

Bacalah ...

dengan menyebut nama Tuhanmu yang telah menciptakan
Ia telah menciptakan manusia dari segumpal darah.

Bacalah ...

dan Tuhanmulah yang Maha Pemurah,
yang telah mengajari manusia dengan kalam (pena)
Mengajari manusia apa-apa yang tidak diketahuinya

(Q.S 96 al-`Alaq ; 1-5)

Kupersembahkan

Buat Ayahanda, Ibunda (Alm)

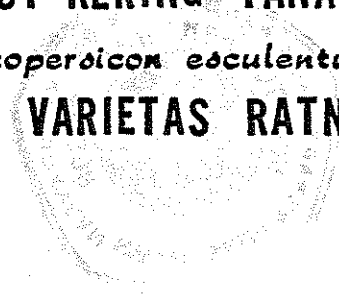
Mbak Eny, Mas Budi, Mas Danan

dan kakakku lainnya



AITNH/1992/036

**STUDI PEMANFAATAN MINERAL ZEOLIT
SEBAGAI PENGIKAT AMONIUM DAN PENGARUHNYA TERHADAP
BEBERAPA SIFAT KIMIA MEDIA, KADAR HARA
DAN BOBOT KERING TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicon esculentum* Mill)
VARIETAS RATNA**



Oleh
EKO SUDIARTONO



**JURUSAN TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

1992

RINGKASAN

EKO SUDIARTONO. Studi Pemanfaatan Zeolit Sebagai Pengikat Amonium dan Pengaruhnya terhadap Beberapa Sifat Kimia Media, Kadar Hara, dan Bobot Kering Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) varietas Ratna (dibawah bimbingan Astiana Sastiono dan Atang Sutandi).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh pemberian zeolit, nitrogen, pupuk kandang dan kapur pada media terhadap pengikatan amonium, sifat kimia media, kadar hara, dan bobot kering tanaman tomat.

Penelitian menggunakan media campuran tanah Latosol Kotabumi (Oxic Dystropept), pupuk kandang dan kapur. Media A adalah tanah Latosol, media B tanah ditambah pupuk kandang dengan takaran 20 ton/ ha, dan media C adalah tanah ditambah pupuk kandang dan kapur berdasar metode pH SMP. Setiap media kemudian ditambahkan mineral zeolit dan urea sebagai perlakuan. Zeolit yang digunakan adalah zeolit Cikalong, didominasi klinoptilolit dan mordenit, berukuran 60 mesh yang telah diaktifkan melalui pemanasan pada suhu 250 °C selama dua jam. Takaran zeolit yang digunakan adalah 0, 10, 20, 40, dan 80 ton/ha. Takaran nitrogen yang digunakan adalah 100 dan 200 kg/ha dari sumber urea. Pupuk dasar yang diberikan adalah 200 ppm TSP, 200 ppm KCl, 5 ppm CuSO₄, 5 ppm ZnSO₄, 100 ppm MgSO₄, 1 ppm NH₄MoO₃, dan 2 ppm H₃BO₃. Sebagai pembanding dicobakan pula media yang mengandung 10 % tanah, 20 %

pupuk kandang, dan 70 % zeolit (50% ukuran 25 mesh dan 50% ukuran 60 mesh) yang diperlakukan dengan nitrogen 100 kg/ha dan 200 kg/ha.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah faktorial dalam lingkungan Rancangan Acak Kelompok dengan media sebagai kelompoknya.

Peningkatan takaran mineral zeolit menyebabkan peningkatan kapasitas tukar kation media, jumlah kalium, kalsium, dan natrium tersedia. Pemberian zeolit cenderung meningkatkan jerapan amonium media.

Pemberian nitrogen takaran 200 kg/ha pada media cenderung meningkatkan jerapan amonium dalam media dibanding takaran 100 kg/ha.

Pemberian pupuk kandang pada media B dan C meningkatkan ketersediaan kalsium, magnesium dan natrium dalam media, meningkatkan kadar magnesium tanaman tomat.

Penambahan bahan kapur pada media C menyebabkan peningkatan pH media, KTK, kalsium tersedia, kadar nitrogen, kalsium, dan magnesium tanaman tomat dan bobot kering tanaman tomat.

STUDI PEMANFAATAN MINERAL ZEOLIT

SEBAGAI PENGIKAT AMONIUM DAN PENGARUHNYA TERHADAP

BEBERAPA SIFAT KIMIA MEDIA, KADAR HARA

DAN BOBOT KERING TANAMAN TOMAT

(*Lycopersicon esculentum* Mill)

VARIETAS RATNA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor

oleh

EKO SUDIARTONO

A 24.0762

JURUSAN TANAH

FAKULTAS PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1992





J u d u l

: STUDI PEMANFAATAN MINERAL ZEOLIT
SEBAGAI PENGIKAT AMONIUM DAN PENGA
RUHNYA TERHADAP BEBERAPA SIFAT
KIMIA MEDIA, KADAR HARA, DAN BOBOT
KERING TANAMAN TOMAT (*Lycopersicon
esculentum* Mill) VARIETAS RATNA

Nama Mahasiswa : EKO SUDIARTONO

Nomor Pokok : A 24.0762

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Astiana Sastiono MSc

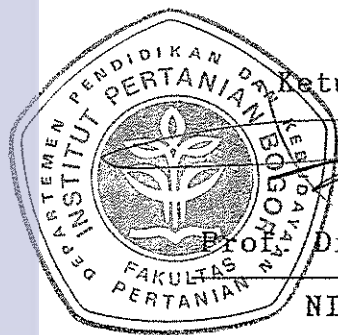
NIP 130 799 513

Ir. Atang Sutandi

NIP 130 937 427

Mengetahui,

Ketua Jurusan Tanah



Prof. Dr. Ir. Oetit Koswara

NIP 130 429 228

Tanggal lulus : 15 Mei 1992

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 10 Juni 1968 di Magelang, Jawa Tengah. Penulis adalah putra ketujuh dari tujuh bersaudara yang dilahirkan dari Ayah yang bernama Sukardi dan Ibu yang bernama R Sarwosri (alm).

Pada tahun 1981 penulis lulus dari SDN 1 Sokaraja Wetan, pada tahun 1984 lulus dari SMPN 1 Sokaraja, dan pada tahun 1987 lulus dari SMAN 1 Purwokerto, Kab. Banyumas, Jawa Tengah. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor melalui jalur Penelusuran Minat dan Kemampuan (PMDK), dan pada tahun 1988 diterima sebagai mahasiswa Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB.

Selama menjadi mahasiswa pada tahun 1990/1991 penulis diangkat sebagai asisten praktikum mata kuliah Mineralogi dan Geologi Umum. Pada tahun 1992 penulis menjadi asisten praktikum mata kuliah Geomorfologi dan Kartografi pada Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Aktivitas kemahasiswaan yang pernah dialami adalah menjadi pengurus Senat Mahasiswa bidang Rohani Islam pada tahun 1989. Pada Tahun yang sama juga menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) pada biro Seminar dan Diskusi. Pada periode 1990/1991 penulis dipercaya untuk menjadi Ketua Umum HMIT, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian IPB.

1. Mengingat pentingnya wawasan etimologi yang baik, terutama mengenai etimologi kata-kata yang berkaitan dengan ilmu geologi, maka penulis merasa perlu untuk menuliskan riwayat hidup ini sebagai bahan referensi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, penulis panjatkan karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian pada Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Ibu Ir. Astiana Sastiono MSc. dan Bapak Ir. Atang Sutandi atas segala bimbingan dan pengarahan selama penulis melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Ibu Ratna dan Mbak Tini di perpustakaan, Pak Romli di rumah kaca, juga kepada teman seperjuangan, Bambang, Arief, Tono, Siswanto, Hikmat, Triyono, Diar, Fedi, Widaryanto, Durahman, Siska dan Ade, khusus untuk keluarga besar Ciwaluya 6 (Rudi, Wildi, Jon, Dayat, Aji, Agus, Agung, Faizal, Ibad, Joko, Arief, Azhar, Dian) serta pihak-pihak lain atas bantuannya selama penelitian dan penulisan skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, tetapi mudah-mudahan bermanfaat bagi yang memerlukan dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang pertanian khususnya.

Bogor, 9 April 1992

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xiv

PENDAHULUAN

Latar belakang 1

Tujuan Penelitian 2

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Umum Latosol 3

Bahan Organik 4

Kemasaman Tanah dan Pengapuran 7

Mineral Zeolit 9

Kapasitas Tukar Kation 14

Nitrogen 16

Kalium 19

Kalsium 22

Magnesium 24

Natrium 25

Tomat 27

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Percobaan 28

Bahan Percobaan 29

Metode Percobaan 30

Rancangan Percobaan 31

1. Untuk mengetahui pengaruh dari...
 2. Untuk mengetahui...
 3. Untuk mengetahui...

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH Media 33

Kapasitas Tukar Kation Media 37

Kandungan Amonium Media 40

Basa-basa Tersedia 42

Kadar Hara Tanaman 48

Bobot Kering Tanaman 54

KESIMPULAN DAN SARAN

 Kesimpulan 57

 Saran 57

DAFTAR PUSTAKA 58

LAMPIRAN 62

oHes cpiu milk IPB University

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan lain tanpa izin tertulis dari IPB University.



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Metode Analisis yang Digunakan dalam Penetapan Sifat Kimia Media dan Tanaman.....	32
2.	Data Rataan pH Media Minggu ke-10, KTK dan kandungan Amonium Media pada Berbagai Perlakuan	34
3.	Nilai F-hitung Analisis Ragam pH Media Minggu ke-10, KTK dan Kandungan Amonium.....	34
4.	Data Rataan Basa-basa Tersedia Media pada Berbagai Perlakuan	43
5.	Nilai F-hitung Analisis Ragam Basa Tersedia pada Berbagai perlakuan	43
6.	Data Rataan Kadar Hara Tanaman Tomat pada Berbagai Perlakuan	49
7.	Nilai F-hitung Kadar Hara Tanaman Tomat pada Berbagai Perlakuan	49
8.	Data Rataan Bobot Kering Tanaman Tomat Umur 58 HST pada Berbagai Perlakuan	54
9.	Nilai F-hitung Analisis Ragam Bobot Kering Tanaman Tomat Umur 58 HST	55

LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil Analisis Pendahuluan Sifat Kimia Latosol Kotabumi, Lampung	63
2.	Deskripsi Tomat Varietas Ratna	64
3.	Hasil Analisis Sifat Kimia Pupuk Kandang	65
4.	Data Interpretasi Diagnosis Analisis Daun Tanaman Tomat pada Saat Berbunga 6 Tandan	65
5.	Hasil Analisis Kandungan Oksida Unsur, Komposisi Mineralogis, dan KTK Zeolit Cikalong	66



6.	Kriteria Penilaian Data Analisa Sifat Kimia Tanah Menurut Pusat Penelitian Tanah (1983)*..	67
7.	Hasil Pengukuran dan Rataan pH Media	68
8.	Analisis Ragam pH Media	68
9.	Hasil Pengukuran dan Rataan Kapasitas Tukar Kation Media	69
10.	Analisis Ragam KTK Media	69
11.	Hasil Pengukuran dan Rataan Amonium Media	70
12.	Analisis Ragam Amonium Media	70
13.	Hasil Pengukuran dan Rataan Kalium Tersedia Media	71
14.	Analisis Ragam Kalium Tersedia Media	71
15.	Hasil Pengukuran dan Rataan Kalsium Tersedia..	72
16.	Analisis Ragam Kalsium Tersedia Media	72
17.	Hasil Pengukuran dan Rataan Magnesium Tersedia Media	73
18.	Analisis Ragam Magnesium Tersedia Media	73
19.	Hasil Pengukuran dan Rataan Natrium Tersedia Media	74
20.	Analisis Ragam Natrium Tersedia Media	74
21.	Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Nitrogen Tanaman Tomat	75
22.	Analisis Ragam Kadar Nitrogen Tanaman Tomat ..	75
23.	Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Kalium Tanaman Tomat	76
24.	Analisis Ragam Kadar Kalium Tanaman Tomat	76
25.	Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Kalsium Tanaman Tomat	77
26.	Analisis Ragam Kadar Kalsium Tanaman Tomat ...	77
27.	Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Magnesium Tanaman Tomat	78

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang), dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap pH Media Minggu ke-10	36
2.	Pengaruh Takaran Zeolit terhadap KTK Media	38
3.	Pengaruh Takaran Zeolit terhadap Amonium Terjerap	41
4.	Pengaruh Takaran Zeolit terhadap Basa-basa tersedia Media	45
5.	Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang), dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap Basa-basa Tersedia	47
6.	Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang), dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) Pengaruh Media A, B, dan C terhadap Kadar Nitrogen Tanaman Tomat	51
7.	Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang), dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap Kadar Basa-basa Tanaman Tomat	57
8.	Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang), dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap Bobot Kering Tanaman Tomat Umur 58 HST	60

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. You are free to share and adapt the material, but you must attribute the work and non-commercially. For more information, see <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Usaha peningkatan produksi tanaman hortikultura dilakukan melalui usaha intensifikasi dan ekstensifikasi. Upaya itu didorong oleh permintaan konsumen yang tidak hanya meningkat dari segi jumlah tetapi juga mensyaratkan dalam hal kualitas produk. Sejalan dengan itu untuk mendukung pertanian bercorak industri dibutuhkan kemampuan memproduksi tanaman dalam jumlah banyak, kualitas seragam dan kontinuitas tinggi. Media buatan memegang peranan yang besar untuk mendukung pola ini.

Media tumbuh pada prinsipnya harus mempunyai empat fungsi pokok untuk memberikan pertumbuhan yang baik bagi tanaman. Fungsi pokok tersebut antara lain untuk menyediakan tunjangan mekanik, menahan air tersedia, menyediakan aerasi yang baik, dan sebagai tempat menyimpan hara tanaman. Pembuatan media dengan mencampurkan bahan tambahan dengan tanah, seperti bahan organik, pupuk dan kapur dimaksudkan agar keempat fungsi pokok tersebut dapat terpenuhi.

Ketersediaan unsur-unsur hara yang diperlukan bagi tanaman merupakan perhatian utama dalam pengelolaan pemupukan. Nitrogen merupakan salah satu pupuk yang menonjol peranannya karena merupakan pengatur penggunaan kalium, fosfor, dan unsur lainnya. Kehilangan unsur

1. Mengembangkan kemampuan analisis kritis dan kreatif yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.
2. Mengembangkan kemampuan komunikasi lisan dan tertulis yang efektif dalam rangka penyelesaian masalah-masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.
3. Mengembangkan kemampuan berorganisasi dan berkolaborasi dalam menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari.

nitrogen melalui pencucian dan penguapan pada tanah-tanah tropika cukup tinggi. Keadaan ini menyebabkan tingkat efisiensi pemupukan nitrogen rendah.

