koloid mineral adalah Nitrogen (NH_4^+), kalium (K^+), Natrium (Na^+), Hidrogen (H^+), Kalsium (Ca^{2+}), dan Magnesium (Mg^{2+}). Sedangkan anion-anion diantaranya Nitrat (NO_3^- dan Sulfat (SO_4^{2-}) (Winarso, 2005).

9.4.2. Kapasitas Tukar Kation dan Anion

Pertukaran kation berarti pergantian kation-kation yang terikat atau teradsorpsi oleh kation-kation lain. Kation yang ada di dalam tanah seperti Ca^{2+} dapat diganti dengan kation K^+ ataupun sebaliknya. Jumlah kation-kation yang dapat dipertukarkan ini berbeda-beda.

Kapasitas tukar kation (KTK) berarti kemampuan tanah dalam menyerap dan melepaskan kation dan dinyatakan sebagai total

kation yang dapat dipertukarkan per 100 gram tanah (me/100 gram tanah). Kondisi tanah sangat menentukan besar kecilnya KTK tanah. Pada tanah dengan kadar liat atau bahan organik tinggi, maka KTK tanah juga akan semakin tinggi (Hanafiah, 2014).

Tinggi rendahnya KTK tanah sangat mempengaruhi berbagai proses dan kondisi di dalam tanah. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tanah yang mempunyai Kapasitas Tukar Kation (KTK)	
1-5 C.mol+. kg ⁻¹ (rendah)	25-40 C.mol+. kg ⁻¹ (tinggi)
• Kadar pasir tinggi • Kadar bahan organik rendah • Sering terjadi pencucian NO₃⁻ dan K⁺ • Sedikit kapur diperlukan untuk penyesesuaian pH normal • Kemampuan menahan air rendah • Pemberian pupuk	• Kadar liat tinggi • Kadar bahan organik tinggi • Pencucian NO₃⁻ dan K⁺ jarang terjadi • Perlu banyak kapur untuk penyesesuaian pH normal • Kemampuan menahan air tinggi • Pemberian pupuk banyak sehingga

sedikit tetapi frekuensi lebih sering	frekuensi jarang
---------------------------------------	------------------

Sumber : (Winarso, 2005)

Kation tanah terdiri dari kation asam seperti H^+ dan Al^{3+} dan kation basa seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ dan K^+ . Adanya kation asam dan basa ini, mempengaruhi nilai kejenuhan basa. Kejenuhan Basa (KB) diartikan sebagai persentase total KTK yang berisi kation basa atau merupakan perbandingan dari kation-kation basa dengan total Kation dari KTK tanah. Pengetahuan terkait KB tanah ini penting dalam pertimbangan pemupukan dan kemudahan tersedianya unsur hara bagi tanaman. Dan umumnya, KB tanah berkorelasi positif dengan tingkat keasaman tanah (pH).

9.4.2 Kemasaman Tanah

Kemasaman tanah atau pH tanah sangat mempengaruhi aktivitas reaksi pupuk di dalam tanah. Sebagai contoh pada proses perubahan pupuk nitrogen di dalam tanah. Proses perubahan nitrogen yang diberikan dari pupuk atau bahan organik melibatkan aktivitas mikroorganisme.

Mirkoorganisme yang berperan dalam proses ini adalah jenis heterotrof terdiri dari kelompok bakteri dan fungi. Mikroorganisme tersebut berperan dalam perombakan pupuk yang diberikan di dalam tanah. Dalam aktivitasnya, mikroorganisme tersebut dipengaruhi oleh kondisi kemasaman tanah (pH tanah).

Pada kondisi keasaman tanah yang mendekati kondisi netral, maka kelompok mikroorganisme yang dominan adalah bakteri. Sedangkan pada kondisi keasaman tanah alkalin atau di atas netral, maka kelompok mikroorganisme yang dominan adalah fungi dan juga aktinomicetes (Winarso, 2005). Pada kondisi pH tanah yang masam, maka yang dominan adalah fungi.

Peran pH tanah terhadap ion P di dalam tanah juga sangat penting. Pada tanah masam, ion P akan diadsorpsi sangat kuat oleh permukaan besi, aluminium, mangan oksida dan hidroksida. Sedangkan pada tanah alkalin, ion P diadsorpsi oleh permukaan liat lalu diendapkan menjadi kalsium fosfat seperti hidroksiapatit. Hasil penelitian (Kasno et al., 2006) menunjukkan bahwa pada tanah masam, pemupukan P sangat dianjurkan untuk meningkatkan ketersediaan P. Selain itu, bentuk P yang tersedia bagi tanaman berbeda-beda pada masing-masing pH tanah. Pada tanah dengan pH asam P yang banyak tersedia adalah ortofosfat primer (H_2PO_4^-), sedangkan pada pH alkalin, P yang banyak tersedia adalah ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}) (Tan, 1998).

Bagi unsur K, nilai kritis pH nya adalah 6.0. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan K akan meningkat pada pH di atas 6,0. Peningkatan tersebut terkait dengan meningkatnya KTK tanah, sehingga ion-ion K terikat namun masih dapat dipertukarkan dan proses pencucian menjadi berkurang (Hanafiah, 2014).

DAFTAR PUSTAKA

- Hanafiah, K. (2014). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Persada.
- Hartono, A., Indriyati, L. T., Santari, P. T., & Novianti, N. E. (2019). Perubahan Sifat Kimia dan Pola Pelepasan Amonium dan Nitrat pada Ultisol Darmaga yang Diberi Pupuk Pelet Berbahan Dasar Lumpur Kolam Ikan. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 21(2), 78–86. <https://doi.org/10.29244/jitl.21.2.78-86>
- Hartono, A., Nugroho, B., Nadalia, D., & Ramadhani, A. (2021). Dinamika Pelepasan Nitrogen Empat Jenis Pupuk Urea Pada Kondisi Tanah Tergenang. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 23(2), 66–71. <https://doi.org/10.29244/jitl.23.2.66-71>
- Indriyati, L. T., Sabiham, S., Darusman, L. K., Situmorang, R., Sudarsono, ., & Sisworo, W. H. (2008). Transformasi Nitrogen dalam Tanah Tergenang: Aplikasi Jerami Padi dan Kompos Jerami Padi. *Journal of Tropical Soils*, 13(3), 189–197. <https://doi.org/10.5400/jts.2008.v13i3.189-197>
- Kasno, A., Setyorini, D., & Tuberkih, E. (2006). Pengaruh Pemupukan Fosfat Terhadap Produktivitas Tanah Inceptisol Dan Ultisol. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 8(2), 91–98. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/JIPI/article/download/4756/2621>
- Kaya, E. (2012). PENGARUH PUPUK KALIUM DAN FOSFAT TERHADAP KETERSEDIAAN DAN SERAPAN FOSFAT

TANAMAN KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.) PADA TANAH BRUNIZEM. *Agrologia*, 1(2), 113–118. <https://www.neliti.com/publications/288744/pengaruh-pupuk-kalium-dan-fosfat-terhadap-ketersediaan-dan-serapan-fosfat-tanama>

Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murtilaksono, A. (2021). *Pupuk dan Pemupukan* (Z. Hanum (ed.); 1st ed.). Syiah Kuala Lumpur Press.

<https://www.google.com/books?hl=en&lr=&id=eiwyEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=buku+pupuk+dan+pemupukan+pdf&ots=TCw76Beato&sig=IDDPF8Gw6LuC2LSJl6hjHCXYME8>

Mawaddah, A., Roto, R., & Suratman, A. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN UREA TERHADAP PENINGKATAN PENCEMARAN NITRIT DAN NITRAT DALAM TANAH (Influence of Addition of Urea to Increased Pollution of Nitrite and Nitrate in The Soil). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(3), 360. <https://doi.org/10.22146/jml.22473>

Mulyani, N. S., Suryadi, M. E., Dwiningsih, S., & Haryanto. (2001). Dinamika Hara Nitrogen pada Tanah Sawah. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 3, 14–25.

Sarwono, H. (2015). *Ilmu Tanah* (8th ed.). CV Akademika Pressindo.

Sulistyo Dhamar Lestari, R., Teknik Kimia, J., Teknik, F., Sultan Ageng Tirtayasa Jl Jendral Sudirman Km, U., & Gadjah Mada Jl Grafika, U. (2013). Pelepasan Lambat (Slow Release) Diazinon dari Mikrokapsul Melamin Urea Formaldehid. *Jurnal Rekayasa*

Proses, 7(2), 31–36.

Tan, K. H. (1998). *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Gajah Mada University Press.

Winarso, S. (2005). *Kesuburan Tanah*. Gava Media.

BAB 10

CARA PEMUPUKAN

Oleh Andi Masnang

10.1 Pendahuluan

Pertanian modern berusaha untuk mengelola pupuk secara berkelanjutan karena alasan ekonomi dan lingkungan. Pemantauan defisiensi nutrisi (fosfor, nitrogen, kalium) pada tanaman yang sedang tumbuh merupakan tantangan bagi teknologi pertanian presisi. pH tanah yang terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa) dapat menyebabkan masalah unsur hara (Siedliska et al., 2021). Tanah yang subur umumnya memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, dan kemampuan menyimpan air (Chatzistathis et al., 2020). Tanah yang tidak subur bisa menjadi padat dan kompak. Hal ini mengurangi sirkulasi udara dan drainase air, sehingga sulit bagi akar tanaman untuk tumbuh dan berkembang. (Clark & Zheng, 2020).

Penilaian ciri-ciri tersebut penting untuk menentukan langkah yang perlu diambil guna meningkatkan kesuburan tanah, seperti pemberian pupuk, pengolahan tanah yang tepat, dan praktik konservasi tanah. Pemupukan adalah proses pemberian unsur hara tambahan kepada tanaman dalam bentuk pupuk guna meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, dan produksi tanaman. Fungsi utama pemupukan adalah

memberikan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman ketika tanah alami tidak dapat menyediakan unsur hara yang cukup.

Pemupukan yang tepat dapat memberikan unsur hara esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium (NPK) yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan optimal. Unsur hara ini berperan dalam proses fotosintesis, sintesis protein, dan pembentukan jaringan tanaman. Dengan menyediakan unsur hara yang cukup, tanaman dapat tumbuh lebih cepat dan lebih sehat, yang pada akhirnya dapat meningkatkan produksi hasil tanaman seperti buah, sayuran, atau biji-bijian. Penelitian mengungkapkan hanya 50% dari pupuk yang diberikan diserap oleh tanaman dan sisanya hilang dalam bentuk jalur yang berbeda seperti denitrifikasi, pelindian, dan penguapan yang sangat berbahaya bagi keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, sinkronisasi antara kebutuhan tanaman dan pasokan nitrogen dengan menggunakan alat membantu meminimalkan kehilangan nitrogen, memaksimalkan efisiensi penggunaan nitrogen, dan meningkatkan produktivitas. (Bhusal & Thakur, 2022).

Pemupukan yang tepat dapat membantu meningkatkan kualitas hasil panen. Misalnya, pupuk yang mengandung zat besi dapat mencegah terjadinya kekurangan zat besi pada tanaman, yang dapat mengakibatkan daun menjadi kuning (klorosis) dan mengurangi nilai gizi hasil panen. Beberapa pupuk khusus dapat digunakan untuk mengatur waktu pemasakan buah. Hal ini bisa sangat penting dalam pertanian komersial di mana penentuan

waktu panen yang tepat dapat mempengaruhi kualitas dan daya tahan hasil panen. Unsur hara yang cukup membuat tanaman lebih tahan terhadap serangan penyakit dan hama. Tanaman yang lemah karena kekurangan unsur hara lebih rentan terhadap serangan patogen dan hama. Pemupukan yang tepat dapat membantu tanaman lebih tahan terhadap stres lingkungan, seperti kekeringan atau suhu ekstrem. Hasil penelitian Masnang, et al., (2022) menunjukkan bahwa posisi penempatan pupuk berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman. Penempatan pupuk kandang di atas permukaan tanah yang diberikan border (Gambar 1) memiliki tingkat kelembaban tanah 46.05% dan kadar air kapasitas lapang 62.22% nyata lebih tinggi dibandingkan dengan penempatan pupuk kandang pada lubang tanam 30.74% dan 38.96%, menghasilkan produksi umbi pada tanaman talas tertinggi 21,43 ton/ha dibandingkan pada penempatan pupuk kandang yang diletakkan pada lubang tanam dengan produksi umbi 15,86 ton/ha.