Mineral zeolit selain mempunyai kemampuan untuk memperbaiki sifat fisik media, juga mempunyai sifat kimia yang menguntungkan. Penggunaan zeolit yang mempunyai sifat-sifat spesifik antara lain kemampuan pertukaran kation yang tinggi merupakan bahan alternatif yang dapat dikembangkan dalam upaya meningkatkan efisiensi pemupukan terutama nitrogen. Selain itu zeolit juga menyumbangkan hara, terutama kalium, kalsium, magnesium dan natrium (Ming dan Mumpton, 1989).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mengetahui pengaruh pemberian zeolit, nitrogen, pupuk kandang dan kapur pada media terhadap pengikatan amonium, sifat kimia media, kadar hara, serta bobot kering tanaman tomat.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Umum Tanah Penelitian

Di Indonesia, Latosol merupakan tanah pertanian penting karena tersebar di berbagai daerah, seperti di Sumatera Timur, Sumatera Barat, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Kalimantan Tengah dan Manado (Soepraptohardjo, 1978).

Latosol Kotabumi Lampung terbentuk dari batuan tufa masam, dengan ketinggian kurang lebih 100 m dpl. Tekstur tanahnya berat dengan kandungan liat yang tinggi, dimana fraksi liat didominasi oleh kaolinit dan mengandung seskuioksida bebas, yang dicirikan oleh warna tanah yang merah, mempunyai profil yang dalam, bereaksi masam, berstruktur remah dan gembur.

Proses pembentukan yang penting pada tanah ini adalah feralisasi dan latosolisasi yang terdiri dari: (1) pelapukan intensif dan kontinyu dengan hidrolisis silika, (2) tercucinya basa-basa dan silika mengakibatkan akumulasi seskuioksida, (3) terbentuknya mineral-mineral liat 1:1 dari golongan kaolinitik. Proses-proses tersebut mengakibatkan latosol mempunyai kandungan seskuioksida yang tinggi. Proses tersebut mengakibatkan KTK tanah yang rendah (< 24 me/100 g liat) pada hampir seluruh profil, sehingga digolongkan sebagai Oxic Dystropept (Konsultasi pribadi dengan Sutandi).

Bahan Organik

Sumber dan Dekomposisi Bahan Organik

Bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan sistem kompleks dinamis, berasal dari sisa tanaman dan binatang yang terdapat di dalam tanah dan terus menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi faktor biologi, fisik dan kimia. Bahan organik tersebut terdiri dari karbohidrat, selulosa, protein, lignin, lemak, hormon dan asam organik seperti asam humik, fulfik serta alkohol dan aldehid (Kononova, 1966).

Bahan organik yang didekomposisikan dalam tanah dikelompokkan menjadi: (1) sisa hewan atau tanaman yang terdekomposisi pada permukaan tanah, (2) sisa tanaman yang tertinggal dalam tanah, (3) pupuk kandang, (4) kompos, (5) pupuk organik dan (6) jasad renik dan jaringan tumbuhan yang telah mati (Kononova, 1966).

Pupuk kandang merupakan sumber kedua bahan organik tanah, yang mengandung cukup banyak unsur nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, sulfur dan sejumlah kecil unsur mikro seperti mangan, seng, tembaga dan boron. Susunan kimia pupuk kandang tergantung dari jenis ternak, umur, keadaan dan sifat individu ternak, makanan yang dimakan dan hamparan yang digunakan (Buckman dan Brady, 1961; Tisdale, Nelson dan Beaton, 1985).

Transformasi bahan organik merupakan proses mikrobiologi yang dipengaruhi oleh perbandingan karbon dan nitrogen dari bahan yang didekomposisikan. Nisbah C/N dari bahan organik adalah faktor terpenting dalam proses dekomposisi (Alexander, 1961).

Menurut Tisdale *et al.* (1985) pada nisbah C/N kurang dari 20, bahan organik akan cepat termineralisasikan. Pada nisbah C/N lebih dari 30 bahan organik akan diimobilisasi sehingga nitrogen menjadi tidak tersedia. Nisbah C/P juga merupakan petunjuk dari dekomposisi bahan organik. Mineralisasi C terjadi jika nisbah C/P kurang dari 200. Jika nisbah C/P lebih dari 300 akan terjadi imobilisasi.

Bahan organik yang berasosiasi dengan liat dapat berupa kation, anion dan senyawa non polar. Pada kondisi biasa liat mempunyai muatan negatif sehingga menolak anion organik. Akan tetapi pada kondisi tertentu patahan permukaan liat dapat mengandung muatan positif dan dapat menarik anion organik (Tan, 1982).

Kation organik berasosiasi dengan muatan negatif liat. kation organik ini kedudukannya dapat digantikan oleh kation anorganik pada tempat pertukarannya atau pada permukaan interlayer liat. Interaksi antara molekul organik yang tidak bermuatan, seperti alkohol, etilen glikol, mungkin disebabkan adanya kation dapat ditukar (Mortland, 1970 dalam Tan, 1982).

Peranan Bahan Organik

Peranan bahan organik disamping memperbaiki sifat kimia tanah juga berperan dalam memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Menurut Millar, Turk dan Foth (1958) bahan organik berpengaruh terhadap sifat kimia tanah terutama dalam hal menyerap dan menyediakan kation bagi tanaman. Perombakan bahan organik memberikan unsur tertentu dan meningkatkan ketersediannya. Di lain pihak bahan organik yang telah melapuk mempunyai kapasitas tukar kation yang lebih besar bila dibandingkan dengan koloid mineral, sehingga koloid organik dapat berfungsi sebagai buffer dalam tanah.

Pengaruh pemberian bahan organik akan menyebabkan terjadinya pengkhelatan pada mobilitas kation yang menyebabkan perubahan pada lingkungan ion. Pembentukan senyawa kompleks oleh bahan organik, dapat juga melibatkan Ca^{+2} dan Mg^{+2} . Akan tetapi keduanya relatif tidak mudah larut, sehingga dapat keluar sebagai ion bebas. Dengan demikian mobilitas Ca^{+2} dan Mg^{+2} sedikit tergantung dengan pembentukan senyawa kompleks bila dibandingkan dengan Al^{3+} dan Fe^{3+} (Tan, 1982).

Menurut Talibudeen (1981), menyatakan bahwa bahan organik mempunyai afinitas yang besar terhadap kation multivalen.

Kemasaman Tanah dan Pengapuran

Proses-proses yang dapat menyebabkan kemasaman tanah adalah: (1) proses pembebasan dan penimbunan ion-ion masam seperti Si, Al, Fe, (2) proses pencucian basa-basa dan penyerapan hara oleh tanaman, (3) oksidasi beberapa senyawa sulfida (Leiwakabessy, 1988).

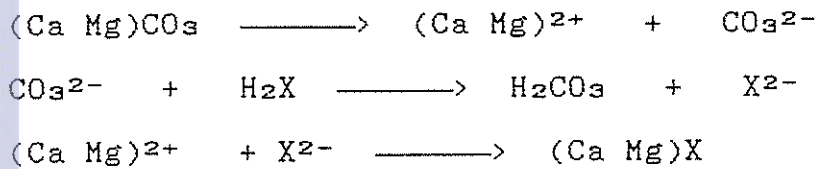
Menurut Tan (1982) ada dua jenis kemasaman tanah yaitu, kemasaman aktif atau kemasaman hidrolitik dan kemasaman potensial atau kemasaman pertukaran. Kemasaman aktif timbul karena adanya ion H^+ sebagai hasil pertukaran terurai dan dibebaskannya ion-ion Al dan Fe. Sedangkan kemasaman potensial disebabkan oleh H^+ dan Al^{3+} yang terperap pada kompleks jerapan.

Pengapuran ditujukan untuk mencapai suatu keadaan yang memungkinkan tanaman tumbuh tanpa mengalami hambatan dari reaksi masam tanah (Sanchez 1976).

Selanjutnya dijelaskan juga bahwa bentuk bahan kapur pertanian dibagi atas dua kelompok yaitu kalsium dan magnesium. Senyawa ini terdiri atas kelompok garam lemah seperti karbonat serta senyawa basa seperti oksida dan hidroksida.

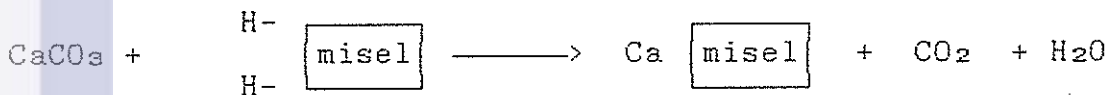
Bahan kapur yang diberikan ke dalam tanah akan mengalami reaksi-reaksi sampai terbentuk keseimbangan baru. Reaksi yang terjadi pertama kali adalah peruraian dari bahan kapur itu sendiri membentuk ion karbonat dan ion kalsium dan magnesium. Ion karbonat yang terbentuk menarik ion hidrogen dari kompleks jerapan membentuk asam

karbonat. Ion kalsium dan magnesium segera mengisi kompleks jerapan dengan reaksi sebagai berikut:



dimana X adalah kompleks jerapan. Dengan demikian ion karbonatlah yang merupakan agen pengapuran sebab ion kalsium sendiri tidak sanggup melepaskan ion hidrogen dari kompleks jerapan (Kussow, 1971).

Brady (1974) menggambarkan reaksi penetralan kemasaman hidrogen dari lapisan pertukaran oleh bahan kapur sebagai berikut:



Menurut Jones (1979) pengapuran pada tanah-tanah masam perlu dilakukan sebab kapur mempunyai beberapa pengaruh yang menguntungkan antara lain: (1) memperbaiki reaksi tanah, (2) mensuplai kalsium dan magnesium, (3) mempercepat pelapukan bahan organik sehingga bahan organik melepaskan unsur-unsur hara bagi tanaman, (4) meningkatkan ketersediaan fosfor, (5) meningkatkan fiksasi nitrogen oleh tanah dan mikroorganisme tanah, (6) memperbaiki sifat fisik tanah, (7) mengurangi aktivitas-aktivitas unsur-unsur yang berbahaya di dalam tanah.

Mineral Zeolit

Definisi Mineral Zeolit

Nama zeolit diambil dari bahasa Yunani yang berasal dari kata *zein* yang artinya mendidih, dan *litos* artinya batuan. Zeolit disebut juga batu mendidih karena mineral ini bersifat mendidih atau mengembang bila dipanaskan. Mineral zeolit merupakan mineral kristalin dari golongan aluminosilikat hidrat yang memiliki kation alkali dan alkali tanah secara terbatas dan mempunyai struktur tiga dimensi. Zeolit mempunyai kemampuan untuk menghidrasi dan dehidrasi secara reversibel serta penukar beberapa kation. Sampai saat ini diketahui zeolit alami \pm 50 spesies, sedang zeolit buatan 150 spesies (Ming dan Mumpton, 1989).

Pembentukan dan Struktur Mineral Zeolit

Menurut Hay (1986) zeolit terbentuk pada berbagai tipe batuan, tetapi umumnya ditemukan dalam sedimen vulkanoklastik dan deposit yang terbesar dan paling murni adalah yang berasal dari alterasi tufa vitrik. Secara geologi lingkungan pembentukan mineral zeolit adalah :

- (1) danau salin dan alkalin, (2) tanah salin dan alkalin,
- (3) sedimen laut dalam, (4) sistem hidrologi terbuka dengan temperatur yang rendah, (5) Diagenesis terkubur dan
- (6) pada sistem hidrotermal dan geotermal.

Indonesia secara geologi mempunyai sebaran mineral yang berasal dari rombakan tufa cukup melimpah (Darsoprajitno, 1990). Dengan demikian sumber daya alam mineral

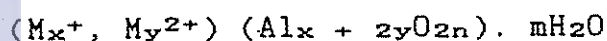
zeolit masih melimpah akan tetapi masih belum terjamah ilmu dan teknologi.

Menurut Harjanto (1987) mineral zeolit mempunyai struktur kristal tiga dimensi tetraeder silikat yang disebut tektosilikat. Dalam struktur ini sebagian dari Al^{3+} menggantikan Si^{4+} sehingga muatan listrik kristal bertambah. Kelebihan muatan ini biasanya diimbangi oleh kation-kation logam K^+ , Na^+ dan Ca^{2+} yang menduduki tempat tersebar dalam struktur kristal mineral zeolit yang bersangkutan.

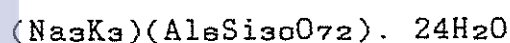
Seperti juga feldspatoid dan felspar, zeolit juga dibangun dari kerangka tetraeder AlO_4 dan SiO_4 , akan tetapi perbedaannya adalah kerangka zeolit merupakan kerangka terbuka yang dihubungkan oleh kisi-kisi atau saluran-saluran. Barrer (1982) menggolongkan mineral zeolit ini sebagai mineral aluminosilikat berpori.

Anwar, Sansudiro dan Darmawan (1985) menjelaskan bahwa tingkat perbandingan Si dan Al berkisar antara 1:1 sampai 1:100. Nilai perbandingan ini menentukan jenis mineral zeolitnya. Struktur saluran pada zeolit disusun dari kombinasi yang berbeda-beda dari ikatan cincin tetraeder atau unit polieder simetris yang besar. Setiap cincin disusun dari tetraeder jenis 4, 5, 6, 8 atau 12 dengan kombinasi yang spesifik yang dapat dilihat dari ukuran salurannya (Ming dan Mumpton, 1989).

Gottardi (1978) dalam Ming dan Mumpton (1989), menjelaskan rumus umum untuk mineral zeolit, yaitu :



dimana M^+ dan M^{2+} adalah kation monovalen dan divalen. Kation yang berada dalam tanda kurung pertama disebut kation dapat ditukar, sedangkan yang berada dalam tanda kurung kedua merupakan kation struktur karena bersama-sama dengan oksigen membentuk kerangka struktur. Rumus dari sebuah unit sel klinoptiloptit yang terkandung dalam sedimen zeolit menurut Ming dan Mumpton (1989) adalah :



Beberapa kation seperti Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} dan Mg^{2+} juga ditemukan pada beberapa jenis zeolit. Juga dilaporkan adanya sejumlah kecil Fe_2O_3 yang kemungkinan bersubstitusi dengan Si atau Al ikatan koordinasi tetraeder.

Sifat-sifat Zeolit dan Peranannya bagi Kesuburan Tanah

Volume rongga dalam struktur zeolit cukup besar, sedangkan garis tengah rongga tergantung dari jenis mineral zeolit, umumnya berkisar antara 2 Å sampai lebih dari 6 Å (Harjanto 1987). Volume dan ukuran garis tengah dalam kisi-kisi kristal inilah yang menjadi dasar penggunaan mineral zeolit.

Menurut Suyartono (1986) apabila molekul air yang terdapat dalam rongga dan saluran masuk zeolit dibebaskan maka molekul-molekul yang mempunyai garis tengah lebih kecil dari saluran masuk dapat diserap. Molekul air dalam

rongga zeolit dapat dikeluarkan melalui pemanasan dengan suhu antara 100 sampai 300 °C dengan waktu 2 - 4 jam.

Zeolit mempunyai daya jerap terhadap air yang tinggi. Jerapan air ini tergantung pada spesies zeolit sebagaimana jerapan kation pada kisi (Helfferich, 1962). Jumlah air yang terjerap tergantung pada lebar kisi atau ukuran kation. Mekanisme jerapan air diperoleh dari jerapan fisik air pada mineral zeolit.

Menurut Komardi (1984) zeolit mempunyai sifat penapis molekuler, dimana zeolit dapat memisahkan atau menahan molekul-molekul terutama yang berbentuk gas yang diameternya lebih besar daripada ukuran saluran, dan sebaliknya akan melewatkan molekul-molekul yang mempunyai diameter lebih kecil daripada ukuran saluran.

Rongga klinoptilolit yang berukuran 0.3 - 7.9 nm dapat menjerap NH_4^+ pada tapak pertukarannya. Rongga ini sangat kecil bagi jalan mikroba yang berukuran mikron sebagai jalan masuknya. Oleh karena itu klinoptilolit mempunyai potensi secara fisik menghambat nitrifikasi NH_4^+ oleh mikroba dan dapat mengurangi penguapan NH_4^+ (Ferguson dan Pepper, 1987).

Zeolit mempunyai kapasitas tukar kation yang dapat mencapai 100 - 300 me/100 g. Akan tetapi keadaan ini tergantung pula pada lebar saluran, difusi ion atau molekul, hidrasi atau kandungan air (Grim, 1968). Harjanto (1987) menambahkan bahwa kapasitas tukar kation pada dasarnya adalah fungsi dari pertukaran ion logam aluminium

terhadap silikon dalam struktur kisi-kisi kristal zeolit. Makin besar kapasitas tukar kation maka muatan listrik makin turun, penetralan dengan ion logam semakin naik.

Menurut Harjanto (1987) kation terhidrasi dengan kekuatan medan lemah ditahan lebih kuat sehingga terjadi selektivitas dalam penjerapan kation secara berturut-turut yaitu:

$$\text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Li}^+.$$

Kation-kation yang dapat dipertukarkan dari zeolit tidak terikat kuat dalam kerangka struktur zeolit yang berbentuk tetrahedral, dan karenanya dapat dipisahkan atau dipertukarkan secara mudah dengan cara pencucian dengan larutan dari kation lain (Mumpton dan Fishman, 1977). Susunan kimia zeolit terdapat kation divalen umumnya Ca dan kadang-kadang Ba, Mg sedangkan kation monovalen biasanya Na dan sedikit K. Dalam proses pertukaran zeolit diharapkan dapat menambah kation-kation tanah. Penambahan 1000 ppm zeolit dapat meningkatkan kation Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , dan Na^+ tanah yang cukup berarti.

Menurut Ming dan Mumpton (1989) berdasarkan hasil penelitian beberapa ahli, sifat yang menarik dari pertukaran kation pada zeolit yang ditemukan dalam hubungannya dengan kesuburan tanah adalah sebagai pupuk penyedia lambat (slow release fertilizers) dan atau penyimpan kalium dan amonium serta beberapa kation lainnya.

Pemberian mineral zeolit untuk meningkatkan produktivitas tanah-tanah pertanian telah memberikan pengaruh yang nyata terhadap kenaikan produksi tanaman pangan dan tanaman hortikultura (Sarief, Komar, Pawita, Sondari, Listiana, Yoga dan Sudrajat, 1987). Dari penelitian Iskenderov dan Mamedova (1988) di Azerbaijan pemberian mineral zeolit dalam bentuk klinoptilolit, meningkatkan hasil panen gandum pada tanah yang diolah tanpa irigasi sebesar 12.5 - 19.3 % dan pada tanah yang diirigasikan 8.3 - 14.1 %. Sedangkan dari penelitian Torii (1978) dalam Tsitsishvili (1988) pemberian klinoptilolit dalam takaran 5 - 20 ton/ha memberikan kenaikan hasil panen dari 15 - 65 % pada tanaman wortel, apel dan gandum.

Kapasitas Tukar Kation

Kapasitas tukar kation (KTK) tanah mencerminkan kemampuan tanah menjerap kation-kation seperti K, Ca, Mg dan Na. Nilai KTK ini mempunyai hubungan erat dengan muatan negatif tanah (Coleman dan Mehlich dalam Soil Survey Staff, 1975). KTK ditentukan berdasarkan jumlah total muatan negatif per unit berat bahan. Jumlah KTK yang diukur bervariasi tergantung pada kation yang digunakan, konsentrasi garam dan keseimbangan pH (4.0 - 8.0) (Jackson, 1964).

Tisdale *et al.* (1985) menyatakan bahwa pengikatan kation oleh kompleks jerapan berbeda tergantung dari muatan dan tebalnya selubung air hidrat. Pada umumnya kation-

kation monovalen diikat dengan kekuatan kecil sekali dibandingkan dengan kation bervalensi tiga, sedang yang bervalensi tiga diikat dengan kekuatan terbesar. Demikian juga dengan ion air hidrat tebal akan lebih mudah ditukar daripada ion yang berselubung air tipis. Mudah atau sukarnya ion ditukar diberikan dalam suatu deretan yang disebut deret lyotropi yaitu $\text{Li} > \text{Na} > \text{K} > \text{NH}_4 > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Sr} > \text{Ba} > \text{H}$. Ion-ion yang terletak di sebelah kiri lebih mudah dilepaskan daripada ion-ion yang terletak di sebelah kanan. Tetapi dengan konsentrasi yang lebih tinggi ion-ion seperti Na, K, ataupun NH_4 dapat membebaskan basa-basa bervalensi dua, H ataupun Al dan Fe.

Soepardi (1983) mengemukakan bahwa kapasitas tukar kation dipengaruhi oleh pH tanah, bahan organik, jenis mineral liat dan tekstur tanah. Berdasarkan sumber muatan KTK dapat berasal dari tanah mineral dan bahan organik.

Kemampuan koloid-koloid tanah untuk menjerap kation-kation disebabkan karena adanya suatu kompleks jerapan yang bermuatan negatif yang disebabkan oleh substitusi isomorfik pada liat silikat, ionisasi gugus hidroksil dari oksida-oksida Al dan Fe serta bahan organik. Substitusi isomorfik pada mineral silikat umumnya terjadi karena Al^{3+} menggantikan Si^{4+} pada ikatan tetraeder dan Mg^{2+} menggantikan Al^{3+} atau Fe^{3+} pada ikatan koordinasi oktaeder (Mc Bride, 1989). Muatan negatif ini dinetralkan oleh kation-kation yang ditarik oleh permukaan koloid. Jumlah kation-kation yang dijerap setara dengan kapasitas tukar

tukar kation tanah (Tisdale *et al.*, 1985).

Besarnya KTK suatu tanah ditentukan oleh jenis dan jumlah mineral liat yang ada pada tanah tersebut. Sebagai contoh beberapa nilai KTK dari mineral liat yang ada pada tanah Kenya yaitu: monmorilonit 118 me/100 g, vermikulit 85 me/100 g, kaolinit 4 me/100 g dan alofan 51 me/100 g (Mehlich dan Theisen, dalam Sanchez, 1976).

Hasil perombakan bahan organik adalah humus yang resisten terhadap perombakan atau degradasi (Talibudeen, 1981). Gugus fungsional dari humus yang sangat berpengaruh terhadap KTK adalah gugus fenol dan karboksil. Nilai KTK dari humus ini sangat dipengaruhi oleh pH terutama pada selang pH 3.0 sampai 10.0 (Oades, 1989). Humus mempunyai KTK yang tinggi, menurut Soepardi (1983) humus mempunyai KTK sampai 200 me/100 g sedangkan gambut menurut Sanchez (1976) mempunyai KTK sampai 136 me/100 g.

Nitrogen

Nitrogen dalam Tanah

Sumber N dalam tanah diperoleh dari sisa tanaman, pupuk organik, garam amonium dan nitrat yang diendapkan serta N terfiksasi dari atmosfer yang dilakukan oleh organisme tertentu (Buckman and Brady, 1972).

Bentuk nitrogen di dalam tanah dibagi dalam dua bentuk, yaitu bentuk N-anorganik dan N-organik. Bentuk N-organik adalah bentuk yang terbesar seperti protein, senyawa amino, dan lain-lain. Sedangkan bentuk N-anorganik seper-

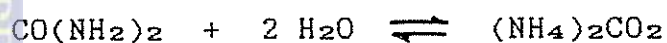
amino, dan lain-lain. Sedangkan bentuk N-anorganik seperti NH_4^+ , NO_3^- , NO_2 dan gas N_2 (Leiwakabessy, 1988).

Dijelaskan lebih lanjut bahwa jumlah nitrogen di dalam tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor : (1) kadar bahan organik, (2) iklim dan tipe vegetasi, (3) topografi, (4) sifat fisik dan kimia tanah, (5) kegiatan manusia dan (6) waktu.

Sebagian besar nitrogen dalam tanah berada dalam bentuk N-organik. Untuk menjadi tersedia bagi tanaman, senyawa N-organik ini harus mengalami dekomposisi menjadi N-inorganik. Proses dekomposisi ini terdiri dari tiga tahap yaitu aminisasi (transformasi protein menjadi asam amino), amonifikasi (transformasi asam amino menjadi amonium), dan nitrifikasi (transformasi amonium menjadi nitrat).

Menurut Sanches (1976) nitrogen masuk ke dalam tanah melalui hujan, debu, penambatan non-simbiotik, penambatan simbiotik, kotoran binatang, kotoran manusia, bahan organik dan pupuk buatan. Sebaliknya N dalam tanah dapat juga hilang melalui proses volatilisasi, pencucian, denitrifikasi, erosi ataupun diserap oleh tanaman.

Dijelaskan lebih lanjut bahwa urea merupakan sumber nitrogen inorganik utama di daerah tropik. Dalam tanah lembab urea terhidrolisis menjadi amonium karbonat dengan bantuan enzim urease dan ditunjukkan dengan reaksi sebagai berikut:



Selanjutnya amonium karbonat terdisosiasi menjadi ion amonium dan karbonat.

Pada umumnya NH_4^+ dijerap oleh koloid-koloid tanah sehingga tidak mudah bergerak melalui pencucian dibandingkan dengan bentuk NO_3^- . Ion NH_4^+ bisa ditahan dalam tanah untuk waktu yang relatif lama, sedangkan ion NO_3^- bergerak leluasa dalam air tanah. Banyaknya jumlah NH_4^+ yang dapat diikat tergantung kepada besarnya nilai kapasitas tukar kation, pada tanah yang mempunyai nilai kapasitas tukar kation yang besar maka amonium yang dapat diikat akan lebih banyak. Bentuk NH_4^+ yang terikat ini akan mengalami pencucian ke lapisan bawah (Tisdale *et al.*, 1985).

Mineral liat monmorilonit, vermikulit, dan illit dapat memfiksasi NH_4^+ . Daya memfiksasi ini dipengaruhi oleh kelembaban tanah, temperatur tanah dan kadar K dalam tanah. Pembekuan dan pengeringan tanah dan meningkatnya kadar K dalam tanah akan meningkatkan jumlah amonium yang terfiksasi (Leiwakabessy, 1988).

Serapan dan Peranan Nitrogen

Tanaman menyerap N dalam bentuk ion amonium dan ion nitrat. Ion nitrat akan terlarut dalam larutan tanah, sehingga pada tanah dengan kadar humus tinggi bentuk N yang banyak terdapat adalah amonium (Russel, 1961).

Menurut Benton, Jones, Wolf dan Mills (1991) serapan NH_4^+ dan NO_3^- masing-masing dipengaruhi oleh pH tanah, temperatur dan persentase ion lain dalam tanah. Serapan N

Proses fisiologis yang berlangsung di dalam tanaman tergantung secara langsung pada ketersediaan unsur nitrogen. Hampir pada semua tanaman nitrogen merupakan pengatur dari penggunaan kalium dan fosfor. Selain itu pemberian nitrogen yang tinggi mengakibatkan sukulensi, suatu kualitas yang sangat diinginkan pada tanaman sayur-sayuran (Brady, 1974). Unsur N merupakan bahan utama pembentuk protoplasma, pigmen klorofil dan juga dalam hormon tanaman serta merupakan komponen ATP sekaligus pembawa energi respirasi (Black, 1974). Nitrogen juga berperan dalam pembentukan dinding sel tanaman berupa kalsium pektat, selulosa dan lignin (Russel, 1961). Sebagian besar berat kering tanaman disusun oleh N (Black, 1974).

Kalium

Kalium dalam Tanah

Kalium tanah dibedakan dalam tiga bentuk, yaitu (1) kalium tidak tersedia, yaitu kalium yang menempati bagian struktur mineral mika primer dan sekunder, serta mineral-mineral felspatik, (2) kalium lambat tersedia, yaitu kalium yang terdapat pada beberapa mineral seperti illit, (3) kalium segera tersedia, yaitu kalium yang larut dalam tanah dan dapat ditukar (Tisdale *et al.*, 1985). Menurut Sabiham, Djokosudardjo dan Soepardi (1983), kalium tersedia terdapat pada permukaan mineral liat, seperti kaolinit, monmorilonit dan bentuk K pada bahan organik.

Penambahan konsentrasi ion K^+ dalam larutan tanah menyebabkan sebagian ion K^+ akan terjerap. Sebaliknya serapan kalium oleh tanaman dapat mengakibatkan gangguan sementara terhadap keseimbangan. Untuk mengembalikan keseimbangan tersebut sebagian K dapat ditukar segera bergerak ke dalam larutan tanah sampai keseimbangan terbentuk kembali (Brady, 1974).

Menurut Mutscher (1985), tipe koloid atau mineral liat yang ada di dalam tanah berhubungan dengan kemampuan fiksasi kalium. Fiksasi paling tinggi terjadi pada mineral liat 2:1. Secara berurutan jumlah dan ketersediaan K dapat ditukar pada mineral liat adalah kaolinit > monmorilonit > illit. Beberapa faktor lain yang mempengaruhi terhadap fiksasi kalium menurut Tisdale *et al.*, (1985), adalah reaksi tanah, konsentrasi dari kalium tanah yang ditambahkan, pembasahan dan pengeringan, serta pencairan dan pembekuan

Serapan dan Peranan Kalium

Faktor yang mempengaruhi ketersediaan kalium untuk tanaman adalah: (1) jenis mineral liat, (2) kapasitas tukar kation, (3) jumlah dari kalium dapat ditukar, (4) kapasitas fiksasi kalium, (5) kalium pada lapisan bawah dan kedalaman perakaran, (6) kelembaban tanah, (7) aerasi, (8) suhu tanah, (9) reaksi tanah dan (10) kadar kalsium dan magnesium (Liewakabessy, 1988).

Pada umumnya selama masa pertumbuhan tanaman menyerap kalium, sehingga harus cukup tersedia dalam larutan tanah (Thompson dan Troeh, 1979). Selanjutnya Follet, Murphy dan Donahue (1981) menyatakan bahwa kalium diserap tanaman terlebih dahulu dari nitrogen dan fosfor serta akan meningkatkan bobot kering tanaman. Sehingga dapat dilihat bahwa peranan kalium memang diperlukan pada tahap awal.