Gambar 1. Penempatan pupuk kandang di dalam *border*

Unsur hara yang cukup membantu tanaman mempertahankan vitalitasnya dalam kondisi lingkungan yang tidak ideal (Almeida et al., 2019). Pemupukan yang baik juga dapat membantu menjaga keseimbangan unsur hara dalam tanah, mencegah degradasi tanah, dan meningkatkan kesuburan tanah jangka panjang.

Salah satu hal yang penting untuk diperhatikan saat pemupukan adalah cara penempatan pupuk agar tanaman dapat mengkonsumsi unsur hara secara efisien (Imbiri et al., 2021; Herman, et al., 2022; Masnang, et al., 2022;). Pemupukan dengan cara yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tanaman (Masnang & Dyah Budibruri Wibaningwati, 2023; Masnang, 2022). Beberapa cara pemupukan yang umum digunakan yaitu: *Broadcast* (disebar), *Sideband* (disamping tanaman), *In the row* (dalam larikan), *Top atau side dressed*, *Foliar application*, *Fertigation*. Setiap tanaman memiliki preferensi dan respons yang berbeda terhadap cara pemupukan tertentu (Faamatuainu, 2018; Hatfield, 2018) . Oleh karena itu penting untuk memahami kebutuhan unsur hara tanaman dan kondisi pertanian secara keseluruhan sebelum memutuskan menggunakan cara pemupukan.

10.2 Metode Pemupukan sebar (*Broadcast*)

Pemupukan yang disebar merata di permukaan tanah, juga dikenal sebagai pemupukan *broadcast* (Gambar 2), merupakan teknik penting untuk memberikan unsur hara kepada tanaman secara merata di seluruh area tanaman. Cara ini merupakan cara yang paling sederhana karena pupuk diberikan ke media tanam dengan cara disebar di atas permukaan media saat pengolahan tanah, sehingga pupuk tercampur merata dengan tanah. Namun demikian terdapat kelemahan dengan cara sebar ini yakni dapat memicu pertumbuhan gulma. Cara sebar cocok dilakukan jika jarak tanam yang rapat dan populasi tanaman cukup tinggi seperti pada tanaman padi sawah.



Gambar 2. Metode Pemupukan *Broadcast*

Hasil penelitian (Freiling et al., 2022), menyatakan bahwa pengaruh penempatan fosfor terhadap hasil, komponen hasil,

dan serapan P dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti lokasi, tahun tanam, dan varietas tanaman. *Broadcast P* adalah aplikasi keseluruhan terbaik untuk kedelai. *Broadcast* pada NPK masing-masing menghasilkan serapan hara yang lebih besar, produktivitas faktor parsial NPK dan hasil bahan kering tertinggi (Kamboj et al., 2022).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemupukan cara sebar antara lain:

- Jenis pupuk yang sesuai dengan jenis tanaman dan tahap pertumbuhan. Pupuk dapat berbentuk granul atau butiran yang dapat dengan mudah disebar di atas permukaan tanah.
- Dosis pupuk yang tepat berdasarkan jenis tanaman, usia tanaman, dan rekomendasi pemupukan. Dosis ini akan mempengaruhi berapa banyak pupuk yang perlu diberikan per unit area.
- Alat yang digunakan sesuai, seperti alat pemupuk tangan atau alat pemupuk mekanis.
- Waktu pemupukan yang tepat, biasanya saat cuaca cerah dan tanah dalam keadaan kering agar pupuk tidak mudah hilang karena pencucian.

10.3 Cara Pemupukan *Sideband*

Metode pemupukan *sideband* (Gambar 3), di mana pupuk diletakkan di salah satu sisi atau kedua sisi tanaman, memiliki beberapa keunggulan yang dapat memberikan manfaat bagi pertumbuhan tanaman dan efisiensi pemupukan.



Gambar 3. Metode Pemupukan *sideband*

Beberapa keunggulan dari metode pemupukan *sideband* antara lain:

- Presisi Pemupukan: Dengan meletakkan pupuk di samping atau di sekitar tanaman, unsur hara dapat mengarah secara langsung ke zona akar tanaman. Hal ini memungkinkan tanaman mengakses unsur hara dengan lebih efisien dan menghindari pemborosan pupuk yang tersebar di area yang tidak diperlukan.
- Pencegahan Kontak Langsung dengan Tanaman: Pupuk yang diletakkan di samping atau di sekitar tanaman mengurangi risiko kontak langsung antara pupuk dan

bagian tanaman yang lebih sensitif, seperti daun dan batang. Ini membantu mencegah potensi kerusakan atau kebakaran daun yang disebabkan oleh pupuk yang bersentuhan langsung.

- Kemampuan Menyesuaikan Lokasi Pemupukan: Dengan metode *sideband*, fleksibilitas untuk menyesuaikan lokasi pemberian pupuk berdasarkan kebutuhan tanaman. Misalnya, jika tanaman memerlukan lebih banyak unsur hara di satu sisi, dapat ditingkatkan jumlah pupuk di sisi tersebut.
- Pengurangan Risiko Pencucian Unsur hara: dapat mengurangi risiko pencucian unsur hara oleh air hujan atau irigasi. Unsur hara cenderung tetap berada di sekitar zona akar tanaman, sehingga tanaman lebih mudah mengaksesnya.
- Pencegahan Penguapan Pupuk: Metode *sideband* juga dapat membantu mengurangi penguapan unsur hara dari permukaan tanah. Dengan meletakkan pupuk di bawah permukaan tanah, unsur hara lebih terlindungi dari penguapan oleh sinar matahari dan angin.
- Pemupukan Berfokus pada Tanaman Utama: dapat lebih fokus pada pemupukan tanaman utama yang sedang dibudidayakan sehingga dapat membantu mengurangi persaingan unsur hara dengan gulma atau tanaman lain yang tidak diinginkan.

- Efisiensi Pemupukan: Metode *sideband* dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, karena unsur hara diserap langsung oleh akar tanaman dan memiliki potensi lebih rendah untuk hilang atau tercuci.

Hasil penelitian Nayak et al., (2022) menunjukkan bahwa penempatan nitrogen (N) di bawah permukaan tanah meningkatkan kandungan N dan mengubah laju pertumbuhan jagung. Variabilitas hasil jagung paling baik digambarkan oleh panjang tongkol dan jumlah tongkol dalam pengolahan tanah jangka panjang dan oleh panjang tongkol di plot pengelolaan N.

10.4 Pemupukan "*In The Row*" Atau Dalam Larikan.

Pemupukan "*In the row*" atau dalam larikan (Gambar 4) di mana pupuk diberikan dalam larikan tanaman atau sejajar dengan barisan tanaman, memiliki beberapa keunggulan dan manfaat tertentu. Beberapa keunggulan dari metode pemupukan "*In the row*" antara lain:

- Akurasi dan Ketepatan: Metode pemupukan "*In the row*" memungkinkan pupuk ditempatkan dengan akurat di sepanjang larikan tanaman. Ini membantu memastikan bahwa unsur hara diberikan secara tepat ke zona akar tanaman, sehingga tanaman dapat mengakses unsur hara dengan lebih efisien.

- Optimalisasi Unsur hara: Pupuk yang diberikan dalam larikan tanaman memastikan bahwa unsur hara diserap oleh tanaman dan memiliki potensi lebih rendah untuk hilang atau tercuci oleh air hujan atau irigasi.
- Minimalisasi Persaingan Unsur hara: Dengan memberikan pupuk di sepanjang barisan tanaman, persaingan unsur hara dengan gulma atau tanaman lain yang tidak diinginkan di luar larikan tanaman dapat diminimalkan.
- Kemudahan Aplikasi: Metode ini memungkinkan aplikasi pupuk dengan mudah dan cepat, terutama jika menggunakan alat atau peralatan yang tepat.



Gambar 4. Metode pemupukan *In the row*

Metode pemupukan "*In the row*" memiliki manfaat khusus terutama dalam pertanian berbaris seperti pertanian jagung, kedelai, atau

sayuran yang tumbuh dalam larikan. Penempatan pupuk yang dalam tidak hanya memiliki dampak agronomi dan sosial ekonomi yang positif, tetapi juga manfaat lingkungan (Choudhary, 2021).

10.5 Metode Pemupukan *Top Atau Side Dressed*

Metode pemupukan *top atau side dressed* (Gambar 5) adalah teknik pemberian pupuk setelah tanaman tumbuh beberapa waktu, dengan meletakkan pupuk di atas atau di samping tanaman.



Gambar 5. Metode pemupukan *top atau side dressed*

Beberapa keunggulan dari metode pemupukan *top atau side dressed* sebagai berikut:

- Pemberian Unsur hara Tambahan: Metode ini memudahkan untuk memberikan unsur hara tambahan kepada tanaman yang mungkin memerlukan suplemen unsur hara selama siklus pertumbuhannya.
- Penyesuaian Kebutuhan Tanaman: Dengan pemupukan *top atau side dressed*, jenis dan jumlah pupuk yang

diberikan berdasarkan respons dan kebutuhan aktual tanaman dapat disesuaikan.

- Responsif Terhadap Perubahan Kondisi: Tanaman dapat menghadapi perubahan kondisi, seperti perubahan dalam ketersediaan unsur hara atau kondisi lingkungan. Metode ini dapat mengatasi perubahan lingkungan dengan memberikan unsur hara tambahan sesuai kebutuhan.
- Efisiensi Unsur hara: Pemupukan top atau side dressed memungkinkan unsur hara diberikan secara tepat di sekitar zona akar tanaman. Ini membantu mengoptimalkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman dan mengurangi risiko kehilangan unsur hara.
- Pencegahan Pemupukan Berlebihan: Metode ini membantu mencegah pemupukan berlebihan yang dapat terjadi jika pupuk diberikan sebelum penanaman. Unsur hara diberikan sesuai dengan kebutuhan aktual tanaman, mengurangi risiko kerusakan atau pemborosan unsur hara.
- Penanganan Lebih Tepat: Metode *top dressed* memungkinkan untuk menempatkan pupuk di area yang tepat di sekitar tanaman. Ini membantu menghindari kontak langsung pupuk dengan daun dan batang tanaman, mengurangi risiko kerusakan.
- Pemupukan Berkelanjutan: Metode ini dimungkinkan untuk memberikan unsur hara tambahan seiring dengan

perkembangan tanaman. Ini sangat bermanfaat pada tanaman yang memiliki periode pertumbuhan yang berbeda-beda, seperti tanaman buah atau sayuran.

- Respons Terhadap Kekurangan Unsur hara: Jika ada tanda-tanda kekurangan unsur hara pada tanaman, dapat direspons dengan memberikan pupuk tambahan melalui metode ini, tanpa harus mengganggu tanaman secara keseluruhan.

10.6 Metode Pemupukan *Pop-Up*

Metode pemupukan *pop-up* (Gambar 6), di mana pupuk dimasukkan bersamaan dengan biji yang ditanam, memiliki beberapa keunggulan yang dapat memberikan manfaat bagi pertumbuhan awal tanaman.