Menurut Grimme (1985), mekanisme serapan kalium oleh tanaman dapat terjadi melalui proses aliran masa dan proses difusi. Kontribusi kalium yang diserap tanaman melalui aliran masa lebih kurang 20% dari total kalium yang diserap. Selanjutnya dijelaskan bahwa mayoritas serapan kalium terjadi melalui proses difusi ke akar tanaman.

Fungsi kalium dalam benda hidup adalah: (1) mengatur keseimbangan air dan kadar garam, (2) menggiatkan dan merangsang aktivitas enzim, (3) esensial bagi aktivitas penyimpanan dan pelepasan energi, (4) reduksi nitrat dan sintesa protein, (5) pembelahan sel, (6) pembentukan karbohidrat dan (7) translokasi gula (Jones, 1979). Buckman dan Brady (1972) menambahkan peranan kalium dalam hal (8) menambah ketegaran tanaman, (9) membuat tanaman lebih tahan terhadap penyakit, (10) merangsang pertumbuhan akar dan (11) meniadakan pengaruh buruk dari nitrogen dan mengurangi pengaruh kematangan yang dipercepat oleh fosfor.

Kalsium

Kalsium dalam Tanah

Kalsium dalam tanah bersumber dari batuan dan mineral dimana tanah tersebut terbentuk. Mineral plagioklas dan anortit merupakan sumber utama kalsium. Mineral lain yang juga menjadi sumber kalsium adalah albit, piroksin, amfibol. Selain itu mineral biotit, epidot dan apatit menyumbangkan kalsium dalam jumlah kecil (Tisdale, *et al.*, 1985). Penambahan dalam bentuk kapur atau pupuk juga menyumbangkan kalsium dalam tanah.

Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan kalsium bagi tanaman adalah: (1) total kalsium, (2) pH tanah, (3) kapasitas tukar kation, (4) prosentase kejenuhan kalsium pada komplek jerapan tanah, (5) jenis koloid tanah dan (6) nisbah kalsium terhadap kation lain dalam larutan tanah (Tisdale *et al.*, 1985).

Tanah mineral masam dengan kapasitas tukar kation rendah biasanya lebih tinggi ketersediaannya daripada yang mempunyai kapasitas tukar kation tinggi. Tetapi tanah-tanah dengan kapasitas tukar kation rendah biasanya berko-relasi dengan kadar kalsium dapat ditukar yang rendah, sedangkan yang kapasitas tukar kation yang tinggi berko-relasi dengan kadar kalsium dapat ditukar yang tinggi pula (Leiwakabessy, 1988).

Serapan dan Peranan Kalsium

Kekurangan kalsium bagi tanaman biasanya bukanlah karena keterbatasan jumlahnya tetapi karena adanya faktor lain, misalnya kadar magnesium yang tinggi, pencucian yang tinggi, kemasaman yang tinggi, dan kejenuhan aluminium yang tinggi. Konsentrasi magnesium dan aluminium yang tinggi dapat menekan serapan kalsium oleh tanaman, walaupun jumlah kalsium cukup tersedia dalam tanah (Bohn, McNeal dan Connors, 1979).

Menurut Barber (1984), adanya peningkatan konsentrasi kalium dan amonium dalam larutan akan menyebabkan penekanan serapan kalsium, akan tetapi penyebab terjadinya penekanan belum diketahui secara jelas.

Kalsium merupakan salah satu unsur makro yang dibutuhkan tanaman dan diambil dalam bentuk ion Ca^{2+} . Kalsium banyak ditemukan dalam daun, pada beberapa tanaman kalsium banyak ditemukan dalam bentuk ion dalam cairan sel, serta kadang ditemukan dalam vakuola sel (Tisdale *et al.*, 1985).

Menurut Jones (1979) fungsi kalsium di dalam tanaman adalah : (1) menaikkan kecepatan pembentukan akar dan pertumbuhan, (2) memperbaiki vigor tanaman dan kekuatan (4) menetralkan racun yang dihasilkan di dalam tanaman, (5) mendorong produksi biji dan benih, dan (6) meningkatkan kandungan kalsium dalam tanaman.

Magnesium

Magnesium dalam Tanah

Magnesium dalam tanah berasal dari mineral-mineral primer seperti biotit, aplit, hornblende, olivin, serpentin dan juga mineral-mineral sekunder seperti klorit, illit, montmorilonit dan vermikulit. Selain itu magnesium juga ditemukan dalam mineral-mineral endapan seperti dolomit (Leiwakabessy, 1988).

Menurut Tisdale *et al.* (1985), sebaiknya kejenuhan magnesium minimum 10% agar tidak timbul defisiensi Mg.

Selanjutnya dijelaskan bahwa ketersediaan magnesium dipengaruhi oleh pH, kejenuhan magnesium, perbandingan ketersediaan kation lain terutama kalsium dan kalium serta tipe mineral liat. Tanah dengan tipe liat 2:1 diduga dapat memfiksasi magnesium. Begitu juga apabila dikapur dengan dolomit, mula-mula kadar magnesium bertambah tetapi apabila pH meningkat mendekati netral maka kadarnya kembali berkurang. Pengurangan ini diduga terjadi karena difiksasi silikat yang larut ataupun terjadi koopresipitasi dengan $Al(OH)_3$.

Serapan dan Peranan Magnesium

Serapan magnesium oleh tanaman hampir sebagian besar terjadi melalui mekanisme aliran massa. Sedangkan sebagian kecil lainnya melalui mekanisme intersepsi akar. Jumlah magnesium yang diserap tanaman biasanya lebih kecil daripada kalsium dan kalium (Tisdale *et al.*, 1985).

Selanjutnya dijelaskan juga bahwa penyerapan magnesium oleh tanaman tergantung kepada jumlah yang tersedia, pH tanah, tingkat kejenuhan magnesium, jumlah dan sifat ion-ion dapat ditukar.

Menurut Warncke dan Barber (1974) serapan magnesium tertekan pada pH kurang dari 5 dan hilang dari perakaran pada pH kurang dari 4. Serapan magnesium juga dipengaruhi oleh umur tanaman. Penambahan umur tanaman menyebabkan peningkatan pertumbuhan akar sehingga magnesium yang diserap semakin banyak tetapi kecepatan serapan akan menurun dengan bertambahnya bobot akar.

Magnesium didalam tanaman mempunyai fungsi-fungsi sebagai: (1) bagian esensial dari klorofil yang memberikan warna hijau pada daun, (2) pembentuk gula dari CO_2 dan H_2O , (3) mengatur serapan unsur hara lainnya, (4) pembawa fosfor di dalam tanaman, (5) pembentuk minyak dan lemak dan (6) berperan dalam translokasi zat tepung (Jones, 1979).

Natrium

Natrium dalam Tanah

Natrium merupakan unsur yang cukup banyak di dalam kerak bumi (2.8 %), walaupun demikian jumlahnya didalam tanah sangat sedikit yaitu antara 0.1 sampai 1 %. Diperkirakan rata-rata konsentrasinya di tanah 0.63 %. Kandungan yang rendah ini menunjukkan telah terjadi

pelapukan lanjut. Pada tanah humik, natrium ditemukan dalam jumlah sedikit, dan pada tanah arid dan semi arid ditemukan dalam jumlah banyak.

Bentuk natrium di dalam tanah adalah bentuk yang difiksasi silikat tidak larut, bentuk yang dapat ditukar, dan bentuk yang ada di dalam larutan tanah. Jumlah Na^+ dalam larutan dan Na^+ dapat ditukar pada setiap tanah sangat beragam tergantung pada jenis tanahnya. Di daerah humik, jumlah relatif dari kation utama secara berurutan adalah Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ dan Na^+ (Tisdale *et al.*, 1985).

Serapan dan Peranan Natrium

Tanaman menyerap natrium dalam bentuk Na^+ terutama dari larutan tanah. Pada daerah beriklim sedang konsentrasi antara 0.5 sampai 5 ppm Na^+ merupakan konsentrasi yang cukup untuk pertumbuhan tanaman. Kandungan natrium yang tinggi berbahaya bagi tanaman. Kandungan natrium yang tinggi seringkali disertai dengan rendahnya kadar kalium dalam tanah (Tisdale *et al.*, 1985). Natrium tidak terlalu dibutuhkan tanaman tetapi pada beberapa spesies tertentu dapat menggantikan fungsi fisiologi kalium (Bohn *et al.*, 1979).

Leiwakabessy (1988) menjelaskan, bahwa fungsi natrium adalah dalam akumulasi asam oksalat, bersama-sama kalium, berperan dalam proses membuka dan menutupnya stomata, dan mengatur reduksi nitrat.

Tomat

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) dapat hidup disegala jenis tanah, baik pada tanah Andosol, Latosol, Aluvial, Podsolik dan tanah liat yang banyak mengandung humus maupun tanah lempung (Thompson dan Kelly, 1979). Untuk pertumbuhan tanaman tomat yang baik, pH optimum yang dibutuhkan antara pH 5.5 - 6.8, namun pada keadaan pH yang lebih rendah tanaman masih mampu untuk tumbuh (Edmond, Senn, Andrews dan Halfacre, 1958). Menurut Sunarjono (1977) tanaman tomat tidak menyukai tanah-tanah yang keadaan air tanahnya menggenang sehingga aerasi terganggu. Keadaan ini mengakibatkan akar tanaman menjadi busuk dan tidak dapat menyerap hara dari tanah.

Menurut Edmond *et al.* (1958) tanaman tomat termasuk dalam tanaman yang membutuhkan suhu malam yang moderat yaitu antara 13 - 18 °C. Suhu udara malam yang optimum bagi perkembangan buah berkisar antara 15 - 20 °C.

Intesitas cahaya dan lamanya penyinaran mempengaruhi pertumbuhan tanaman tomat (Verkerk, 1955). Tanaman tomat tidak menyenangi matahari yang terik, tetapi lebih menghendaki penyinaran yang penuh sepanjang hari. Kelembaban udara yang tinggi bersama dengan suhu udara yang tinggi dapat menyebabkan berkembangnya penyakit daun. Sementara suhu udara yang tinggi dengan kelembaban yang rendah mengakibatkan gagalnya pembentukan buah.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Percobaan

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor yang berlangsung sejak minggu keempat bulan Agustus 1991 sampai minggu kedua bulan Januari 1992.

Analisis pendahuluan untuk tanah, pupuk kandang, mineral zeolit serta analisis sifat sifat kimia lainnya yang meliputi pH media, kapasitas tukar kation (KTK), amonium tanah (NH_4^+), basa-basa tersedia dan kadar hara tanaman dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah dan laboratorium Balai Penelitian Tanaman Pangan Cimanggu Bogor.

Bahan Percobaan

Penelitian ini menggunakan tanah Latosol Kotabumi Lampung (Oxic Dystropept) yang diambil dari kedalaman 0-20 cm, yang diberi perlakuan nitrogen, zeolit, pupuk kandang dan kapur. Pupuk kandang yang digunakan adalah kotoran sapi dari Fakultas Peternakan IPB dengan takaran 20 ton/ha sedangkan kapur yang digunakan adalah CaCO_3 dengan takaran 12.5 ton/ha (berdasarkan pH SMP 7.0). Untuk analisa sifat kimia tanah, kadar hara tanaman dan berat kering tanaman disiapkan pot yang berisi tanah 5 kg BKM. Perlakuan terdiri dari 3 kelompok dimana kelompok A tanah tanpa perlakuan pupuk kandang dan kapur, perlakuan B adalah tanah dicampur pupuk kandang dan media C adalah tanah diberi pupuk kandang beserta kapur.

Untuk membandingkan perlakuan di atas dicobakan pula zeoponik. Media ini adalah campuran 70 % zeolit (50% ukuran 25 mesh dan 50% berukuran 60 mesh), 20 % pupuk kandang dan 10 % tanah. Media ini diberi pupuk N dari sumber urea, dengan dosis 100 kg N/ha dan 200 kg/ha yang dinotasikan dengan N1 dan N2. Perlakuan ini diulang tiga kali.

Mineral zeolit yang digunakan adalah zeolit yang diambil dari Kabupaten Tasikmalaya, kecamatan Cikalong yang didominasi oleh klinoptilolit dan mordenit berukuran 60 mesh. Sebelum digunakan mineral zeolit terlebih dahulu diaktifkan melalui pemanasan pada suhu 250 °C selama dua jam. Takaran zeolit yang digunakan adalah 0, 10, 20, 40 dan 80 ton/ha, secara berurutan diberi notasi Z0, Z1, Z2, Z3 dan Z4.

Pupuk urea digunakan sebagai perlakuan dengan takaran 100 dan 200 kg N/ha dan berturut-turut dinotasikan N1 dan N2. Pupuk dasar yang diberikan adalah 200 ppm TSP, 200 ppm KCl, 5 ppm CuSO₄, 5 ppm ZnSO₄, 100 ppm MgSO₄, 1 ppm NH₄MoO₃ dan 2 ppm H₃BO₃.

Bahan lain yang digunakan adalah Furadan 3G, Dithane M45, Dursban, Mitax 200 EC untuk perlindungan terhadap hama dan penyakit. Tanaman uji yang dicobakan adalah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) varietas Ratna.

Metode Percobaan

Tanah diambil dari lapang, dikeringudarkan, kemudian ditumbuk dan diayak dengan ukuran 5 mm. Setelah ditentukan kadar airnya dilakukan pencampuran media secara merata.

Media diinkubasi selama seminggu dengan mempertahankan kadar air pada keadaan kapasitas lapang. Sehari sebelum penanaman dilakukan pemupukan dalam bentuk larutan. Bibit yang akan ditanam terlebih dahulu disemaikan pada media campuran kompos dan pasir steril selama 28 hari. Setiap pot ditanam satu tanaman. Untuk menghindari bibit dari serangan rayap dan lalat diberikan furadan 3G kurang lebih 5 butir setiap pot. Jarak antar pot diatur dengan jarak 80 x 90 cm.

Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan membersihkan rumput atau gulma yang tumbuh. Penyemprotan fungisida dan pestisida dilakukan tiap dua minggu sekali. Penyiraman dilakukan tiap hari untuk mempertahankan tanah pada keadaan kapasitas lapang.

Tanaman tomat dipotong pada umur 58 hari setelah tanam yaitu pada saat 75 % tanaman berbunga sebanyak 6 tangkai. Tanaman ditimbang bobot keringnya. Kemudian 12 daun dibawah bunga pertama dipotong dan dikeringkan untuk dianalisis kadar N, K, Ca, Mg dan Na. Media dicampur sampai merata dan disaring dengan ayakan 2 mm untuk dianalisis sifat kimianya.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah faktorial dalam lingkungan Rancangan Acak Kelompok. Percobaan tersebut terdiri dua faktor yaitu nitrogen dan zeolit, dan 3 kelompok media. Model rancangannya adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$Y_{ijk} = \text{Pengaruh zeolit pada takaran ke-}i, \text{ nitrogen pada takaran ke-}j \text{ dan pada media ke-}k$$

$$u = \text{Nilai tengah umum}$$

$$\alpha_i = \text{Pengaruh zeolit pada takaran ke-}i$$

$$\beta_j = \text{Pengaruh nitrogen pada takaran ke-}j$$

$$\delta_k = \text{Pengaruh media ke-}k$$

$$(\alpha\beta)_{ij} = \text{Pengaruh interaksi zeolit takaran ke-}i \text{ dan nitrogen takaran ke-}j$$

$$\epsilon_{ijk} = \text{Galat percobaan pada zeolit takaran ke-}i, \text{ nitrogen pada takaran ke-}j \text{ dan pada media ke-}k$$

Analisis sidik ragam dilakukan untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Sedangkan untuk membandingkan beda rata-rata tiap taraf perlakuan digunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).