Gambar 6. Metode pemupukan *pop-up*

Beberapa keunggulan dari metode pemupukan *pop-up* sebagai berikut:

- Pemberian Unsur hara Awal yang Tepat: Dengan memasukkan pupuk bersamaan dengan biji, tanaman dapat langsung mengakses unsur hara yang diperlukan sejak awal pertumbuhannya. Hal ini dapat membantu tanaman dalam fase kritis pertumbuhan awal, di mana unsur hara sangat penting.
- Stimulasi Pertumbuhan Awal: Pupuk yang langsung tersedia di sekitar biji dapat memberikan stimulus pertumbuhan yang lebih baik pada fase awal pertumbuhan tanaman. Ini dapat membantu tanaman tumbuh lebih cepat dan lebih sehat pada tahap awal.
- Pemupukan yang Tepat Sasaran: Metode ini memungkinkan pupuk ditempatkan tepat di dekat zona akar tanaman yang muda, di mana tanaman membutuhkan unsur hara secara khusus. Ini membantu mengurangi persaingan unsur hara dengan gulma atau tanaman lain.
- Pencegahan Pemupukan Berlebihan: Risiko pemupukan berlebihan lebih rendah dibandingkan dengan metode pemupukan tradisional karena pupuk diberikan dalam jumlah yang relatif kecil di sekitar biji,

- Penyediaan Unsur hara yang Konsisten: Unsur hara tersedia secara konsisten di sekitar zona akar tanaman muda. Hal ini membantu menjaga pertumbuhan yang seimbang pada tahap awal pertumbuhan.
- Mengatasi Kekurangan Unsur hara: Jika tanah memiliki kekurangan unsur hara tertentu, metode pemupukan *pop-up* dapat membantu mengatasi kekurangan tersebut pada tahap awal pertumbuhan tanaman.
- Pencegahan Kontak Langsung dengan Daun: Pupuk yang ditempatkan di dekat biji jarang akan bersentuhan langsung dengan daun atau batang tanaman, sehingga mengurangi risiko kerusakan atau kebakaran daun.
- Kemudahan Pemberian Pupuk: Metode ini relatif mudah dilakukan saat menanam biji. Pupuk dapat dicampurkan dengan benih atau ditempatkan di lubang tanam sebelum menanam biji.

Namun, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan metode pemupukan *pop-up*:

- Jangan menggunakan dosis pupuk yang terlalu tinggi, karena ini dapat merusak biji atau mengganggu pertumbuhan awal tanaman.
- Pastikan pupuk tidak bersentuhan langsung dengan biji, karena pupuk yang terlalu dekat dengan biji dapat merusaknya.

- Pemilihan pupuk yang tepat dan kompatibel dengan biji sangat penting. Beberapa jenis pupuk mungkin terlalu kuat atau terlalu asam untuk diberikan bersamaan dengan biji.
- Seperti halnya metode pemupukan lainnya, pemahaman tentang kebutuhan unsur hara tanaman dan perhatian terhadap dosis dan aplikasi pupuk sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal.

10.7 Metode Pemupukan Melalui Daun

Metode pemupukan melalui daun (Gambar 7) atau yang dikenal sebagai *foliar application*, memiliki beberapa keunggulan yang dapat memberikan manfaat bagi pertumbuhan dan kesehatan tanaman.



Gambar 7. Metode pemupukan melalui daun

Beberapa keunggulan dari metode pemupukan *foliar application* sebagai berikut:

- Penyerapan Unsur hara Cepat: Pemupukan melalui daun memungkinkan unsur hara diserap langsung oleh daun tanaman dan masuk ke dalam sistem tanaman dengan cepat. Ini sangat penting jika tanaman memerlukan unsur hara tambahan dengan segera.
- Respons Cepat Terhadap Kekurangan Unsur hara: Jika tanaman menunjukkan tanda-tanda kekurangan unsur hara, pemupukan foliar dapat memberikan respon yang lebih cepat daripada metode pemupukan akar. Unsur hara yang diserap melalui daun dapat mengatasi kekurangan unsur hara dengan lebih efektif.
- Penghindaran Persaingan Unsur hara: Pemupukan melalui daun membantu menghindari persaingan unsur hara dengan gulma atau mikroorganisme di dalam tanah. Unsur hara langsung diberikan ke tanaman, sehingga tidak ada persaingan yang dapat menghambat penyerapan unsur hara.
- Mengatasi Kondisi Tanah yang Tidak Ideal: Jika kondisi tanah tidak mengizinkan penyerapan unsur hara yang efisien melalui akar (seperti pH tanah yang rendah), pemupukan foliar dapat menjadi solusi alternatif untuk menyediakan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman.

- Pemberian Unsur hara yang Tepat Sasaran: dapat mengarahkan pupuk langsung ke bagian tanaman yang memerlukan unsur hara tambahan. Misalnya, pupuk yang kaya zat besi dapat diberikan langsung ke daun untuk mengatasi kekurangan zat besi.
- Penggunaan Pupuk Lebih Efisien: Pemupukan foliar dapat membantu mengurangi jumlah pupuk yang diperlukan dibandingkan dengan metode pemupukan akar. Hal ini karena unsur hara diberikan secara tepat di tempat yang dibutuhkan.
- Pemupukan Tidak Terganggu oleh Kondisi Tanah: Pada beberapa kondisi tanah tertentu seperti tanah yang terlalu kering atau terlalu kompak, akar tanaman mungkin sulit menyerap unsur hara secara efisien. Pemupukan foliar memberikan solusi alternatif dalam situasi seperti ini.
- Pemberian Pupuk Mikroelemen: Unsur hara mikro seperti zat besi, seng, dan mangan sering kali diperlukan dalam jumlah kecil tetapi sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Metode foliar application memungkinkan pemberian unsur hara mikroelemen yang tepat.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan metode pemupukan cara *foliar* sebagai berikut:

- Jangan menggunakan dosis pupuk yang terlalu tinggi, karena hal ini dapat merusak daun tanaman.
- Pastikan pupuk yang digunakan sesuai dengan jenis tanaman dan masalah unsur hara yang dihadapi.
- Pemupukan foliar biasanya digunakan sebagai suplemen, dan tidak boleh menggantikan pemupukan akar yang mendasar.
- Pemupukan foliar sebaiknya dilakukan di pagi atau sore hari saat suhu dan kelembaban lebih rendah, sehingga pupuk dapat menempel pada daun dengan lebih baik.
- Pemupukan foliar adalah metode yang berguna untuk memberikan unsur hara tambahan atau mengatasi kekurangan unsur hara dengan cepat. Namun, perlu diingat bahwa metode ini lebih efektif jika digunakan sebagai pendekatan tambahan dalam pemupukan tanaman.

10.8 Metode Pemupukan *Fertigation*

Metode pemupukan *fertigation* yakni pemberian pupuk melalui air irigasi (Gambar 8), memiliki sejumlah keunggulan yang merupakan salah satu teknik pemupukan yang efektif dan efisien.



Gambar 8. Metode pemupukan *fertigation*

Beberapa keunggulan dari metode pemupukan *fertigation* sebagai berikut:

- Pemberian Unsur hara yang Merata: *Fertigation* memungkinkan pupuk dicampur dengan air irigasi dan disalurkan langsung ke zona perakaran tanaman. Ini memastikan distribusi unsur hara yang merata di seluruh area tanaman, menghindari pemupukan yang tidak merata seperti pada beberapa metode lainnya.
- Akurasi Dosis Unsur hara: Dalam *fertigation*, dosis pupuk dapat diatur dengan sangat akurat. Ini membantu menghindari pemupukan berlebihan atau kekurangan yang dapat merugikan tanaman.

- Responsif Terhadap Kebutuhan Tanaman: Fertigation memungkinkan dosis dan komposisi pupuk dapat diubah dengan cepat sesuai dengan kebutuhan aktual tanaman.
- Efisiensi Penggunaan Pupuk: Dengan pupuk yang diberikan secara terukur melalui air irigasi, unsur hara diserap oleh tanaman dengan efisien. Ini membantu mengurangi pemborosan pupuk dan membantu menjaga kualitas air tanah.
- Pemberian Unsur hara yang Konsisten: Fertigation memungkinkan unsur hara tersedia secara kontinyu dan konsisten di sekitar zona akar tanaman. Hal ini membantu menjaga pertumbuhan yang seimbang.
- Pemberian Unsur hara Mikro: Metode ini dapat digunakan untuk memberikan unsur hara mikro yang sering kali diperlukan dalam jumlah kecil tetapi penting bagi pertumbuhan tanaman.
- Pemberian Unsur hara Tepat Waktu: Unsur hara diserap oleh tanaman saat mereka membutuhkannya. Ini membantu mengoptimalkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman.
- Pencegahan Kontaminasi Tanaman: Karena pupuk dicampur dengan air irigasi, risiko kontaminasi langsung pada tanaman yang lebih sensitif seperti daun dan batang lebih rendah dibandingkan metode pemupukan langsung.

- Aplikasi Lebih Mudah: *Fertigation* lebih mudah diterapkan di lahan pertanian yang luas, karena pupuk dapat diberikan melalui sistem irigasi yang sudah ada.

Metode pemupukan *fertigation* memiliki sejumlah keunggulan yang menjadikannya salah satu teknik pemupukan yang efektif dan efisien. Pengurangan penggunaan air karena sistem irigasi tetes bervariasi dari 30 hingga 70% untuk metode irigasi permukaan dan manfaat produktivitas berkisar antara 20 hingga 80% untuk berbagai tanaman. Fertigasi memungkinkan penempatan nutrisi NPK langsung ke zona akar tanaman dengan dosis yang diperlukan selama masa kritis. Dimungkinkan untuk meningkatkan kapasitas hasil panen tiga kali lebih banyak dengan jumlah air yang sama dengan memasukkan fertigasi tetes (Dinkar Thorat & Jahirabadkar, 2023).

Secara keseluruhan, metode pemupukan *fertigation* adalah pendekatan yang efisien dan efektif untuk memberikan unsur hara kepada tanaman dengan tepat, terutama dalam skala pertanian yang lebih besar. Pemupukan lubang merupakan cara yang efektif untuk menghemat pupuk dan meningkatkan hasil dengan cara pemberian pupuk yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman pada areal tertentu di bawah benih selama tahap pemupukan benih (Gao et al., 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, R. F., Queiroz, I. D. S., Mikhael, J. E. R., Oliveira, R. C., & Borges, E. N. (2019). Enriched animal manure as a source of phosphorus in sustainable agriculture. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-00291-x>
- Masnang, & Dyah Budibruri Wibaningwati. (2023). Effectiveness of application of organic fertilizer on plant growth and yield of taro on dry Land. *The 5th International Conference on Agriculture and Life Science 2021 (ICALS 2021)*, 1–6.
- Bhusal, D., & Thakur, D. P. (2022). Precision nitrogen management on crop production: A review. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 7(2). <https://doi.org/10.26832/24566632.2022.0702016>
- Chatzistathis, T., Papadakis, I. E., Papaioannou, A., Chatzissavvidis, C., & Giannakoula, A. (2020). Comparative study effects between manure application and a controlled-release fertilizer on the growth, nutrient uptake, photosystem II activity and photosynthetic rate of *Olea europaea* L. (cv. 'Koroneiki'). *Scientia Horticulturae*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109176>
- Choudhary, S. (2021). Application uniformity assessment of deep fertilizer placement machine for urea briquettes. *Agricultural Engineering Today*, 45(04). <https://doi.org/10.52151/aet2021454.1545>

- Clark, M. J., & Zheng, Y. (2020). Fertilization methods for organic and conventional potted blueberry plants. *HortScience*, 55(3). <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14416-19>
- Dinkar Thorat, B., & Jahirabadkar, S. A. (2023). Survey on Precision Agriculture in Indian Context for Effective Fertigation Using Learning Techniques. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 464. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2394-4_71
- Faamatuainu, W. (2018). Growth, Development, and Yield of Taro Plants Treated with Controlled and Fast Release Nitrogen Fertilizers. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 1(1). <https://doi.org/10.2134/age2018.04.0010>
- Freiling, M., von Tucher, S., & Schmidhalter, U. (2022). Factors influencing phosphorus placement and effects on yield and yield parameters: A meta-analysis. In *Soil and Tillage Research* (Vol. 216). <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105257>
- Gao, J., Zhang, F., Zhang, J., Zhou, H., & Yuan, T. (2023). Development and field performance evaluation of hole-fertilizing planter and dynamic alignment control system for precision planting of corn. *Precision Agriculture*, 24(4). <https://doi.org/10.1007/s11119-023-09988-6>
- Hatfield, J. L. (2018). Withdrawn: Growth, Development, and Yield of Taro Plants Treated with Controlled and Fast Release Nitrogen Fertilizers. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 1(1). <https://doi.org/10.2134/age2018.04.0010w>