Tabel 1. Metode Analisis yang Digunakan dalam Penetapan Sifat Kimia Media dan Tanaman

No.	Analisa	Metode
1.	pH H ₂ O	pH Meter
2	KTK	NH ₄ OAc pH 7.0
3	Amonium (NH ₄ ⁺)	Ekstraksi KCl 1.0 N, destilasi dan titrasi
4.	K-dd dan Na-dd	Ekstraksi NH ₄ OAc pH 7.0 dan fotometer nyala
5.	Ca-dd dan Mg-dd	Ekstraksi NH ₄ OAc pH 7.0 dan atomic absorption spectrophotometre (AAS)
6.	N-tanaman	Macro Kjedhal
7.	K dan Na-tanaman	Pengabuan kering dan fotometer nyala
8.	Ca dan Mg-tanaman	Pengabuan kering dan AAS



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil evaluasi terhadap sifat kimia tanah yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan tingkat kesuburan tanah tergolong rendah. Keadaan ini dapat diperlihatkan dari pH tanah yang masam, basa-basa antara lain K dan Mg tinggi, Ca rendah dan Na sedang, kapasitas tukar kation (KTK) sedang, P tersedia sangat rendah, N total rendah, dan kandungan C-organik sedang (Pusat Penelitian Tanah, 1983). Tekstur tanahnya liat dengan kadar liat yang tinggi (75.24 %). Hasil analisis tanah tertera pada Tabel Lampiran 1.

Pupuk kandang yang digunakan mempunyai kandungan N yang sangat tinggi, C-organik sangat tinggi (32.15 %), P tersedia tinggi (12.00 %), Ca, Mg, K dan Na sangat tinggi serta KTK yang tinggi. Sehingga pencampuran media dengan pupuk kandang untuk memperbaiki sifat kimia media tanam guna menunjang pertumbuhan yang optimum diharapkan dapat tercapai melalui terpenuhinya kebutuhan hara tanaman.

pH Media

Hasil pengukuran pH tanah minggu ke-10 disajikan pada Tabel Lampiran 7 dan analisis ragamnya disajikan pada Tabel Lampiran 8. Data rata-rata pH media minggu ke-10 pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2, dan nilai F-hitungnya disajikan pada Tabel 3.

Hal yang penting diingat adalah bahwa penelitian ini hanya merupakan studi awal dan perlu dilanjutkan dengan penelitian yang lebih mendalam mengenai pengaruh pupuk kandang terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian ini juga perlu dilanjutkan dengan penelitian mengenai pengaruh pupuk kandang terhadap kualitas tanah dan produktivitas tanaman. Penelitian ini juga perlu dilanjutkan dengan penelitian mengenai pengaruh pupuk kandang terhadap kualitas tanah dan produktivitas tanaman.

Tabel 2. Data Rataan pH Media Minggu ke-10, KTK, dan Kandungan Amonium Media pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	pH Media	KTK (me/100)	Amonium (ppm)
Takaran Zeolit			
Z0 (0 ton/ha)	4.57 a	22.92 a	34.80 a
Z1 (10 ton/ha)	4.92 a	24.77 b	41.62 a
Z2 (20 ton/ha)	5.03 a	26.01 b	48.25 ab
Z3 (40 ton/ha)	4.72 a	28.90 c	56.48 ab
Z4 (80 ton/ha)	4.67 a	30.58 d	66.83 b
Takaran Nitrogen			
N1 (100 kg/ha)	4.78 a	25.98 a	46.17 a
N2 (200 kg/ha)	4.77 a	27.29 b	52.66 a
Media			
A (tanah)	4.36 a	26.21 a	48.81 a
B (tanah + pupuk kandang)	4.78 ab	26.77 a	49.06 a
C (tanah + pupuk kandang + kapur)	5.20 b	26.92 a	50.37 a
Zeoponik	6.67	86.73	59.54

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tabel tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 1%

Tabel 3. Nilai F-hitung Analisis Ragam pH Media Minggu ke-10, KTK dan Kandungan Amonium

Sumber Keragaman	pH Media	KTK	Amonium
Media	7.42**	1.41	0.04
Zeolit	0.92	58.39**	5.08**
Nitrogen	0.01	13.15**	1.66
Interaksi ZxN	1.36	0.60	0.84

Ket. : ** berbeda nyata pada taraf 1%

Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian zeolit dan urea tidak berpengaruh nyata terhadap pH media minggu ke-10, demikian juga interaksi antara nitrogen dan zeolit. Latosol Kotabumi Lampung mempunyai tingkat KTK yang sedang. Dengan demikian dapat dikatakan

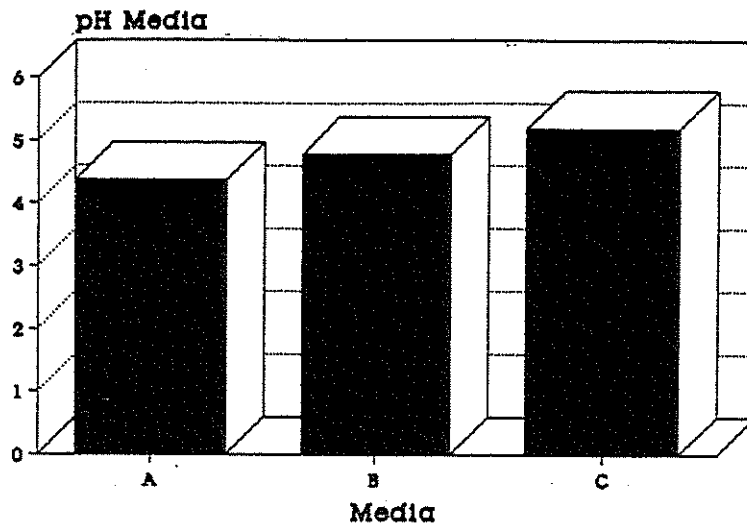
bahwa kapasitas sanggaan tanah ini terhadap perubahan pH cukup besar, sehingga perubahan komposisi kation akibat pemberian zeolit selama 10 minggu tidak berpengaruh nyata terhadap pH media. Pemberian zeolit cenderung meningkatkan pH media. Hal ini disebabkan karena mineral zeolit mampu menyumbangkan kation-kation basa yang ada pada kisi struktur zeolit dan semakin besarnya amonium yang terjerap. Apabila rata-rata pH media perlakuan (pH 4.78) dibandingkan dengan pH zeoponik (pH 6.67) terlihat bahwa pH zeoponik lebih tinggi daripada pH perlakuan. Media zeoponik mempunyai kandungan Ca, K, Na tersedia yang sangat tinggi dan Mg tersedia yang tinggi sehingga mampu berperan menaikkan pH media.

Pemberian zeolit dapat mengontrol penurunan pH media yang diakibatkan oleh pemberian pupuk urea. Sehingga pemberian urea dengan takaran N 200 kg/ha (pH 4.78) hanya menurunkan pH media 0.01 satuan pH dari pH yang mendapat pemupukan N 100 kg/ha (pH 4.77). Pada media zeoponik pemberian N dengan takaran 200 kg/ha (pH 6.61) menurunkan pH media 0.1 satuan dari pemberian N takaran 100 kg/ha (pH 6.72).

Selanjutnya berdasarkan analisis ragam terdapat perbedaan pH yang sangat nyata antara media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) pada minggu ke-10. Hasil uji beda rata-rata pH media menunjukkan bahwa media A dan B tidak berbeda nyata, tetapi media A dan B berbeda sangat nyata terhadap media



C. Hubungan antara pH minggu ke-10 dengan media A,B dan C disajikan pada Gambar 1.

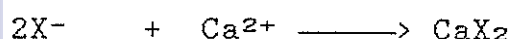


Gambar 1. Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap pH pada Minggu ke-10

Pemberian bahan organik cenderung meningkatkan pH media. Hal ini disebabkan karena selama proses dekomposisi dilepaskan asam-asam yang mampu meningkatkan basa-basa tersedia, disamping kemampuan bahan organik mengikat Al^{3+} sehingga aktivitas aluminium menurun.

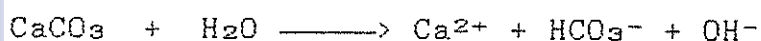
Dari Gambar 1 terlihat bahwa pH media C (pH 5.20) lebih tinggi dari media A dan B (pH 4.36 dan 4.78). Peningkatan pH media C secara nyata ini akibat penambahan kapur. Sesuai dengan tujuan pengapuran pada tanah masam adalah menetralkan kemasaman tanah, selain pengaruhnya dalam menambah ketersediaan beberapa unsur hara tanah. Penambahan bahan kapur akan menaikkan pH tanah melalui netralisasi Al yang larut dalam tanah dan netralisasi

hidrogen. Selain itu peningkatan pH media dapat juga disebabkan oleh peningkatan ketersediaan basa-basa. Reaksi penetralan kemasaman tanah yang disebabkan oleh aluminium dapat digambarkan sebagai berikut :



Dengan demikian kemasaman tanah yang disebabkan oleh agen aluminium dapat dinetralkan sehingga pH tanah meningkat (Kussow, 1971).

Reaksi penetralan kemasaman tanah yang disebabkan oleh agen hidrogen dapat digambarkan sebagai berikut :



Ion hidroksil yang dihasilkan akan bereaksi dengan ion hidrogen dalam larutan tanah dengan reaksi :



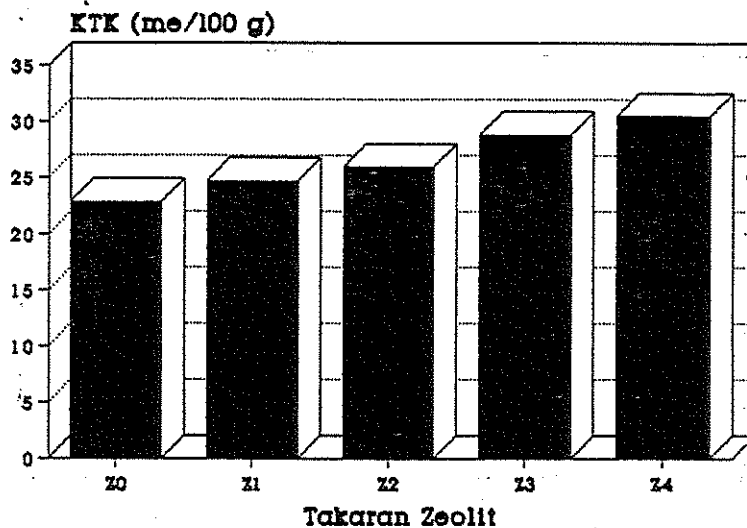
dengan dinetralkannya ion hidrogen maka pH tanah menjadi naik (Tisdale *et al.*, 1985).

Kapasitas Tukar Kation Media

Hasil pengukuran KTK media disajikan pada Tabel Lampiran 9 dan hasil analisis ragamnya disajikan pada Tabel Lampiran 10. Data rata-rata KTK media pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2, dan nilai F-hitungnya disajikan pada Tabel 3.



Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian zeolit berpengaruh sangat nyata terhadap nilai KTK media. Berdasarkan hasil uji BNT pemberian zeolit 10 ton/ha berbeda sangat nyata terhadap perlakuan tanpa zeolit. Pemberian zeolit takaran 40 ton/ha berbeda sangat nyata terhadap takaran 0, 10, 20 to/ha, dan pemberian zeolit takaran 80 ton/ha berbeda sangat nyata terhadap pemberian 0, 10, 20, 40 ton/ha. Hubungan antara takaran zeolit dan nilai KTK media disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Takaran Zeolit terhadap Kapasitas Tukar Kation Media

Nilai kapasitas tukar kation merupakan fungsi dari derajat pertukaran aluminium untuk silikon dalam struktur kristal zeolit. Kelebihan muatan negatif akibat substitusi antara Al^{3+} dengan Si^{4+} akan diisi oleh kation-kation logam. Nilai KTK zeolit Cikalong adalah tinggi yaitu 154 me/100 g sehingga dengan pencampuran zeolit, nilai KTK

media meningkat sesuai dengan tingginya takaran zeolit. Hal ini juga dibuktikan dengan tingginya nilai KTK zeoponik yaitu 86.73 me/100 g. Media zeoponik mempunyai tingkat komposisi zeolit yang tinggi yaitu 70 % zeolit.

Pemberian nitrogen berpengaruh sangat nyata terhadap nilai KTK. Interaksi antara pemberian nitrogen dan zeolit tidak nyata. Pemberian nitrogen takaran 200 kg/ha berbeda sangat nyata terhadap takaran 100 kg/ha. Nitrogen berpengaruh secara tidak langsung meningkatkan KTK tanah dengan cara mempercepat perombakan bahan organik. Bahan organik yang digunakan dalam keadaan transisi dengan C/N adalah 27.24. Humus sebagai hasil perombakan bahan organik mempunyai gugus fungsional yang bermuatan negatif seperti karboksil ($-\text{COOH}$), fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) dan sulfon. Peningkatan muatan negatif ini menyebabkan KTK meningkat.

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan media tidak berpengaruh nyata terhadap kapasitas tukar kation media. Pemberian bahan organik (Media A) dan kapur (media B) cenderung meningkatkan KTK. Pemberian kapur meningkatkan pH media. Peningkatan pH akan menyebabkan deprotonisasi ion H^+ dari gugus OH^- pada pinggiran patahan mineral liat 1:1 seperti kaolinit. Disamping itu bahan kapur berfungsi dalam mempercepat proses perombakan bahan organik menjadi humus. Humus mengandung gugus fungsional bermuatan negatif. Pengapuran mendorong ionisasi gugus asam dalam bahan organik, sehingga dengan demikian kapasitas tukar kation meningkat.