- Herman, Masnang, A., Sulassih. (2022). Respon Tanaman Sawi Pada Berbagai Frekuensi Pemberian Air Di Wadah Tanam Batang Pisang (Response of Mustard Plants on Various Watering Frequency in Banana Stem Planting Containers). *Journal of Agribusiness and Agrotechnology*, 3(1).
- Imbiri, K., Jannah, A., & Masnang, A. (2021). Respon Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Pada Beberapa Media Tumbuh Organik. *Agrisintech (Journal of Agribusiness and Agrotechnology)*, 2(1). <https://doi.org/10.31938/agrisintech.v2i1.310>
- Kamboj, A., K. Khokhar, K., Raj, D., Kumar, P., Kumar, S., Kamboj, P., & Rani, M. (2022). Optimizing the Methods and Schedule of Fertilization Escalated Nutrient Uptake, Nutrient Use Efficiency and Dry Matter Yield of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i121606>
- Masnang, A. (2022). Bab 5. Daur Hara Kehidupan. *Pengantar Ilmu Pertanian*.
- Masnang, A., Jannah, A., Wibaningwati, D. B., Nurilmala, F., & Nurhayati, L. (2022). Placement Precision of Organic Fertilizer Based on Soil Conservation in Taro Cultivation. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 11(3), 396. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v11i3.396-404>
- Nayak, H. S., Parihar, C. M., Mandal, B. N., Patra, K., Jat, S. L., Singh, R., Singh, V. K., Jat, M. L., Garnaik, S., Nayak, J., & Abdallah, A. M. (2022). Point placement of late vegetative stage nitrogen splits

increase the productivity, N-use efficiency and profitability of tropical maize under decade long conservation agriculture. *European Journal of Agronomy*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126417>

Siedliska, A., Baranowski, P., Pastuszka-Woźniak, J., Zubik, M., & Krzyszczak, J. (2021). Identification of plant leaf phosphorus content at different growth stages based on hyperspectral reflectance. *BMC Plant Biology*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02807-4>

BAB 11

PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN DALAM TANAH TERHADAP PERILAKU PUPUK

Oleh Zurrahmi Wirda

11.1 Pendahuluan

Pertumbuhan suatu tanaman dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam yang terdiri dari faktor genetik tanaman itu sendiri sedangkan faktor luar berupa faktor lingkungan (Gardner *et al.*, 1991). Berbagai faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti cahaya, udara, kelembaban, ketinggian tempat, unsur hara, serangan hama dan penyakit dan lain-lain.

Unsur hara merupakan jenis-jenis unsur yang ada di alam dan dibutuhkan oleh tanaman. Unsur hara yang dibutuhkan tanaman dibedakan atas dua kelompok yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro meliputi nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), karbon (C), oksigen (O), hidrogen (H), nitrogen (N), sulfur/belerang (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Unsur hara mikro terdiri dari klor (Cl), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), boron (B) dan molibdenum (Mo) (Rajiman, 2020).

Keberadaan unsur hara di dalam tanah tidak selamanya tersedia bagi tanaman. Ada kalanya memang hanya ada sedikit jumlahnya di dalam tanah sehingga perlu penambahan melalui pemupukan. Namun kadang hara yang tersimpan di dalam tanah jumlahnya cukup bahkan banyak tetapi tanaman tidak dapat mengambilnya karena beberapa penyebab di dalam tanah. Untuk itu perlu kita mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan hara di dalam tanah.

11.2. Faktor Penentu Ketersediaan Hara di dalam Tanah

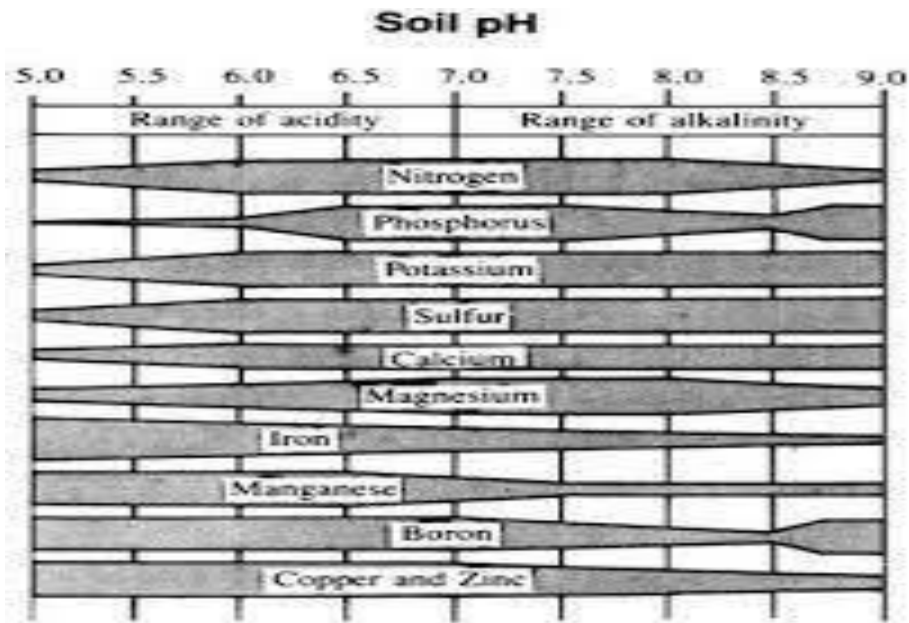
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan hara di dalam tanah yaitu antara lain pH tanah, kadar bahan organik tanah, kadar dan tipe lelehan tanah, keadaan oksidasi dan reduksi, kadar garam dan mineral tanah serta aktivitas mikroorganisme tanah. Ketersediaan unsur hara di dalam tanah berkaitan erat dengan bentuk dan keberadaan unsur tersebut.

11.2.1. Reaksi Tanah (pH Tanah)

Reaksi tanah (pH) yaitu konsentrasi atau aktifitas kation H^+ di dalam larutan tanah, biasanya dirumuskan dengan $-\log [H^+]$. Besarnya nilai pH tanah berbanding terbalik dengan besarnya konsentrasi kation H^+ . Semakin tinggi konsentrasi H^+ semakin kecil nilai pH tanah. Biasanya tanah masam (tanah mineral dan tanah organik) mempunyai nilai pH yang rendah, karena tanah masam mengandung kadar H^+ yang tinggi.

Di dalam tanah, ion-ion dapat segera tersedia bagi tanaman, namun juga dapat tidak tersedia akibat terikat oleh unsur lain maupun terikat oleh partikel tanah itu sendiri (fraksi liat). Jika reaksi tanah terlalu alkalis atau terlalu masam, maka mineral-mineral akan menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Nurlaeny, 2015).

Pengaruh pH tanah terhadap ketersediaan unsur hara di dalam tanah dapat dilihat pada Gambar 1. Ketersediaan hara dipengaruhi oleh keadaan pH tanah. Tanah dengan pH 6 - 7 merupakan keadaan cukup optimal bagi tersedianya berbagai jenis unsur hara tanaman seperti N, K, Mg, S, Cu dan B, sedangkan pada pH tanah di atas 7 hanya baik bagi ketersediaan Ca dan Mg. tetapi jika pH tanah di bawah 5,5 hanya baik bagi ketersediaan hara Fe, Mn dan Zn (Foth & Ellis, 1988). Lubis *et al.* (2015) menyatakan bahwa peningkatan pH secara nyata meningkatkan kadar nitrogen dan serapan nitrogen oleh tanaman. Selain itu peningkatan pH juga meningkatkan serapan fosfor dari 5,929 mg/tanaman pada pH 4,4 menjadi 7,770 mg/tanaman pada pH 6,6. Siswanto (2018) menyatakan bahwa pada pH masam fosfor akan bereaksi dengan ion besi dan aluminium membentuk besi fosfat dan aluminium fosfat. Kedua senyawa tersebut bersifat sukar larut dalam air sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Begitu juga pada pH alkali (basa) misalnya pada pH 8,5, ketersediaan fosfor akan semakin menurun sehingga sukar dimanfaatkan oleh tanaman. Hal ini terjadi karena fosfor akan membentuk kalsium fosfat yang juga sukar larut.



Gambar 1. Hubungan pH tanah dan ketersediaan hara

Bila menurunnya pH dapat mengakibatkan menurunnya ketersediaan sejumlah unsur hara makro namun ini tidak berlaku bagi unsur hara mikro. Unsur hara mikro seperti boron, mangan, besi, tembaga dan seng ketersediaannya semakin besar bila pH semakin rendah. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan bagi tanaman (Siswanto, 2018). pH tanah selain mempengaruhi ketersediaan hara, juga berpengaruh terhadap pembentukan bintil akar oleh bakteri rhizobium yang berhubungan dengan fiksasi N tanaman, populasi rhizobium dan aktifitas pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada pH tanah 4,4 jumlah bintil akar pada akhir vegetatif tanaman kedelai jauh lebih rendah (112 buah) dengan bobot 1075 mg dibandingkan pada kondisi pH 6,6 yaitu 300

buah dengan bobot 1310 mg,. Namun pada akhir generatif jumlah bintil akar pada pH 4,4 mencapai 393 buah dengan bobot 1345 mg sedangkan pada pH 6,6 jumlah bintil akar mencapai 4,87 buah dengan bobot 1856 mg (Lubis *et al.*, 2015).

11.2.2. Kadar Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah merupakan bahan yang berasal dari makhluk hidup baik flora maupun fauna yang masih hidup maupun yang telah didekomposisi oleh mikroorganisme tanah. Sekitar 10 – 40% bahan organik terdiri dari mikroorganisme hidup di dalam tanah, dan sekitar 40-60% merupakan bahan organik yang telah melapuk sempurna dan stabil atau biasa kita kenal dengan humus (Bot & Jose, 2005). Bahan organik yang telah terdekomposisi akan menghasilkan asam-asam organik yang sangat bermanfaat bagi kesuburan tanah. Kehadiran asam-asam organik akan membuat agregat tanah semakin mantap dan meningkatkan kemampuan menahan air meningkat (Nurida dan Kurnia, 2009).

Aplikasi bahan organik akan meningkatkan kesuburan tanah baik secara fisika, kimia, dan biologi. Peranan bahan organik diantaranya sebagai sumber unsur hara, memantapkan agregat tanah, meningkatkan kelembaban dan kemampuan menahan air, meningkatkan KTK tanah, sumber karbon yang diperlukan bagi mikroorganisme tanah untuk beraktivitas, serta dapat menjaga tanah dari erosi dan aliran permukaan jika

diaplikasikan sebagai mulsa (Taisa *et al*, 2021). Saidy (2021) menambahkan pemberian bahan organik juga dapat meningkatkan aktifitas organisme tanah (seperti jamur, artropoda, rayap dan cacing) melalui perbaikan iklim mikro berupa penurunan temperatur dan peningkatan kelembaban, substrat serta aktivitas mikroba yang akhirnya memberikan sumbangsih dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman serta menstimulasi produksi zat pemacu pertumbuhan (*growth promoting substances*). Bahan organik juga dapat mengurangi keracunan akibat kelebihan aluminium dan mampu meningkatkan pH tanah melalui peningkatan siklus tukar kation dan produksi senyawa metabolit membentuk aluminium kompleks.

Penentuan kadar bahan organik tanah secara kuantitatif umumnya dilakukan di laboratorium, seperti pengukuran kadar C-organik tanah. Sulaeman *et al*. (2005) mengelompokkan kadar C-organik ke dalam beberapa katagori:

Tabel 11.1. Klasifikasi kandungan C-organik tanah

No.	Kategori	Nilai
1.	Sangat Rendah	< 1%
2.	Rendah	1 – 2%
3.	Sedang	2 – 3%
4.	Tinggi	3 – 5%
5.	Sangat tinggi	> 5 %

Sumber: Sulaeman *et al.* (2005)

Bahan organik tanah dapat berasal dari berbagai biomassa tanaman misalnya limbah tanaman padi (berupa kompos jerami maupun sekam), limbah tanaman jagung (berupa tongkol, sisa panen maupun bentuk lain, limbah tanaman kacang-kacangan (berupa biomassa ataupun polong) dan limbah tanaman lainnya (Sumarno *et al.*, 2009). Biomassa bukan hanya berasal dari tanaman pangan, tetapi limbah dari tanaman perkebunan pun dapat digunakan sebagai bahan organik. Hasil penelitian Hasibuan *et al.* (2017) menunjukkan bahwa bokashi ampas tebu dapat meningkatkan tinggi tanaman kedelai umur 6 MST, perlakuan 10 ton/ha memberikan pertumbuhan dan hasil terbaik yaitu tinggi tanaman 52,08 cm, berat biji per tanaman 14,65 g, produksi per tanaman 40,70 g dan produksi per plot 0,90 kg. Azhari *et al.* (2018) menyatakan pupuk kompos ampas

tebu berpengaruh terhadap jumlah polong per tanaman dan jumlah polong berisi per tanaman kacang hijau.