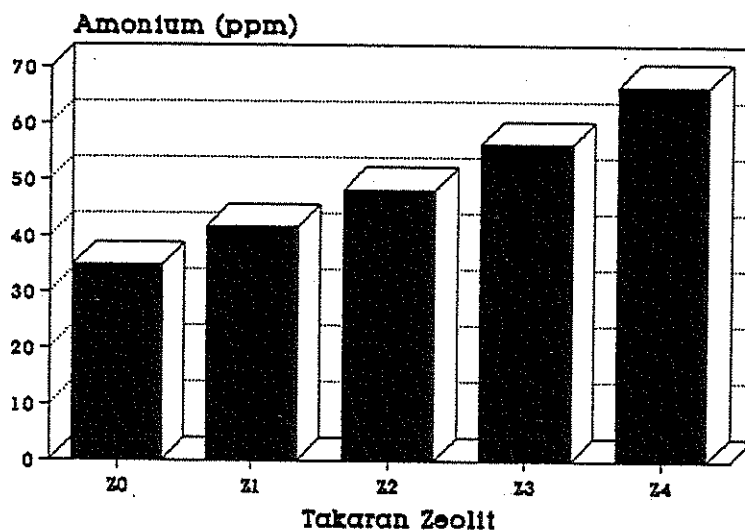
Kandungan Amonium Media

Hasil pengukuran dan rata-rata kandungan amonium media disajikan pada Tabel Lampiran 11. Data rata-rata kandungan amonium media dengan berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 2, dan nilai F-hitungnya disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis ragam amonium media disajikan pada Tabel Lampiran 12,

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian mineral zeolit berpengaruh sangat nyata terhadap amonium terjerap. Pemberian zeolit takaran 80 ton/ha berbeda sangat nyata terhadap takaran 0, 10, 20 dan 40 ton/ha. Amonium dalam media diadsorpsi dan ditahan oleh koloid tanah dan zeolit sehingga sebagian dari N yang diberikan dalam tanah tidak tercuci oleh air perkolasi. Proses adsorpsi ini berkaitan dengan nilai KTK tanah. Tanah Latosol yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai nilai KTK sedang dengan tekstur liat (75.24 %), dengan demikian jerapan koloid tanah terhadap amonium cukup tinggi bila dibandingkan dengan tanah yang mempunyai nilai KTK rendah dan bertekstur pasir seperti Regosol. Peningkatan jumlah amonium terjerap dalam tanah disebabkan karena sifat zeolit yang dapat mengadsorpsi NH_4^+ sehingga bentuk amonium ini sulit tertransformasi secara biologik menjadi NO_3^- . Nitrat adalah bentuk N yang lebih mobil dibandingkan dengan bentuk amonium sehingga pemberian zeolit memungkinkan pencucian unsur menjadi berkurang. Dengan sifat ini juga mengakibatkan perubahan NH_4^+ menjadi NH_3 dalam bentuk

gas yang kemudian menguap ke udara menjadi berkurang.

Peningkatan takaran zeolit 10, 20, 40 dan 80 ton/ha memberikan peningkatan jumlah amonium terjerap dalam media sesuai dengan peningkatan KTK. Peningkatan ini karena bertambahnya jumlah zeolit yang diberikan, maka jumlah kisi-kisi pertukaran juga semakin meningkat. Peningkatan jumlah kisi-kisi pertukaran ini menyebabkan jumlah NH_4^+ yang dijerap lebih banyak. Hubungan antara takaran zeolit dengan amonium terjerap disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Takaran Zeolit terhadap Amonium Terjerap

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian N sebanyak 100 kg/ha dan 200 kg/ha dari sumber urea tidak berbeda nyata, tetapi cenderung meningkatkan jerapan amonium. Interaksi antara zeolit dan nitrogen tidak nyata. Dengan penambahan 50 ppm N pada media ternyata

amonium yang terjerap rata-rata adalah sebesar 46.17 ppm atau 92.34 % dari N yang diberikan, sedangkan penambahan 100 ppm N pada media ternyata amonium yang dijerap rata-rata 52.66 ppm atau 52.66 % dari N yang diberikan. Peningkatan jumlah amonium terjerap ini disebabkan karena diberikannya pupuk urea yang lebih banyak maka ketersediaan NH_4^+ juga bertambah akibat reaksi hidrolisis urea, dari bentuk $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ menjadi amonium. Adanya penurunan persentase amonium terjerap menunjukkan bahwa kemampuan media menjerap amonium terbatas sesuai dengan kapasitas tukar kation. Penambahan urea dengan takaran yang lebih tinggi hanya akan menyebabkan peningkatan persen N yang menguap dan atau berubah menjadi bentuk NO_3^- yang selanjutnya tercuci dalam media lebih banyak.

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan media tidak berpengaruh nyata terhadap jerapan amonium. Pemberian pupuk kandang cenderung meningkatkan amonium terjerap. Hal ini disebabkan pada proses amonifikasi dibebaskan amonium dalam media, selain itu pupuk kandang juga cenderung meningkatkan KTK media. Pemberian kapur pada media C cenderung meningkatkan KTK, dengan demikian kemampuan menjerap amonium juga meningkat.

Basa-basa Tersedia

Hasil pengukuran dan rata-rata basa-basa tersedia disajikan pada Tabel Lampiran 13, 15, 17 dan 19. Data rata-rata basa-basa tersedia pada berbagai perlakuan disajikan pada

Tabel 4 dan nilai F-hitungnya disajikan pada Tabel 5. Hasil analisis ragam basa-basa tersedia disajikan pada Tabel Lampiran 14, 16, 18 dan 20. Sedangkan hubungan antara takaran zeolit dengan basa-basa tersedia disajikan pada gambar 4.

Tabel 4. Data Rataan Basa-basa Tersedia Media pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Kalium	Kalsium	Magnesium	Natrium
 me/100 g.....			
Takaran zeolit				
Z0 (0 ton/ha)	0.49 a	3.80 a	2.15 a	0.59 a
Z1 (10 ton/ha)	0.66 a	4.40 a	2.25 a	0.82 ab
Z2 (20 ton/ha)	0.78 a	4.47 a	2.19 a	1.12 b
Z3 (40 ton/ha)	1.14 ab	5.25 ab	2.20 a	1.95 c
Z4 (80 ton/ha)	1.67 b	7.15 b	2.24 a	3.57 d
Media				
A (tanah)	0.97 a	3.19 a	1.83 a	1.48 a
B (tanah + pupuk kandang)	1.00 a	3.86 b	2.38 b	1.83 b
C (tanah + pupuk kandang + kapur)	0.87 a	7.99 c	2.40 b	1.52 a
Zeoponik	10.46	42.91	5.89	24.60

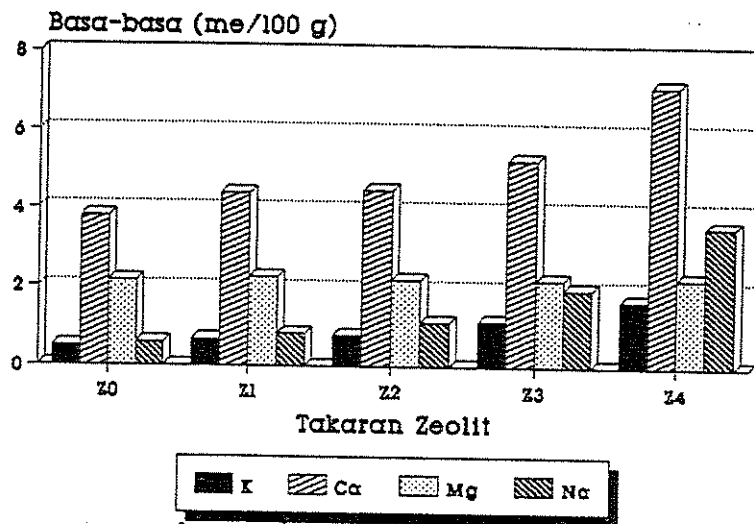
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tabel tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% atau 1%

Tabel 5. Nilai F-hitung Analisis Ragam Basa Tersedia pada Berbagai Perlakuan

Sumber Keragaman	Kalium	Kalsium	Magnesium	Natrium
Media	2.31	284.81**	45.45**	4.30*
Zeolit	63.13**	42.63**	0.38	106.80**
Nitrogen	0.78	0.02	2.76	0.19
Interaksi ZxN	0.57	0.13	0.57	0.07

Ket. : * berbeda nyata pada taraf 5%
** berbeda nyata pada taraf 1%

rung meningkatkan ketersediaan magnesium. Tingkat ketersediaan magnesium dalam media adalah tinggi. Pemberian mineral zeolit tidak dapat meningkatkan status Mg tersedia yang sudah tinggi.



Gambar 4. Pengaruh Takaran Zeolit terhadap Basa-basa Tersedia

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian zeolit berpengaruh sangat nyata terhadap natrium tersedia. Dari uji Beda Nyata Terkecil didapatkan bahwa perlakuan takaran zeolit 20 ton/ha, 40 ton/ha dan 80 ton/ha berbeda sangat nyata terhadap takaran zeolit 0 dan 10 ton/ha. Pemberian zeolit takaran 40 dan 80 to/ha berbeda sangat nyata terhadap takaran 0, 10, 20 ton/ha dan takaran zeolit 80 ton/ha berbeda sangat nyata terhadap takaran 0, 10, 20, 40 ton/ha. Dari Gambar 4 terlihat bahwa semakin meningkat takaran zeolit maka ketersediaan natrium meningkat pula. Status natrium tersedia yang sedang pada media

ini dapat ditingkatkan menjadi tinggi dengan pemberian zeolit takaran 10 ton/ha. Apabila takaran itu ditingkatkan menjadi 20, 40, 80 ton/ha maka status Na tersedia menjadi sangat tinggi.

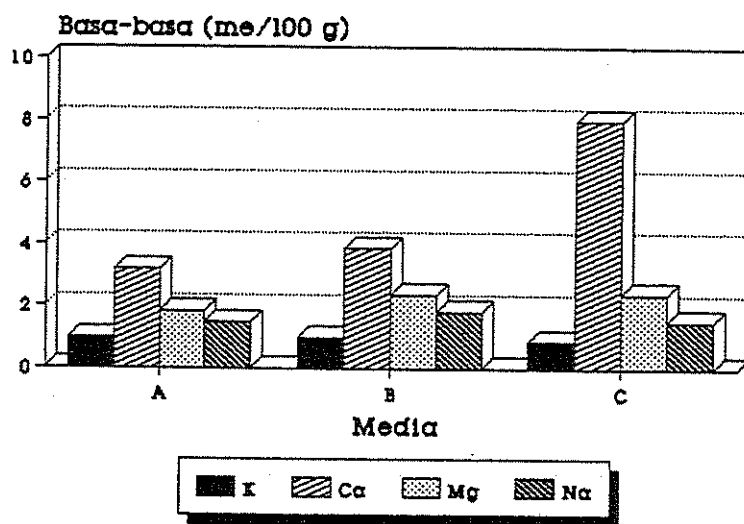
Secara umum terlihat bahwa dengan semakin meningkat takaran mineral zeolit, ketersediaan basa-basa meningkat. Ketersediaan kalium lebih rendah daripada ketersediaan kalsium, magnesium dan natrium. Pemberian nitrogen tidak berpengaruh nyata terhadap basa-basa tersedia, demikian juga interaksi antara nitrogen dan zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap basa-basa tersedia.

Mineral zeolit merupakan penukar kation yang baik. Adanya kation-kation yang ada pada sisi-sisi pertukaran maupun pada saluran-saluran mineral menyebabkan terjadinya proses pertukaran. Media zeoponik yang berisi 70 % zeolit merupakan contoh media yang mempunyai sifat penukar kation tinggi. Kalsium, kalium dan natrium tersedia pada media zeoponik sangat tinggi, sedangkan magnesium adalah tinggi. Berturut-turut Ca, K, Mg dan Na tersedia adalah 10.46, 42.91, 5.89 dan 24.60 me/100 g.

Kation-kation yang berasal dari pupuk, tanah, dan juga bahan organik sebagian akan diikat oleh muatan negatif zeolit melalui mekanisme penapis molekuler. Urutan selektifitas mineral zeolit terhadap kation adalah $Cs > Rb > K, NH_4 > Ba > Sr > Na > Ca > Fe > Al > Mg > Li$ (Harjanto, 1987). Dari keempat basa-basa tersedia ini, kalium

mempunyai afinitas yang lebih tinggi, diikuti Na, Ca dan Mg. Dengan demikian kalium akan lebih cenderung diikat daripada tiga kation lainnya. Kalium diikat oleh muatan negatif terutama pada kisi-kisi mineral zeolit untuk selanjutnya akan dilepaskan secara lambat, sehingga dengan demikian zeolit berfungsi sebagai pupuk penyedia lambat. Mekanisme ini juga terjadi pada tiga kation lainnya.

Proses pelepasan kation di dalam tanah terjadi melalui pertukaran ion. Sehingga dengan adanya pertukaran kation ini menyebabkan adanya suplai basa-basa bagi tanaman.



Gambar 5. Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap Basa-basa Tersedia

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) mempengaruhi secara nyata terhadap ketersediaan basa-basa kecuali kalium (Gambar 5).

Pemberian pupuk kandang pada media B dan C menyebabkan ketersediaan kalsium dan magnesium berbeda sangat nyata terhadap media tanpa pupuk kandang. Demikian pula ketersediaan natrium berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang. Unsur yang tersimpan dalam bahan organik tanah dibebaskan melalui proses dekomposisi dan menjadi sumber yang cukup penting bagi tanaman, selain itu bahan organik juga menghasilkan asam-asam yang dapat meningkatkan ketersediaan basa-basa.

Pemberian kapur menyebabkan ketersediaan kalsium berbeda sangat nyata dibandingkan media tanpa kapur. Kapur yang diberikan dalam media lambat laun akan terurai menjadi ion Ca^{2+} dan CO_3^{2-} dalam larutan tanah. Ion Ca^{2+} yang dihasilkan tersebut akan menambah jumlah ion Ca^{2+} dalam larutan tanah maupun kompleks jerapan, dengan demikian jumlah kalsium tersedia meningkat.

Kadar Hara Tanaman

Hasil pengukuran dan rata-rata kadar hara tanaman disajikan pada Tabel Lampiran 21, 23, 25, 27 dan 29. Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel Lampiran 22, 24, 26, 28, dan 30. Data rata-rata kadar hara tanaman tomat pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 6, dan nilai F-hitungnya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Data Rataan Kadar Hara Tanaman Tomat pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	N	K	Ca	Mg	Na
 %				
Takaran Zeolit					
Z0 (0 ton/ha)	1.69 a	3.84 a	1.05 a	0.70 a	0.78 a
Z1 (10 ton/ha)	2.13 a	4.02 a	0.94 a	0.66 a	0.81 a
Z2 (20 ton/ha)	2.27 a	3.60 a	0.94 a	0.69 a	0.79 a
Z3 (40 ton/ha)	2.85 a	3.64 a	1.05 a	0.71 a	0.88 a
Z4 (80 ton/ha)	2.45 a	3.84 a	0.90 a	0.70 a	0.97 a
Takaran Nitrogen					
N1 (100 kg/ha)	2.15 a	3.85 a	1.03 a	0.71 a	0.87 a
N2 (200 kg/ha)	2.41 a	3.68 a	0.92 a	0.67 a	0.81 a
Media					
A (tanah)	1.36 a	3.72 a	0.74 a	0.61 a	0.83 a
B (tanah + pupuk kandang)	2.60 ab	3.89 a	0.69 a	0.69 b	0.86 a
C (tanah + pupuk kandang + kapur)	2.88 b	3.75 a	1.50 b	0.78 c	0.84 a
Zeoponik	3.56	3.63	1.06	1.26	0.80

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tabel tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% atau 1%

Tabel 7. Nilai F-hitung Analisis Ragam Kadar hara Tanaman Tomat pada Berbagai Perlakuan

Sumber Keragaman	N	K	Ca	Mg	Na
Media	6.44**	0.34	62.24**	26.63**	0.25
Zeolit	1.00	0.70	0.90	0.85	2.75
Nitrogen	1.51	1.34	3.02	3.20	1.63
Interaksi ZxN	2.45	0.37	0.54	1.64	0.10

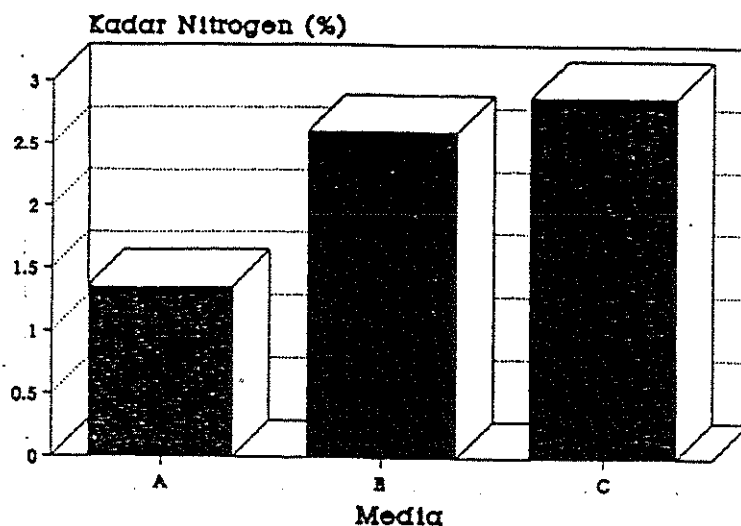
Ket. : * berbeda nyata pada taraf 5%
** berbeda nyata pada taraf 1%

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian mineral zeolit tidak berpengaruh nyata, tetapi cenderung meningkatkan nitrogen tanaman tomat. Pemberian nitrogen serta interaksi nitrogen dan zeolit tidak nyata.

Berdasarkan data interpretasi diagnosis kadar nitrogen tanaman tomat pada saat berbunga 6 tandan (Benton *et al.*, 1991), pemberian mineral zeolit meningkatkan status kadar nitrogen tanaman tomat. Status hara N tanaman tomat yang rendah tanpa perlakuan zeolit (1.69%) akan meningkat menjadi cukup (1.8% - 2.5%) dengan pemberian zeolit. Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk ion amonium dan ion nitrat. Pemberian mineral zeolit cenderung meningkatkan jumlah amonium terjerap dengan cara mengadsorpsi NH_4^+ sehingga amonium sulit berubah menjadi NO_3^- . Amonium yang diadsorpsi ini akan dilepaskan secara lambat dalam media melalui mekanisme pertukaran kation. Peningkatan jumlah NH_4^+ ini diduga merupakan penyebab peningkatan kadar N .

Pemberian nitrogen baik pada takaran 100 maupun 200 kg/ha berperan dalam menyediakan nitrogen bagi tanaman, sehingga tanaman mempunyai status kadar nitrogen yang cukup. Dari Tabel 6 terlihat bahwa takaran nitrogen 100 kg/ha cenderung meningkatkan kadar nitrogen tanaman dibandingkan takaran 200 kg/ha. Peningkatan ini disebabkan karena diberikannya urea lebih banyak sehingga ketersediaan NH_4^+ juga bertambah.

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) berpengaruh sangat nyata terhadap kadar N tanaman. Media A dan B tidak berbeda nyata, tetapi berbeda sangat nyata terhadap media C.



Gambar 6. Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + Pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap Kadar Nitrogen Tanaman

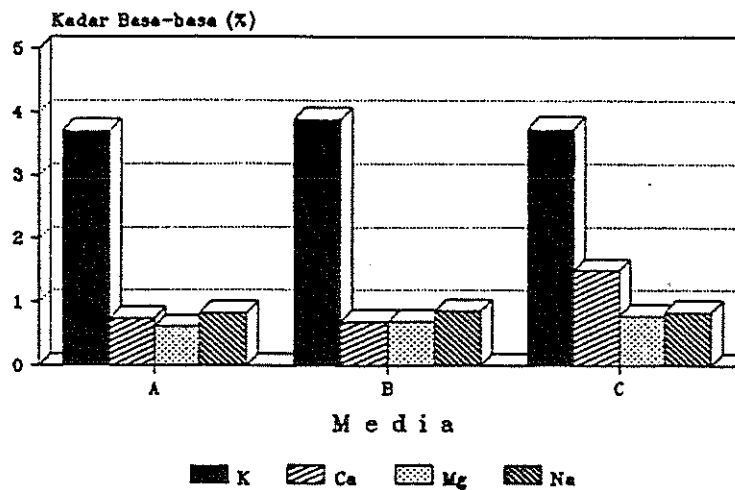
Pemberian pupuk kandang menaikkan kadar N tanaman dari status rendah pada media A menjadi status tinggi pada media B dan C. Selain memperbaiki sifat kimia, fisik dan biologi media, pupuk kandang yang ditambahkan juga mengandung cukup banyak nitrogen total (1.18%), sehingga peruraiannya dalam media menambah nitrogen anorganik NH_4^+ dan NO_3^- . Dari Gambar 6 terlihat bahwa pemberian pupuk kandang cenderung meningkatkan kadar N tanaman pada media B dan C.

Penambahan kapur pada media C meningkatkan secara nyata kadar N tanaman. Bahan kapur meningkatkan pH media dan menyumbang Ca media. Proses dekomposisi akan lebih baik dan cepat pada pH 5.5 - 6.5 dan adanya Ca yang memadai jumlahnya. Proses perombakan bahan organik ini membebaskan unsur nitrogen dan beberapa unsur lainnya.

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap kadar basa-basa tersedia. Keadaan ini karena lebih dominannya pengaruh pupuk kandang dan kapur dibanding mineral zeolit.

Berdasarkan data interpretasi diagnosis analisa daun tanaman tomat pada saat berbunga 6 tandan (Benton *et al.*, 1991), kadar kalium tanaman (3.60% - 4.02%) dan kadar magnesium tanaman (0.66% - 0.71%) berada dalam status cukup, sedangkan kadar kalsium (0.94% - 1.05%) berada dalam status rendah. Kadar Ca tanaman rendah diduga diakibatkan karena ketersediaan Ca dalam media yang rendah sampai sedang, sehingga menjadi pembatas serapan hara Ca. Lebih lanjut bila dihubungkan dengan antagonisme serapan unsur-unsur dalam tanaman, serapan K yang cukup tinggi menyebabkan penekanan terhadap serapan Ca tanaman. Pada media zeoponik kadar K tanaman menunjukkan status cukup, kalsium rendah, Mg tinggi.

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) tidak berpengaruh nyata terhadap kadar K dan Na tanaman. Tetapi berpengaruh sangat nyata terhadap kadar Ca dan Mg tanaman. Hubungan antara media A, B dan C dengan kadar basa-basa tanaman disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh Media A (tanah), B (tanah +pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap Kadar Basa-basa Tanaman Tomat

Dari Gambar 7 terlihat bahwa pemberian pupuk kandang pada media B dan C meningkatkan secara nyata kadar magnesium tanaman, dan cenderung meningkatkan kadar kalium dan natrium tanaman. Dari pembahasan terdahulu terbukti bahwa penambahan pupuk kandang meningkatkan secara nyata kalsium, magnesium dan natrium tersedia. Dengan tersedianya basa-basa dalam tanah dalam jumlah yang memadai maka serapan basa-basa dalam tanaman tidak mengalami hambatan.

Pemberian kapur pada media C meningkatkan secara nyata kadar kalsium tanaman. Pengaruh penambahan kapur dalam media adalah meningkatkan pH media dan kalsium tersedia. Peningkatan pH ini dapat mengurangi pengaruh merusak aluminium dan besi serta meningkatkan ketersediaan unsur mikro sehingga akar tumbuh baik. Bertambah luasnya

permukaan akar dan meningkatnya kalsium dalam media dapat meningkatkan jumlah unsur Ca yang dapat diserap oleh tanaman.

Bobot Kering Tanaman

Hasil penimbangan dan rata-rata bobot kering tanaman umur 58 HST disajikan pada Tabel Lampiran 31. Sedangkan hasil analisis ragamnya disajikan pada Tabel Lampiran 32. Data rata-rata Bobot kering tanaman umur 58 HST pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 8, dan nilai F-hitungnya disajikan pada Tabel 9.

Tabel 8. Data Rataan Bobot Kering Tanaman Umur 58 HST pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Bobot Kering (g)
Takaran Zeolit	
Z0 (0 ton/ha)	12.18 a
Z1 (10 ton/ha)	11.24 a
Z2 (20 ton/ha)	11.66 a
Z3 (40 ton/ha)	12.26 a
Z4 (80 ton/ha)	12.56 a
Takaran Nitrogen	
N1 (100 kg/ha)	11.56 a
N2 (200 kg/ha)	12.40 a
Media	
A (tanah)	10.81 a
B (tanah + pupuk kandang)	11.68 ab
C (tanah + pupuk kandang + kapur)	13.45 b
Zeoponik	16.38

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom tabel tidak berbeda nyata pada uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 1%

Tabel 9. Nilai F-hitung Analisis Ragam Bobot Kering Tanaman Tomat pada saat 58 HST

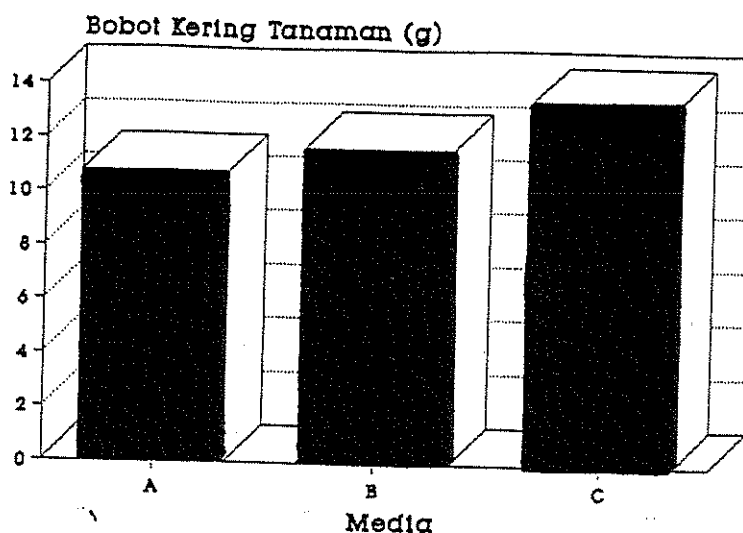
Sumber Keragaman	Bobot Kering
Media	5.71**
Zeolit	0.52
Nitrogen	1.64
Interaksi ZxN	0.79

Ket. : ** berbeda nyata pada taraf 1%

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian mineral zeolit dan pemberian nitrogen tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering tanaman. Interaksi antara nitrogen dan zeolit tidak nyata.

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan media berpengaruh sangat nyata terhadap bobot kering tanaman. Dari uji BNT didapat bahwa pemberian bahan organik pada media B (tanah + pupuk kandang + kapur) dan C (tanah + pupuk kandang) tidak berbeda nyata terhadap media A (tanah).

Berdasarkan Gambar 14 terlihat bahwa pemberian bahan organik pada media B dan C cenderung meningkatkan bobot kering tanaman. Bahan organik mampu memperbaiki sifat kimia, fisik dan biologi media. Bahan organik telah terbukti secara nyata meningkatkan ketersediaan Ca, Mg dan Na, meningkatkan kadar Mg tanaman dan cenderung meningkatkan kadar N tanaman. Nitrogen merupakan penyusun utama bobot kering tanaman (Black, 1968), sedangkan Mg merupakan penyusun hijau daun yang membantu proses fotosintesis tanaman.



Gambar 8. Pengaruh Media A (tanah), B (tanah + pupuk kandang) dan C (tanah + pupuk kandang + kapur) terhadap Bobot Kering Tanaman Tomat umur 58 HST

Dari Gambar 8 terlihat bahwa penambahan kapur meningkatkan secara sangat nyata bobot kering tanaman tomat. Kapur mempunyai pengaruh yang menguntungkan dengan memperbaiki reaksi tanah, menyediakan kalsium dan mengurangi aktivitas unsur-unsur yang berbahaya di dalam tanah, serta meningkatkan kadar hara N, Ca, dan Mg tanaman. Disamping itu kalsium dari kapur akan memperbaiki struktur tanah melalui flokulasi dan granulasi koloid tanah. Dengan perbaikan tersebut maka penetrasi akar tidak terhambat dan aerasi tanah lebih baik, sehingga akar tumbuh ekstensif. Dengan demikian mendorong serapan hara yang cukup bagi pertumbuhan yang optimum bagi tanaman tomat.



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Tanah Latosol yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan tanah yang mempunyai tingkat kesuburan rendah dengan kapasitas tukar kation sedang dan bertekstur liat.

Pemberian mineral zeolit pada media meningkatkan secara nyata KTK media dan cenderung meningkatkan amonium terjerap. Peningkatan takaran mineral zeolit menyebabkan peningkatan jumlah K, Ca dan Na tersedia.

Pemberian nitrogen pada takaran 200 kg/ha cenderung meningkatkan jerapan amonium media dibandingkan takaran 100 kg/ha.

Pemberian pupuk kandang pada media B dan C meningkatkan ketersediaan Ca, Mg dan Na dalam media serta meningkatkan kadar Mg tanaman tomat.

Penambahan bahan kapur pada media C menyebabkan peningkatan pH media, KTK, Ca tersedia, kadar Ca dan Mg tanaman serta meningkatkan bobot kering tanaman tomat.

Saran

Penelitian lebih lanjut tentang penggunaan zeolit, disarankan menggunakan tanah dengan tingkat perkembangan lanjut yang mempunyai KTK tanah yang lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1961. Introduction to Soil Microbiology. 2nd. Ed. Wiley Eastern Limited. New Delhi.
- Anwar, P., Sansudiro dan Darmawan. 1985. Prospek pemakaian zeolit Bayah sebagai bahan penyerap N_2 dalam cairan. Laporan Teknik Pengembangan No: 61. PPTM. Bandung.
- Barber, S. A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability; A Mechanism Approach. A Wiley Interscience Publishing. John Wiley and Sons. New York.
- Barrer, R.M. 1982. Hydrothermal Chemistry of Zeolites. Academic. Press. Inc. London.
- Benton, J., Jones Jr., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-macro Publishing. Inc. 183 Paradise Blvd, Suite 108, Athens, Georgia 30607. USA.
- Black, C. A. 1973. Soil Plant Relationship. 2nd. Ed. Wiley Eastern Private Limited. New Delhi.
- Bohn, H. L., B.L. McNeal, and G. A. Connor. 1979. Soil Chemistry. John Wiley and Sons. New York.
- Brady, N. C. 1974. The Nature and Properties of Soils. 8th Ed. McMillan Publ. Co. Inc. New York.
- Buckman, H.D. and N.C. Brady. 1972. The Nature and Properties of Soil. The McMillan Publ. Co. Inc. New York.
- Darsoprajitno, S. 1990. Sumber Mineral Zeolit. Seminar Zeo-agriculture. Bandung.
- Edmond, J. B., T. L. Senn., F. S. Andrews, and R. G. Halfacre. 1981. Fundamental of Horticulture. Tata McGraw-Hill Book. Publ. Co., Inc. Ltd. New Delhi.
- Ferguson, G. A. and I. L. Pepper. 1987. Ammonium retention in sand amended with clinoptilolite. Soil Sci. Soc. Am. J. 51.
- Follet, R. H., L. S. Murphy, and R. L. Donahue. 1981. Fertilizers and Soil Amandments. Eanglewood Cliffs. Prentice Hall., Inc. New Jersey.