Tabel 11.2. Rata-rata tinggi tanaman, jumlah cabang primer, jumlah polong, jumlah polong berisi, bobot 100 biji, hasil per hektar tanaman kacang hijau

Perlakuan pupuk kompos ampas tebu (ton/ha)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah cabang primer (cabang/g)	Jumlah polong (polong/g)	Jumlah polong berisi (polong/g)	Bobot 100 biji (g)	Hasil per hektar (ton)
0	44,54 a	6,625 a	16,63 a	16,33 a	7,52	1,86
10	46,56 a	6,958 a	18,63	18,42	a	a
20	45,23 a	7,083 a	ab	ab	7,58	2,07
30	44,56 a	6,917 a	19,63	19,21	a	ab
			ab	ab	7,62	1,99
			21,88 b	21,25 b	a	ab
					7,81	2,22
					a	b

Sumber: Azhari *et al.* (2018)

Bahan organik juga dapat berasal dari berbagai jenis tumbuhan yang tumbuh liar namun mengandung sejumlah

nutrisi penting yang dibutuhkan tanaman, seperti tumbuhan mukuna, Flemingia dan lamtoro. Nurida *et al.* (2007) menyatakan mukuna memiliki kandungan nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan jagung dan flemingia, lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 12.3. Mohammed *et al.* (2023) menyatakan bahwa pengaruh perbedaan dosis biomassa daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) berpengaruh nyata terhadap tinggi, diameter, produksi buah dan berat buah kering okra. Dosis terbaik terdapat pada dosis pemberian *Leucaena leucocephala* 0,5 kg terhadap panjang, diameter, produksi buah dan berat kering buah okra. Namun, biomassa daun *L. leucocephala* 0,25 kg secara signifikan meningkatkan diameter okra.

Tabel 11.3. Hasil analisis kandungan tumbuhan yang digunakan sebagai bahan organik.

Peubah	Jagung	Mukuma	Flemingia
C (%)	40,86	46,99	48,08
N (%)	2,18	2,77	1,88
C/N	19	17	26
Selulosa (%)	45,03	31,14	34,37
Lignin (%)	4,13	12,08	19,65
Lignin/selulosa	0,09	0,39	0,57

Sumber: Nurida *et al.* (2007)

11.2.3. Keadaan Oksidasi dan Reduksi Tanah

Dari ketiga unsur hara makro yang diserap tanaman (N, P dan K), kalium lah yang jumlahnya paling melimpah di permukaan bumi. Tanah mengandung 400-650 kg kalium untuk 93 m² (pada kedalaman 15,24 cm). Sekitar 90-98 % berbentuk mineral primer yang tidak dapat terserap oleh tanaman, sekitar 1-10 % terjebak dalam koloid tanah karena kalium bermuatan positif, sisanya hanya 1-2 % terdapat dalam larutan tanah dan tersedia bagi tanaman (Siswanto, 2018). Unsur K tidak mudah dipindahkan pada sebagian besar tanah. Perpindahan atau pergerakan K terutama melalui proses difusi. Jika dibandingkan dengan nitrat, unsur K kurang *mobile*, tetapi lebih *mobile* daripada unsur P. Pada tanah-tanah berpasir dengan KTK rendah, Kalium dapat digerakkan melalui proses aliran massa, dan kehilangan dari tanah permukaan akan terjadi, terutama setelah hujan lebat. Kehilangan K dapat diminimalkan dengan menerapkan praktek pengendalian erosi yang baik dan benar, mempertahankan pH yang baik untuk meningkatkan KTK tanah, mengembalikan sisa organik, dan menggunakan aplikasi terpisah untuk mengurangi kehilangan melalui pencucian pada tanah-tanah dengan KTK rendah.

11.2.4. Aktivitas Mikroorganisme Tanah

Adanya bahan organik juga akan meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Sathaya *et al.* 2016). Mikroorganisme tanah berperan dalam beberapa siklus unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Keberadaan

mikroorganisme juga meningkatkan proses dekomposisi bahan organik, dan proses mineralisasi unsur hara, sehingga unsur hara menjadi tersedia bagi tanaman (Hoffland *et al.*, 2020).

Selain itu keberadaan mikroorganisme tanah dapat membantu dalam penyediaan sejumlah hara yang dibutuhkan tanaman. Beberapa literatur menyebutkan kehadiran jamur mikoriza, *Rhizobium*, bakteri pelarut fosfat dapat membantu menyediakan unsur hara tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, R, Soverda, N. & Alia, Y. Pengaruh Pupuk Kompos Ampas Tebu terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). Jurnal Agroecotania. 1(2), 49-57
- Bot, A. & Jose, B. 2005. The Importance Of Soil Organic Matter Key to Drought-Resistant Soil And Sustained Food Production. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations.
- Foth, H.D & Ellis, B.G. 1988. Soil Fertility. US America: CRC Press
- Hasibuan, S., Mawarni, R. dan Hendriadi, R. 2017. Respon Pemberian Pupuk Bokashi Ampas Tebu Dan Pupuk Bokashi Eceng Gondok Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merril.). Jurnal Penelitian Pertanian BERNAS 13(2), 59-64.
- Lubis, D.S., Hanafiah, A.S. dan Sembiring, M. 2015. Pengaruh pH terhadap Pembentukan Bintil Akar, Serapan Hara N, P dan Produksi Tanaman pada Beberapa Varietas Kedelai pada Tanah Inceptisol di Rumah Kasa. Jurnal Online Agroekoteknologi. 3(3), 1111-1115
- Malik, A.A., Puissant, J., Buckeridge, K.M., Goodall, T., Jehmlich, N., Chowdhury, S., Gweon, S.H., Peyton, J.M. Mason, K.E., van Agtmaal, M., Blaud, A., Clark, I.M., Whitaker, J., Pywell, R.F., Ostle, N., Gleixner, G. & Griffiths, R.I. 2018. Land use driven change in soil pH affects microbial carbon cycling processes. Nature Communication. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05980-1>
- Mohammed, A.L., Nasim, K.N.K. and Moro, A. 2023. Effect of *Leucaena Leucocephala* Leafy Biomass and NPKk Fertiliser On The Growth And Yield Of Okra, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench
- Nurida, N. L. dan Kurnia, U. 2009. Perubahan Agregat Tanah pada Ultisols Jasinga Terdegradasi Akibat Pengolahan Tanah dan Pemberian Bahan Organik. Jurnal Tanah dan Iklim, 30, 37-46.

- Nurlaeny, N. 2015. Bahan Organik Tanah dan Dinamika Ketersediaan Unsur Hara Tanaman. Bandung: Unpad Press
- Rajiman. 2020 Pengantar Pemupukan. Deepublish Publisher. Yogyakarta
- Saidy, A. R. 2021 Stabilisasi Bahan Organik Tanah: Peningkatan Kesuburan Tanah Dan Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Yogyakarta: Deepublish Publisher.
- Sathaya, A., Vijayabharathi, R. & Gopalakrishnan, S. 2016. Soil Microbes: The Invisible Managers of Soil Fertility. In: Singh, D., Singh, H., Prabha, R. (eds) Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity, pp. 1–16. New Delhi: Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2644-4_1
- Siswanto, B. 2018. Sebaran Unsur Hara N, P, K dan pH dalam Tanah. Buana Sains. 18(2): 109-124
- Sulaeman, Suparto dan Eviati. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Bogor: Balai Penelitian Tanah
- Sumarno, S., Kartasasmita, U. G. dan Pasaribu, D. 2009. Pengayaan Kandungan Bahan Organik Tanah Mendukung Keberlanjutan Sistem Produksi Padi Sawah. Iptek Tanaman Pangan, 4(1), 18–32. <http://repository.pertanian.go.id>.
- Taisa, R., Purba, T., Sakiah, Herawati, J., Junaedi, A.S., Hasibuan, H.S., Junairiah dan Firgiyanto, R. 2021. Ilmu Kesuburan Tanah dan Pemupukan. Medan: Yayasan Kita Menulis

BAB 12

EKONOMI PUPUK

Oleh Roosganda Elizabeth

12.1 Pendahuluan

Pengertian ekonomi pupuk, dapat dikaji dari: (i) kemanfaatan atau tidaknya bagi pertumbuhan perkembangan maupun peningkatan hasil budidaya tanaman itu sendiri; (ii) pada dasarnya diawali dari dampak positif maupun negative (keuntungan dan kerugian) pembuatan pupuk itu sendiri; (iii) terhadap keamanan konsumen; (iv) kesanggupan ekonomi penyediaan pupuk bagi petani produsen, kemudian (v) kondisi penyebarluasan dan peredarannya dalam ranah perdagangan atau pemasarannya, dan (vi) berbagai aspek terkait lainnya yang keseluruhannya tercakup didalamnya. Penekanan pengujian dan analisis efektivitas ekonomi pupuk lebih pada aspek nilai ekonominya dan aspek manfaat pemakaiannya dalam peningkatan produktivitas tanaman.

Dalam upaya mendukung peningkatan produksi pangan nasional, penggunaan pupuk dan input saprodi lainnya membutuhkan dan merupakan strategi penerapan teknologi dan pengaruh spesifik lokasi. Ketersediaan varietas unggul, kecukupan air, dan pupuk, khususnya pupuk makro K, N, dan P, berperan sangat penting sebagai sarana produksi dalam budidaya dan usahatani seluruh komoditas di tingkat petani. Hal ini dikarenakan varietas

unggul baru (VUB) berbagai komoditi terutama tanaman pangan beras, sangat sensitif dengan unsur hara P, K, N tersebut. Untuk itu, tipe agroekosistem dalam arti spesifik lokasi dan local knowledge petani produsen patut dipertimbangkan untuk memperoleh sejauh mana mempengaruhi penggunaannya secara efektif dan efisien.

12.2 Ekonomi Pupuk

Budidaya tanaman pangan khususnya tanaman pangan (beras) dan hortikultura adalah merupakan pengguna pupuk terbesar terutama pupuk kimia (anorganik) termasuk obat-obatannya (kegiatan pemupukan dan pengendalian HPT/Hama Penyakit Tanaman). Pupuk di Indonesia selalu menjadi permasalahan yang menyentuh Nilai ekonomis pupuk dapat dilihat dari keuntungan atau kerugiannya terhadap pertumbuhan, perkembangan dan peningkatan hasil tanaman itu sendiri, yang sebenarnya berawal dari dampak positif dan negatif (keuntungan, kerugian) dari produksi pupuk. sendiri, dari segi keamanan konsumen dan kelayakan ekonomi untuk menyediakan pupuk bagi petani-produsen; kemudian syarat-syarat penyebaran dan peredarannya di bidang perdagangan atau pemasaran, dan berbagai aspek terkait lainnya yang sepenuhnya tercakup dalam ekonomi pupuk.

Ekonomi pupuk lebih menitikberatkan pada aspek pengujian efisiensi, khususnya pengujian manfaat penggunaan pupuk anorganik terhadap hasil panen dan nilai ekonomi. Untuk itu,

dilakukan analisis factor-faktor yang mempengaruhi pupuk terkait aspek ekonomisnya. Segera dilakukannya penyempurnaan regulasi penggunaan pupuk dan pemupukan oleh pemerintah sesuai hasil empirik lapang oleh pihak terkait, dalam upaya mewujudkan pencapaian peningkatan pangan nasional. Pada hakekatnya, pelaksanaan kegiatan mengefisienkan dan mengefektifkan pemakaian pupuk dalam proses pemupukan secara anorganik bertujuan untuk dapat mengefisienkan pengeluaran usahatani petani produsen dan melestarikan fungsi lingkungan. Terdapatnya di pasaran bebas penjualan pupuk dengan harga subsidi (harga program bantuan pemerintah) dan nonsubsidi (HET) secara luas, maka untuk penyaluran pupuk bersubsidi diatur dan diawasi oleh pemerintah daerah setelah diputuskan dan diberlakukan oleh pemerintah pusat. Distributor, pengecer, dan kelompok tani sesuai daftar penyalur resmi yang ditunjuk yang ditugaskan untuk mekanisme pengalokasiannya ke petani. Untuk itu, pupuk bersubsidi melalui program subsidi petani bantuan pemerintah termasuk mekanisme penyalurannya dimaksudkan agar pembelian pupuk dapat terjangkau oleh petani karena harga pasarnya telah dikurangi dengan subsidi harga dari pemerintah. Selain bantuan subsidi harga, pemerintah juga membantu dengan memberikan bantuan pupuk subsidi secara langsung diterima oleh petani yang diusulkan sebagai penerima bantuan.

Sementara itu, permasalahan pengalokasian pupuk tersebut adalah merupakan permasalahan dalam ekonomi pupuk,

diantaranya adalah (i) menjadikan rantai distribusi yang panjang sehingga melemahkan tingkat kontrol pemerintah, yang ternyata menyebabkan semakin maraknya potensi penggelapan/penyelewengan dan penyimpanan secara ilegal pupuk bersubsidi, (ii) terjadinya ketidakefisienan (distorsi) ketersediaan kuota pupuk, terutama terkait harga dari yang murah ke harga yang tinggi; sebagai dampak dari (i) panjangnya rantai distribusi pupuk subsidi dan nonsubsidi; dan (ii) terdapatnya dua harga pupuk di pasar. Hal tersebut tentunya menyebabkan timbulnya sejumlah masalah potensial dan praktis yang banyak dikeluhkan petani. Permasalahan potensial tersebut, antara lain: (i) pencampuran antara pupuk bersubsidi dan nonsubsidi, (ii) munculnya pupuk bersubsidi palsu. Salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan pupuk bersubsidi tersebut adalah dengan penyaluran subsidi pupuk yang langsung didistribusikan kepada petani yang berhak, sehingga tidak lagi berbentuk subsidi harga.

Program kebijakan bersubsidi secara langsung tersebut mengindikasikan berbagai potensi keuntungan, seperti: (i) terjadinya mekanisme distribusi yang lebih sederhana dan lebih dirasakan manfaatnya oleh petani karena pupuk subsidi dapat diterima secara langsung; (ii) Terminimalisirnya potensi terjadinya penyeludupan dan penyalahgunaan kepentingan dalam persediaan pupuk akibat dan dampak dualisme harga dengan diberlakukannya satu harga (seragam) harga eceran terendah (HET) pupuk di pasar; (iii) perhitungan besaran subsidi akan dapat lebih dipermudahkan

dengan adanya dan valid-nya ketersediaan data jumlah petani penerima dan volume pupuk yang disubsidi.

Untuk itu, sangat diperlukan basis data terpadu (BDT) dari TPN2K Kementerian Sosial yang akurat dan lengkap tentang petani pemilik dan atau penggarap lahan yang kurang (<) dari dua (2) hektar, sebagai sasaran program kebijakan subsidi pupuk yang berhak menerimanya secara langsung. Pemerintah dalam hal untuk menyalurkan subsidi pupuk selama ini mengandalkan data RDKK, dimana diketahui bahwa data RDKK masih memiliki banyak kelemahan. Salah satu kelemahan dari data RDKK yang ditemukan adalah bahwasanya tidak semua Gapoktan membuat/menyusun RDKK-nya.

Permasalahan dan kasus lain yang ditemukan adalah kurang berkoordinasinya petugas lapang antar instansi dan penyuluh terkait. Kondisi tersebut mencerminkan kurangnya optimalisasi serta kekurang harmonisan peran dan fungsi petugas instansi terkait tersebut dengan PPL di wilayah yang sama. Untuk itu, diperlukan mengevaluasi kembali dan mempelajari permasalahan, mekanisme dan organisasi yang terkait dengan penyaluran pupuk subsidi baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga diperoleh perbaikan mekanisme penyaluran subsidi pupuk langsung yang lebih sederhana dan lebih mudah diimplementasikan dalam pelaksanaannya. Mekanisme tersebut walau tampaknya lebih sederhana rantai/alurnya, namun akan tidak mudah melakukannya

bila tidak dibarengi dengan pengetahuan digitalisasi dan ketrampilan si petani dalam melakukannya, salah satunya yaitu dengan bekerja sama dengan bank-bank di Indonesia yang memiliki jaringan dalam pengoperasian pemakaian kartu elektronik yang membutuhkan koordinasi yang baik dengan semua instansi/seperti retailer, distributor dan perusahaan distribusi pupuk. Mekanisme tersebut dibuat berdasarkan keputusan Kementerian Pertanian untuk tetap menggunakan sumber data RDKK yang terkumpul tahun sebelumnya sebagai dasar penetapan penerima bantuan pupuk pada tahun berjalan. Dengan data RDKK permintaan pupuk yang diakumulasi tingkat nasional per provinsi demikian, dapat diketahui jumlah dan jenis pupuk yang disubsidi dan alokasi dana subsidi yang diperlukan. Pada tingkat teknis yang lebih tinggi, setiap petani menjadi sasaran subsidi pupuk yang diterima.

12.3 Pupuk Anorganik dan Pupuk Organik

Penggunaan sarana produksi yang tepat adalah sebagai faktor penting untuk dapat meningkatkan output, produktivitas, kuantitas dan kualitas hasil usahatani. Perbaikan dan peningkatan hasil output usahatani, pada akhirnya bertujuan meningkatkan pendapatan petani tentunya. Pupuk (baik pupuk anorganik maupun organik), sebagai salah satu sarana produksi yang penting dan strategis, disamping air dan input saprodi lainnya, sangat berperan penting dalam menunjang keberhasilan pembangunan pertanian. Pupuk, sebagai factor pendukung penyuburan dan peningkatan

produksi dan produktivitas tanaman, namun tetap perlu dilakukan pemantauan kualitas dan penggunaannya untuk melindungi kepentingan konsumen termasuk petani, memenuhi kebutuhan pupuk, meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemakaiannya, serta terjaminnya kelestarian lingkungan dan SDA (sumber daya alam).

Keamanan penggunaan pupuk organik yang mengandung komponen nutrisi sebagai unsur hara tanah, seperti K, P, N (Kalium, Phosfor, Nitrogen) dan nutrisi lainnya, sangat diperlukan. Penguraian keamanan penggunaannya antara lain tentang: (i) komposisi dari kandungan hara pupuk anorganik, (ii) cara pengaplikasiannya, dan (iii) keefisienan dan keefektifan fungsi dalam pemakaiannya; dimana unsur hara dalam pupuk anorganik adalah kandungan atau kuantitas dari setiap unsur hara (yang dinyatakan dalam persentase/*parts per million*) yang ada dalam suatu jenis pupuk anorganik, yang umum dikenal sebagai pupuk buatan/pupuk pabrik/pupuk kimia; adalah yang biasa dipasarkan sebagai pupuk: Urea, ZA, SP36, KCL, ZK, NPK, Pupuk Cair dan Ammonia sebagai bahan pelengkap media tanam dan tanaman menjamin kecukupan unsur hara untuk tumbuh dengan baik.

Sementara itu, terdapat pupuk organik yang pembuatannya berasal dari unsur alam yang tersedia di alam seperti: pupuk kandang, pupuk organik. Ketersediaan pangan berkaitan erat dengan fungsi dan peran pupuk. Selain itu, Penggunaan bahan untuk pupuk organik baik berupa kotoran hewan, maupun Jerami dan

sekam yang telah mengalami proses pembusukan memegang peranan yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi pemupukan.

Pupuk organik segar ataupun dalam bentuk kompos, berperan penting dalam memperbaiki sifat kimia, fisika biologi tanah, dan residu logam lainnya yang ditinggalkan bekas pemupukan anorganik, serta sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Bahan-bahan baku sumber pupuk organik limbah organik antara lain seperti kotoran hewan ternak (sapi, kambing, ayam), sisa/sampah tanaman (sayuran, ilalang, Jerami, sekam, dll) dan limbah domestik. Pupuk organik segar yang diperlukan lebih banyak, karena pada umumnya jumlah kandungan unsur haranya relatif rendah dan ketersediaannya cukup lambat, dibanding yang dikomposkan, yang dapat memberikan unsur hara lebih cepat dibandingkan dalam bentuk segar. Hal ini disebabkan karena selama proses pengomposan sisa/limbah organik, baik dalam kondisi aerob (dengan reaksi CH_4 , H_2O dan O_2) maupun anaerob, telah berlangsung pemrosesan beberapa jenis mikroorganisme yang berperan dalam pendegradasian selulosa dan lignolitik. Mikroorganisme selulosa dan lignolitik sangat penting memperoleh energi dan karbon dari penguraian karbon dari bahan-bahan limbah organik yang mengandungnya. Dalam hal ini, pengomposan secara aerobik prosesnya lebih cepat dibanding anaerobik. Beberapa factor yang dapat mempengaruhi cepat atau lambatnya proses pengomposan tersebut, yang tergantung dari: (i) ukuran partikel

dari bahan kompos, (ii) besar kecilnya rasio C/N bahan kompos; (iii) terdapat tidaknya udara (makanya disebut keadaan aerobik atau anaerobik); dan (iv) kadar kelembaban. Dalam hal ini, pupuk organik kompos yang sudah matang dan sudah terbentuk adalah merupakan hasil dari penguraian bahan baku. Beberapa tanda sudah berhasilnya pengomposan, adalah: 1) melalui indikator yang secara langsung dapat diamati, yaitu: a) tidak berbau busuk, dan b) berwarna coklat tua serta beberapa kriteria lainnya, seperti: (i) terbentuknya kompos pupuk organik matang dengan beberapa kriteria, seperti: memiliki temperature yang konstan, pH basa (tidak asam), rasio C/N 60 me/100 g abu, dan laju respirasi sekitar 10 mg/g tanah rendah atau kecil.

Sebagai dasar pemantauan tersebut, dibutuhkan ketersediaan ketentuan dosis sebagai pengendalian dan baku mutu pupuk anorganik yang dilaksanakan mulai dari: (i) perancangan produksi awal; (ii) pemeriksaan kesesuaian dan keamanan selama proses produksi dan hasil produksi; (iii) pengemasan; (iv) pendistribusian dan penyebarluasan; hingga (v) pemakaian. Pada tahap perekayasa, perlunya dilakukan pemantauan sebagai bentuk pengawasan yang dilakukan dengan berbagai pengujian. Pada tahap penyediaan, pendistribusian dan penggunaan dilakukan pemantauan oleh pengawas, caranya adalah dengan melakukan verifikasi terhadap standar baku mutu yang telah ditetapkan. Pengujian mutu dan efektivitas formulasi pupuk modifikasi dilakukan berdasarkan ketentuan Baku Mutu Pupuk Anorganik.

Pengujian mutu yang dikenal dengan *uji analisis komposisi dan unsur hara pupuk anorganik*, dilakukan di laboratorium kimia, berdasarkan peraturan SNI. Selanjutnya diberikan Surat keterangan Jaminan Mutu Pupuk yang dilengkapi Nomor Batch sebagai identitas produksi untuk pupuk yang akan diedarkan dari setiap kali proses produksi.

Uji dan analisis kontinuitas pupuk anorganik dilakukan di laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur hara yang dikandung dan dihasilkan dari proses produksi. Pengujian efisiensi penggunaan pupuk anorganik dilakukan di lahan percobaan untuk produksi tanaman di lapangan atau di persil demplot atau di rumah kaca, untuk mengetahui pengaruh penggunaan pupuk anorganik terhadap teknik agronomi dan ekonomi dan sosial serta lingkungan. Tujuan utamanya adalah untuk melindungi kepentingan petani produsen yaitu sebagai pembeli utama pupuk, dari dampak negatif penggunaan pupuk anorganik.

Pengawasan mutu pupuk an-organik dimaksudkan agar pemakaiannya yang secara seimbang sesuai dosis yang dianjurkan kepada: petani pengguna, pengedar, pengimpor atau pemasok bahwa pupuk anorganik tersebut akan terjamin mutunya dan akan terhindar dari pemalsuan. Perlakuan pengawasan tersebut juga untuk memberikan perlindungan sebagai adanya kepastian hukum, bahwasanya: (i) pupuk anorganik aman dan legal sehingga menjadi jaminan keamanan dan jaminan hukum bagi mereka atas pupuk

yang diedarkan; (ii) pembeli pupuk anorganik dapat terhindar dari pupuk anorganik palsu atau rusak; (iii) pentingnya pengawasan mutu juga untuk menjamin terwujudnya prinsip enam tepat, yaitu tepat: waktu, jumlah, jenis, harga, mutu dan tempat. Pentingnya penerapan keenam prinsip tepat tersebut adalah terkait dengan aktivitas usahatani tergantung dan sangat dipengaruhi kondisi iklim dan membutuhkan perencanaan tahapan pengolahan tanah, dan tanam termasuk penggunaan sarana produksi seperti pupuk anorganik, hingga panen dan pasca panen yang matang, agar tidak menimbulkan inefisiensi, kegagalan dan kerugian karena gagal panen.

Sedangkan yang dimaksud uji efektivitas pupuk tersebut adalah pengujian mengenai manfaat nilai ekonominya dan penggunaan pupuk an-organik terhadap produktivitas tanaman (ekonomi pupuk). Kemudian, diberikan sertifikat sebagai surat keterangan bukti formula pupuk setelah lulus dalam (i) uji mutu, (ii) uji efektivitas; dan (iii) uji mutu dan uji efektivitas. Maksud dan tujuan dilakukannya tahapan uji mutu dan uji efektifitas adalah merupakan bentuk bukti lakukannya pengawasan mutu pupuk terutama guna melindungi kepentingan petani (pembeli) dari dampak negatif penggunaan pupuk yang akan merugikan setelah pemakaiannya. Oleh karena itu, pada tingkat usaha saran penggunaan dan aplikasinya serta jenis pupuk mengacu pada pedoman penggunaan pupuk yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lahan usaha budidaya komoditi suatu jenis tanaman.

Uji dan analisis kontinuitas pupuk anorganik dilakukan di laboratorium untuk mengetahui kandungan unsur hara yang dikandung dan dihasilkan dari proses produksi. Pengujian efisiensi penggunaan pupuk anorganik dilakukan di lahan percobaan untuk produksi tanaman di lapangan atau di persil demplot atau di rumah kaca, untuk mengetahui pengaruh penggunaan pupuk anorganik terhadap teknik agronomi dan ekonomi dan sosial serta lingkungan. Tujuan utamanya adalah untuk melindungi kepentingan petani produsen yaitu sebagai pembeli utama pupuk, dari dampak negatif penggunaan pupuk anorganik.

Pengawasan mutu pupuk an-organik dimaksudkan agar pemakaiannya yang secara seimbang sesuai dosis yang dianjurkan kepada: petani pengguna, pengedar, pengimpor atau pemasok bahwa pupuk anorganik tersebut akan terjamin mutunya dan akan terhindar dari pemalsuan. Perlakuan pengawasan tersebut juga untuk memberikan perlindungan sebagai adanya kepastian hukum, bahwasanya: (i) pupuk anorganik aman dan legal sehingga menjadi jaminan keamanan dan jaminan hukum bagi mereka atas pupuk yang diedarkan; (ii) pembeli pupuk anorganik dapat terhindar dari pupuk anorganik palsu atau rusak; (iii) pentingnya pengawasan mutu juga untuk menjamin terwujudnya prinsip enam tepat, yaitu tepat: waktu, jumlah, jenis, harga, mutu dan tempat. Pendistribusian dan penyerahan pupuk anorganik kepada petani harus dilakukan sesuai dengan ketentuan prinsip enam tepat tersebut. Sedangkan

untuk budidaya, standar pemupukan masih sulit ditentukan, sehingga belum bisa terpantau seperti pupuk anorganik.

Pentingnya dan dengan terlaksananya penerapan keenam prinsip tepat tersebut adalah terkait dengan aktivitas usahatani tergantung dan sangat dipengaruhi kondisi iklim dan membutuhkan perencanaan tahapan pengolahan tanah, dan tanam termasuk penggunaan sarana produksi seperti pupuk anorganik, hingga panen dan pasca panen yang matang, agar tidak menimbulkan inefisiensi, kegagalan dan kerugian karena gagal panen. Penyatuan pengertian produksi pupuk anorganik penting diwujudkan dengan mengutamakan pemenuhan kebutuhan pupuk anorganik dalam negeri, yang bila tidak terpenuhi barulah merencanakan impor dengan pembelian pupuk anorganik luarnegeri karena produksi domestic tidak mencukupi kebutuhannya. Selain itu, pengadaan pupuk anorganik produksi dalam negeri juga perlu diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan pupuk nasional.

12.4 Pupuk dan Pemupukan

Kita ketahui bersama bahwasanya sebagian besar tanah di Indonesia adalah wilayah pertanian, yang menunjukkan bahwa Indonesia adalah negara agraris. Kemampuan sektor pertanian merupakan aspek terpenting dan strategis dalam mendukung perekonomian Indonesia dimana sebagai sumber pangan, bahan baku industri dan devisa negara, tidak terlepas dari produktivitas sektor pertanian itu sendiri. Hal ini menjadikan pertanian sebagai

sektor yang strategis, berperan sangat penting dalam perekonomian nasional dan menjadi sumber pendapatan untuk memenuhi kebutuhan hidup dan ekonomi sebagian besar penduduk.

Pupuk dan efisiensi pemupukan sebagai sarana dan metode dalam produksi tanaman, yang berperan penting dalam meningkatkan mutu dan hasil usahatani, tidak hanya berperan penting dalam keberlanjutan sistem produksi, kelestarian energi dan lingkungan dan kelestarian sumber daya alam, tetapi juga terkait dengan meningkatkan pendapatan petani dan juga harus mempertimbangkan spesifik lokasi dan pengaruh dan peran kearifan local dari sisi penggunaannya di berbagai jenis agroekosistem. Pengaruh dan keterkaitan empat faktor dalam pemenuhan kebutuhan dan efisiensi pupuk ditentukan oleh: (i) ketersediaan unsur hara dalam tanah, termasuk suplai dari air irigasi dan sumber air lainnya, (ii) kebutuhan unsur hara tanaman, dan (iii) target hasil yang ingin dicapai; (iv) metode untuk menentukan rekomendasi pemupukan yang berbeda. Pemupukan harus direkomendasikan berdasarkan kesesuaian spesifik dari lokasi dan varietas, yang didasari konsep “pengelolaan hara regional” (PHSL), maka pemupukan berimbang sebagai salah satu konsep untuk menentukan rekomendasi pemupukan, seperti yang dikembangkan oleh Badan Litbang Pertanian bekerja sama dengan berbagai organisasi internasional seperti International Rice Research Institute (IRRI) dan nasional seperti Pupuk Institute Indonesia dan produsen pupuk terkait lainnya, yang telah

menekankan dan mendukung rekomendasi konsep pemupukan berimbang.

Permasalahan yang sering muncul berkaitan dengan pupuk adalah masih terdapatnya perbedaan pemikiran dan opsi antara petani (produsen), pemerintah, dan produsen pupuk dalam pemahaman penerapan konsep pemupukan berimbang. Terkait konsep dan implementasi pemupukan berimbang, beberapa orang mengartikan pemupukan berimbang sebagai sinonim dengan penggunaan pupuk kompleks. Di beberapa wilayah, konsep pemupukan berimbang dengan penggunaan pupuk majemuk mungkin cocok, namun di daerah lain justru menjadi pemborosan nutrisi/hara yang terkandung didalamnya. Hal ini lebih disebabkan karena formula nutrisi yang ada di dalam kompos tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dalam mencapai tingkat keseimbangan unsur hara esensial dalam tanah dan zat-zat yang optimal, manfaat pemupukan dilakukan adalah berguna untuk: (i) meningkatkan kesuburan tanah, sehingga (ii) meningkatkan hasil dan kualitas tanaman, (iii) meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, dan (iv) pengurangan dan terhindarnya pencemaran lingkungan. Kebutuhan nutrisi tanaman bervariasi atau spesifik lokasi dan dinamis, ditentukan oleh berbagai faktor genetik dan lingkungan. Oleh karena itu, optimalisasi pemupukan yang efisien harus didasarkan pada kebutuhan hara tanaman, cadangan hara dalam tanah, dan rekomendasi pemupukan, serta tujuan hasil aktual yang ingin dicapai.

Dalam upaya mengembangkan industri pertanian dan produk olahannya, terutama sumber bahan pangan utama, termasuk hortikultura dan peternakan, guna meningkatkan dan memperluas keanekaragaman produk hasil bumi sebagai pemenuhan kecukupan akan kebutuhan pangan, sandang, papan, kesehatan, peningkatan pendapatan dan kesejahteraan petani, industri nasional dan ekspor, memajukan pemerataan dan kesempatan kerja serta perluasan usaha. Untuk mencapai dan mewujudkan tujuan tersebut, maka pengembangan usahatani dan pertanian dilakukan harus dengan lebih fokus dan terarah, termasuk cara dan penggunaan sarana dan factor produksi yang tepat (dosis, jenis, musim, harga) baik dalam hal kualitas maupun kuantitas.

Oleh karena itu, rekomendasi pemupukan khususnya dalam konsep pertanaman organik, hendaknya disusun berdasarkan keberadaan kompos atau pupuk organik, sehingga rekomendasi pemupukan makro K, P, N yang majemuk dan berimbang per hektar dibagi menjadi: (a) dosis tanpa bahan organik, (b) dosis dengan kompos jerami setara dengan 5ton jerami segar, dan (c) dosis dengan pupuk kandang 2 ton; Sedangkan proses pertanaman secara umum dengan konsep pemupukan berimbang anorganik dan memperbanyak pengaplikasian pupuk organik; disertai pengimplementasian dan pengaplikasian berbagai strategi dan metode dalam rangka upaya mencapai produksi dan produktivitas pangan yang aman, higienis, dan memenuhi kualitas/bermutu dan kuantitas serta berkelanjutan.

12.5 Penutup dan Simpulan

Penerapan kebijakan distribusi pupuk cukup luas dan menyeluruh, namun efektivitas sistem distribusi pupuk secara umum masih belum mampu menjamin kontinuitas ketersediaan pupuk yang memadai bagi petani. Untuk itu diperlukan beberapa tindakan, seperti: (i) intensifitas sosialisasi sistem penyaluran pupuk bersubsidi di seluruh stakeholder (petani, dan tokoh masyarakat, pemerintah pusat dan daerah) yang terkoordinasi antar dan lintas sektor, pusat dan daerah; (ii) relokasi kios penyalur pupuk terutama di lini penting agar lebih meningkatkan peran pemerintah daerah dalam pengaturan penyediaan dan penyaluran pupuk bersubsidi; (iii) memberi reward pada pihak yang berhasil pendistribusian dan pengalokasian ke petani yang berhak dan punish yang tegas terhadap penyeleweng dan oknum pelanggar pendistribusiannya.

Sedemikian pentingnya peran pupuk, pemupukan dan ekonomi pupuk tidak terlepas dari peran kelembagaan penyuluhan melalui petugas lapangnya, sehingga diperlukan pengelolaan atau pengaturan supaya petani tidak ketinggalan informasi terkait pupuk, yang termasuk dalam teknologi pertanian, yang merupakan faktor penting dan strategis program kebijakan pembangunan pertanian, ketahanan, pertahanan dan kemandirian pangan nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- <https://repository.ung.ac.id/get/karyailmiah/713/Pupuk-dan-EkonomiPupuk-Petani-Indonesia.pdf>
- <https://doi.org/10.25015/pemupukan.ekonomi,pupuk.v4i2.1720>
- <https://psp.pertanian.go.id/storage/545/Permentan-No.-70-Th.-2011-ttg-Pupuk-Organik-Pupuk-Hayati-dan-Pembenah-Tanah.pdf>
- <https://fiskal.kemenkeu.go.id/kajian/2016/09/27/112742261370982-analisis-kebijakan-subsidi-pupuk-secara-langsung>
- Situasi, A. (2019). Pemanfaatan teknologi informasi untuk penjualan produk hasil pertanian di kabupaten tulungagung 1). 16, 24–28.
- Elizabeth. R. 2003; 2004; 2007; 2014; 2019; 2022; 2023. Available: SINTA ID: 6671403; <https://orchid.org/0000-0003-4937-9739>.
- Penson, John, OC, C.Parr Rosson III, Richard T.W. 2010. *Introduction to Agricultural Economics*. Fifth Edition. New York: Prentice Hall.
- Peraturan Pemerintah tahun 2001-2020. Tentang Pupuk dan Pedoman Pemupukan dan Pembangunan Pertanian.

BIODATA PENULIS



Indra Permana, S.P., M.P.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi

Penulis lahir di Jakarta tanggal 11 Nopember 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Agroteknologi dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu Tanah di Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Penulis menekuni penelitian di bidang kesuburan tanah dan nutrisi tanaman sejak penyusunan skripsi, tesis, bahkan hingga saat ini. Fokus topik yang diteliti yakni formulasi dan produksi pupuk multifungsi yang berperan sebagai pupuk lepas lambat sekaligus remediator logam berat pada tanah-tanah tercemar. Penulis memiliki pengalaman kerja sebagai peneliti sejak tahun 2016 hingga saat ini. Sebelum bekerja sebagai dosen, penulis merupakan peneliti di salah satu research center perkebunan kelapa sawit Sinarmas yaitu Smart Research Institute. Pengalaman yang cukup lama sebagai peneliti memberikan kontribusi dalam menyusun bahan ajar bagi para mahasiswa di fakultas pertanian Universitas Siliwangi.

BIODATA PENULIS



Rahayu Opi Anggoro, S.Si., M.Biotech.

Dosen Program Studi Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Palangka Raya

Penulis lahir di Purworejo tanggal 8 Oktober 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta dan melanjutkan S2 pada Jurusan Bioteknologi Universitas Gadjah Mada. Penelitian yang pernah dilakukan diantaranya adalah morfologi dan kekerabatan tanaman kembang sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.). Selain itu penelitian yang lainnya yaitu tentang isolasi dan transfeksi protoplas tanaman padi hitam (*Oryza sativa* L.) 'Cempo Ireng'.

BIODATA PENULIS



Didi Carsidi, S.TP., M.P.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Wiralodra

Penulis lahir di Indramayu tanggal 17 Maret 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Wiralodra. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi Teknik Pertanian (2005-2010) dan melanjutkan S2 pada Magister Agronomi Universitas Jenderal Soedirman (2018-2020). Penulis menekuni bidang pertanian (Agroteknologi) serta sudah menulis buku referensi (book chapter) dengan judul Fisiologi dan Teknologi Pasca Panen, Dasar-dasar Ilmu Tanah, Budidaya Tanaman (Penerbit Get Press Indonesia/ PT. Global Esekutif Teknologi) dan buku Ajar dengan Judul Agroklimatologi (Penerbit K-Media). Nomer WA: 082129962903 dan Email: didi@unwir.ac.id.

BIODATA PENULIS



Dr. Syamsu Alam, S.P., M.Sc.

Dosen Program Studi Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo

Penulis dilahirkan di Kendari pada 13 Juni 1980. Studi Sarjana Pertanian di UHO (2003), Program Magister (2011) dan Doktor (2021) di UGM. Pekerjaannya sebagai akademisi dimulai pada tahun 2003 sebagai dosen luar biasa dan sejak April 2006 diangkat menjadi dosen tetap (PNS) pada Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo. Mata kuliah yang diampu diantaranya Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Geologi dan Mineralogi Tanah, Kesuburan Tanah dan Teknik Pemupukan, Pedogenesis dan Klasifikasi Tanah, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan, Kualitas dan Kesehatan Tanah, Bioteknologi Tanah. Buku ber-ISBN yang pernah ditulis sebelumnya diantaranya Pedogenesis: Pemaknaan Sifat dan Ciri Tanah pada Lokasi Tambang Nikel, Strategi Pengelolaan Tanah Marginal: Ikhtiar Mewujudkan Pertanian yang Berkelanjutan, dan beberapa judul buku lainnya yang digunakan dalam lingkup Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo. Penulis aktif melakukan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, menjadi pembicara di sejumlah seminar nasional dan internasional. Penulis juga mempublikasikan sejumlah karya ilmiah di jurnal nasional dan internasional bereputasi.

BIODATA PENULIS



Nani Kitti Sihaloho, S.P.,M.P

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Quality Berastagi

Penulis lahir di Sidikalang, Sumatera Utara 05 April 1990, penulis adalah Dosen Tetap di Program Studi Agroteknologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Quality Berastagi. Penulis Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Agroekoteknologi di Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara (2012) dan melanjutkan S2 pada Program Studi Agroekoteknologi di Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara (2015). Mata kuliah yang diampu diantaranya Dasar Ilmu Tanah, Kesuburan Tanah dan Pemupukan, Kimia Tanah, Survei Tanah dan Evaluasi Kesesuaian Lahan. Penulis aktif melakukan penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat. Peneliti menekuni penelitian di bidang Ilmu Tanah sejak penyusunan skripsi, tesis dan sampai sekarang. Fokus topik yang diteliti yakni Evaluasi Kesuburan Tanah dalam Pemulihan Lahan Pasca Erupsi Gunung Sinabung.

BIODATA PENULIS



Yonce Melyanus Killa, S.P., M.P.
Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Kristen Wira Wacana Sumba

Penulis lahir di Desa Otan, Kabupaten Kupang, NTT tanggal 14 Mei 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tanaman, Jurusan Budidaya Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana tahun 2011 dan melanjutkan S2 pada Program Studi Magister Agroekoteknologi Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana dan lulus pada tahun 2019. Penulis mulai menekuni bidang menulis buku pada 2022 dan buku chapter ini merupakan buku kelima yang ditulis. Selain itu penulis aktif menulis artikel yang dipublikasikan dan sebagai pemakalah dalam beberapa seminar internasional.

BIODATA PENULIS



Wa Ode Asryanti Wida Malesi, S.P., M.Sc.

Dosen Program Studi Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Musamus

Penulis lahir di Kendari tanggal 13 Maret 1988. Penulis adalah dosen pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Musamus. Menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Ilmu Tanah dan melanjutkan S2 pada program studi ilmu tanah. Penulis menekuni bidang Menulis.

BIODATA PENULIS



Rivandi Pranandita Putra lahir di Lampung Tengah pada tanggal 26 Mei 1992. Pendidikan sarjana ditempuh di prodi Agronomi, jurusan Budidaya Pertanian di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia. Selama studi sarjana tepatnya sebelum wisuda, ia berkesempatan mendapatkan beasiswa penuh dari Erasmus+ untuk student exchange selama satu semester di University of Goettingen, Jerman pada prodi *Sustainable International Agriculture*. Selanjutnya, ia melanjutkan pendidikan magister pada jurusan Ilmu Lingkungan, Wageningen University, Belanda dengan beasiswa penuh dari LPDP. Sejak pertengahan tahun 2019 hingga saat ini, ia bekerja sebagai peneliti pra-panen di Pusat Perkebunan Gula Indonesia di Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia. Beberapa topik yang menjadi ketertarikan riset (*research interest*)-nya, antara lain ilmu lingkungan, pertanian perkotaan, agroekologi, dan biologi tanah. Berbagai publikasi Rivandi dapat dilihat di akun Researchgate dan Google Scholar berikut: Rivandi Pranandita Putra. Rivandi memiliki pengalaman sebagai *reviewer* di beberapa jurnal, antara lain Sugar Tech (Springer) dan Journal of Agricultural Economics and Rural Development (Premier Publishers). Rivandi dapat dihubungi melalui email berikut: rivandiprananditap@gmail.com.

BIODATA PENULIS



Charly Mutiara, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Flores

Penulis lahir di Kupang tanggal 03 Maret 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Flores. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Nusa Cendana dan melanjutkan S2 pada Jurusan Pengelolaan sumber daya lahan-Ilmu Lingkungan Pasca Sarjana Universitas Nusa Cendana.

BIODATA PENULIS



Andi Masnang

Penulis lahir di Kabupaten Soppeng, Sulawesi Selatan tanggal 19 November 1965. Penulis adalah dosen tetap pada program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Bangsa. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tahun 1990. Pada tahun 1995 menyelesaikan S2 pada jurusan Ilmu Tanah Institut Pertanian Bogor. Pada tahun 2011 lulus program doktor di Institut Pertanian Bogor dengan spesialisasi Ilmu Pengeloaan Daerah Aliran Sungai.

Karir di bidang pendidikan mulai sebagai dosen sejak tahun 1994 pada mata ajaran Ilmu Tanah. Sebagai ahli tanah maupun ahli Pengelolaan daerah aliran sungai, penulis telah banyak melakukan penelitian serta mengikuti seminar profesi dalam bidang-bidang tersebut di atas pada tingkat Nasional maupun Internasional.

BIODATA PENULIS



Zurrarahmi Wirda, S.P., M.P.

Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh

Lahir pada tanggal 14 Oktober 1977 di Banda Aceh, Propinsi Aceh. Penulis menyelesaikan pendidikan SD, SMP dan SMP di Kota Banda Aceh. Pada awal tahun 2002 menyelesaikan pendidikan Strata 1 di Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh dan pada tahun 2009 alhamdulillah berhasil gelar Magister Pertanian di Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru Kalimantan Selatan. Sejak tahun 2003 penulis diangkat sebagai dosen PNS di Program Studi Agronomi (sekarang Agroekoteknologi) Fakultas Pertanian Univ. Malikussaleh sampai sekarang. Penulis pernah mengajar beberapa mata kuliah seperti Sistem Pertanian Berkelanjutan, Kimia Pertanian, Botani, Biokimia Tanaman, TBT Umbi-umbian dan TBT Tebu dan Serat. Email penulis: zurrahmi.wirda@unimal.ac.id

BIODATA PENULIS



Ir. Roosganda Elizabeth, M.Si., MS.PNLP.
BRIN

Google Scholar : roosimanru@yahoo.com ; roosimanru@gmail.com
Orcid : 0000-0003-4937-9739
SCOPUS ID 57218892768
SINTA ID 6671403

Penulis, berkarya nyata sebagai fungsionalis peneliti ASN – Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) di bidang Pemberdayaan dan Inovasi Kompetensi SDM, Kelembagaan, Sosial Ekonomi Manajemen Bisnis dan Agribisnis, Ekonomi Khusus, Kerakyatan dan Kreatif, Pengabdian Masyarakat, Founder Start Up, Dewan Komisaris Perkebunan Swasta Nasional, Mitra Bestari, Reviewer, dan Editor anggota Tim Dewan Redaksi dan Editorial Board beberapa publikasi dan jurnal. Aktif menulis karya tulis ilmiah (KTI) di berbagai publikasi nasional dan internasional; berkarya nyata sebagai fungsionalis dan pengurus aktif di beberapa organisasi dan profesi ilmiah. Ber-orientasi sektor publik dengan menyelaraskan keberpihakan dan pendampingan. Pembimbing Mahasiswa agar mampu menyelesaikan tugas akhir, skripsi, tesis, desertasi berkualitas dan sempurna agar segera mampu memanfaatkan keilmuannya di masyarakat dan lingkungan luas dengan kompetensi, qualified, bernilai jual tinggi dan bertanggungjawab serta ber-ahlak, ber-attitude, menjunjung tinggi dan komit melaksanakan etika dan norma empati, simpati dan toleransi dalam

bermasyarakat yang majemuk dan beragam, untuk dan supaya mampu menuliskan, mendiseminasikan, mensosialisasikan dan menyebarluaskan hasil karya nyata mereka kepada masyarakat luas (nasional dan internasional) melalui karya tulis ilmiah, artikel, deskripsi dan statement ilmiah dan populer yang kompeten, bertanggungjawab, bermanfaat tinggi dan luas.