- Grim, R. E. 1968. Clay Mineralogy. 2nd. Ed. McGraw-Hill Book. Co., Inc. New York.
- Grimme, H. 1985. The dynamics of potassium in the soil plant system. In Potassium in Agricultural System of the Humid Tropical. Proc. of the 19th colloquium at International Potash Institut. Bangkok.
- Harjanto, S. 1987. Lempung, zeolit, dolomit; Jenis-jenis, sifat fisik, cara terjadi, dan penggunaannya. Publikasi Khusus No: 29. Ditjen Geologi dan Sumberdaya Mineral. Dept. Pertambangan dan Energi.
- Hay, R. L. 1986. Geological occurrence of zeolites and some associated mineral. In Y. Murakami., A. Iijima, and J. W. Ward (Ed). New Developments Zeolite Science and Technology. Proc. of the 7th International Zeolite Conference. Elseiver. Amsterdam.
- Helfferich, F. 1962. Ion Exchange. McGraw-Hill Book. Co., Inc. New York.
- Iskenderov, I. S and S. M. Mamedova. 1988. The utilization of natural zeolites in Azerbaijan USSR for increasing yield of wheat. In D. Kallo and H. S. Sherry (Ed). Occurance, Properties, and Utilization of Natural Zeolites. Academy Kiado. Budapest. Hungary.
- Jackson, M. L. 1964. Soil Chemical Analysis. 4th. Ed. Prentice Hall. Ins. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Jones, U. S. 1979. Fertilizers and Soil Fertility. A Prentice Hall. Reston Publ. Co. Virginia.
- Komardi. 1984. Tufa zeolit, mineral multi guna masa kini dan masa datang. Berita PPTM. Bandung.
- Kononova, M. M. 1966. Soil Organic Matter. Pergamon Press. London.
- Kussow, W. R. 1971. Introduction to Soil Chemistry. Soil Fertility Project. Departemen Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor. 43p.
- Leiwakabessy, F. M. 1988. Kesuburan Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor.
- McBride, M. B. 1989. Surface chemistry of soil minerals. In J. B. Dixon and S. B. Weed. Mineral in Soils Environments. SSSA. Madison. Wisconsin.

- Millar, C. E., L. M. Turk and H. D. Foth. 1958. Fundamentals of Soil Science. 3th. Ed. John Wiley and Sons. Inc. New York. 526p.
- Ming, D. W and F. A. Mumpton. 1989. Zeolites in Soil. in. B. Dixon and S. B. Weed. Mineral in Soil and Environment. SSSA. Madison. Wisconsin.
- Mumpton, F. A. and P. H. Fishman. 1977. The application of natural zeolite in animal science and aquaculture. J. Amer. Sci. 45, No. 5: 1188-1192.
- Mutscher, H. 1985. Relationship between mineralogy of soil and assessment of potassium availability. In Potassium in Agricultural System of the Humid Tropics. Proc. of the 19th. Colloquium at the International Potash Institute. Bangkok.
- Oades, J. M. 1989. An introduction to organic matter in soils. In J. B. Dixon and S. B. Weed (Ed). Mineral in Soils Environments. SSSA. Madison. Wisconsin.
- Russel, W. E. 1961. Soil Condition and Plant Growth. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Sabiham, S., S. Djokosudardjo dan G. Soepardi. 1983. Pupuk dan Pemupukan. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 140p.
- Sanchez, P. A. 1979. Properties and Management of soil in the Tropics. John Wiley and Sons. New York. London. Sydney. Toronto.
- Sarief, S., Komar., Pawita., N. Sondari., Listiana., Yoga, dan Sudrajat. 1987. Pemanfaatan zeolit dan kapur untuk meningkatkan produktivitas tanah dan hasil pertanian khususnya tanaman kedelai dan jagung. Laporan Teknik No:95. PPTM. Bandung.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Soepraptohardjo, M. 1961. Jenis-jenis Tanah di Indonesia. Lembaga Penelitian Tanah. Bogor.
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. USDA. Washington.
- Stevenson, E. J. 1982. Humus Chemistry; Genesis, Composition, Reaction. John Wiley and Sons. New York.

- Sunarjono. 1977. *Budidaya Tomat*. P. T. Soerangan. Jakarta.
- Suyartono. 1986. *Peranan Kapur dan Zeolit dalam Pertanian*. Terbitan Khusus No:4. PPTM. Bandung.
- Talibudeen. 1981. Cation exchange in soils. In D. J. Greenland and M. H. B. Hayes (Ed). *The Chemistry of Soil Processes*. John Wiley and Sons. Chiccester. Brisbane. Toronto. New York.
- Tan, K. H. 1982. *Introduction of Soil Chemistry*. Marcel Dekker. New York. Basel.
- Thompson, H. C and W. C. Kelly. 1979. *Vegetable Crops*. Tata McGraw-Hill Publ. Co., Ltd. New Delhi.
- Thompson, L. M and F. R. Troeh. 1979. *Soils and Soil Fertility*. Tata McGraw-Hill Book. Co., Ltd. New Delhi.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson, and J. D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4th. Ed. Colier Mac Millan Publ. New York. London.
- Tsistsivili, G. V. 1988. Prespective of natural zeolite applications. In D. Kallo and H. S. Sherry (Ed). *Occurance, Properties, and Utilizations of Natural Zeolites*. Akademi Kiado. Budapest.
- Verkerk, K. 1955. Temperature, light, and the tomato. *Hogoesch*. Wageningen. 55: 175-224.
- Warcnake, D. D and S. A. Barber. 1974. Roots development and nutrient up take by corn grown in solution culture. *Agron. J.* 66: 514-522.





LAMPIRAN

Nilai Cipta Berprestasi, Unggul dan Berdaya

1. Diutamakan menggunakan sumber daya lokal yang ada, terutama menggunakan dan mempedulikan sumber:
 - a. Pergerakan tenaga kerja berkualitas, pendidikan, pelatihan kerja, keahlian, pendidikan superior, penelitian kritis atau program untuk masalah.
 - b. Masyarakat tidak menaruh bias berdasarkan yang ada di IPB University.
2. Diutamakan menggunakan dan mengoptimalkan sumber daya lokal yang ada sebagai biaya untuk dan dalam rangka kegiatan yang ada di IPB University.



LAMPIRAN

Maka Dapat Menjadi: Unsur yang

1. Di dalam lingkungan sebagai salah satu yang bisa terdapat merencanakan dan mempedulikan sumber:
 - a. Pergerakan tenaga untuk kegiatan yang dilakukan, jasanya, perwujudan kerja yang efektif, perwujudan kegiatan, jasanya, kerja yang terdapat untuk masalah
 - b. Pergerakan tenaga untuk kegiatan yang dilakukan, jasanya, perwujudan kerja yang efektif, perwujudan kegiatan, jasanya, kerja yang terdapat untuk masalah
2. Di dalam lingkungan yang merupakan salah satu yang bisa terdapat merencanakan dan mempedulikan sumber:
 - a. Pergerakan tenaga untuk kegiatan yang dilakukan, jasanya, perwujudan kerja yang efektif, perwujudan kegiatan, jasanya, kerja yang terdapat untuk masalah
 - b. Pergerakan tenaga untuk kegiatan yang dilakukan, jasanya, perwujudan kerja yang efektif, perwujudan kegiatan, jasanya, kerja yang terdapat untuk masalah

Tabel Lampiran 1. Hasil Analisis Pendahuluan Sifat Kimia Latosol Kotabumi Lampung

Jenis Analisa		Metode
pH H ₂ O (1:1)	5.30	pH meter
pH KCl (1:1)	4.30	pH meter
Al-dapat ditukar (me/100 g)	0.98	Ekstraksi <u>N</u> KCl
H-dapat ditukar (me/100 g)	0.12	Ekstraksi <u>N</u> KCl
C organik (%)	2.14	Walkley and Black
N-total (%)	0.16	Kjedahl
P tersedia (ppm)	tu	Bray I
KTK dan Basa-basa dapat ditukar (me/100g)		NH ₄ OAc 7.0
KTK	20.50	
Ca	2.08	
Mg	2.11	
K	0.68	
Na	0.61	
Tekstur (%)		Pipet
Pasir	10.10	
Debu	14.66	
Liat	75.24	



Tabel Lampiran 2. Deskripsi Tomat Varietas Ratna

Nomor Asal	: AVDRC L.21 atau VC 11-1
Umur	: 138 hari, mulai berbunga 60 hari setelah semai (hss), mulai berbuah 75 hss
Tinggi Tanaman	: 60-80 cm
Bentuk	: Determinate
Bentuk dan Penampang Cabang	: Horisontal dan Bulat
Bentuk Daun	: Lonjong dengan ujung meruncing
Bentuk Buah	: Apel
Warna Batang	: Hijau tua
Warna Daun	: Hijau tua
Warna Mahkota Bunga	: Kuning
Warna Benang Sari	: Kuning
Warna Buah Muda	: Putih polos
Warna Buah Matang	: Jingga sampai Merah
Potensi Hasil	: 5-20 ton/ha, rata-rata 12 ton/ha
Resistensi	: Tahan terhadap penyakit layu bakteri, peka terhadap Phytophthora infestans
Adaptasi	: Dapat ditanam pada dataran rendah dan tinggi



Tabel Lampiran 3. Hasil Analisis Sifat Kimia Pupuk Kandang

Jenis Analisis		Metode
C organik (%)	32.15	Walkley and Black
N total (%)	1.18	Kjedahl
P tersedia (ppm)	12.00	Bray I
KTK dan Basa-basa dapat ditukar (me/100 g)		NH ₄ OAc pH 7.0
KTK	29.5	
Ca	82.75	
Mg	27.19	
K	6.08	
Na	4.68	

Tabel Lampiran 4. Data Interpretasi Diagnosis Analisis Daun Tanaman Tomat pada Saat Berbunga 6 tandan*

Unsur	Rendah	Cukup	Tinggi
Nitrogen	1.50 - 1.79	1.8 - 2.5	> 2.5
Phospor	0.16 - 0.17	0.18 - 0.6	> 0.7
Kalium	3.00 - 3.49	3.5 - 6.0	> 2.5
Kalsium	1.20 - 1.49	1.50 - 2.5	> 2.5
Magnesium	0.28 - 0.32	0.33 - 0.9	> 0.9

* (Benton *et al.*, 1991)

Tabel Lampiran 5. Analisis Kandungan Oksida Unsur, Komposisi Mineralogis dan KTK Zeolit Cikalong

Jenis Analisa	
<u>Kandungan Oksida Unsur (%)</u>	
SiO ₂	67.86
Fe ₂ O ₃	1.95
Al ₂ O ₃	14.74
CaO	1.79
MgO	0.44
K ₂ O	3.38
Na ₂ O	1.38
MnO ₂	0.67
TiO ₂	0.49
<u>Komposisi Mineralogis (%)</u>	
Klinoptilolit	53.10
Mordenit	27.05
Heulandit	-
Plagioklas	-
Kuarsa	-
Kristobalit	-
Montmorilonit	-
Kapasitas Tukar Kation (me/100 g)	154



Tabel Lampiran 6. Kriteria Penilaian Data Analisa Sifat Kimia Tanah Menurut Pusat Penelitian Tanah (1983)*

Sifat Kimia Tanah	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	sangat tinggi
N-total (%)	<0.1	0.1-0.2	0.21-0.5	0.51-0.75	>0.75
C-organik (%)	<1.0	1-2	2.01-3.0	3.01-5.0	>5
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25
P-tersedia (Bray 1, ppm)	<4	5-7	8-10	11-15	>16
KTK (me/100g)	<5	5-16	17-20	21-40	>40
Susunan Kation (me/100g)					
K	<0.2	0.2-0.3	0.4-0.5	0.6-1.0	>1
Ca	<2	2-5	6-10	11-20	>20
Mg	<0.4	0.4-1.0	1.1-2.0	2.1-8	>8
Na	<0.1	0.1-0.3	0.4-0.7	0.8-1	>1
KB (%)	<20	20-35	36-50	51-70	>70
Kejenuhan Al (%)	<10	10-20	21-30	31-60	>60
pH H ₂ O	<4.5	4.5-5.5	5.6-6.5	6.6-7.5	>7.5
Reaksi Tanah	sangat masam	masam	agak netral	agak alkalis	alkalis

Ket : * Penelitian ini didasarkan pada sifat umum Tanah secara empiris belum dihubungkan dengan kebutuhan tanaman.



Tabel Lampiran 7. Hasil Pengukuran dan Rataan pH Media

Perlakuan		Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N	
N1	A	4.00	4.40	4.00	4.20	4.20		
	B	4.90	5.40	4.60	4.10	5.50		
	C	5.10	5.20	6.00	5.00	5.20		
Rataan Int.		4.67	5.00	4.87	4.43	4.97	4.78	
N2	A	4.20	4.20	5.00	5.30	4.10		
	B	4.20	4.30	5.60	4.90	4.30		
	C	5.00	6.00	5.00	4.80	4.70		
Rataan Int.		4.47	4.83	5.20	5.00	4.37	4.77	
Rataan Zeolit		4.57	4.92	5.03	4.72	4.67		
<hr/>								
Zeoponik			ulangan			Rata-rata N		Rata-rata
		1	2	3				
N1		6.55	6.68	6.77	6.72		6.67	
N2		6.88	6.67	6.28	6.61			

Tabel Lampiran 8. Analisis Ragam pH Media

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	3.53	1.764	7.42**
Zeolit	4	0.87	0.218	0.92
Nitrogen	1	0.00	0.001	0.01
Interaksi ZN	4	1.29	0.322	1.36
Galat	18	4.28	0.238	

Koefisien keragaman = 10.20%

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 5%

Tabel Lampiran 9. Hasil Pengukuran dan Rataan Kapasitas Tukar Kation (KTK) Media

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
 me/100 g					
N1 A	22.54	23.96	26.13	28.96	29.29	
N1 B	22.08	24.80	25.15	28.76	30.25	
N1 C	22.21	23.65	23.30	28.20	30.38	
Rataan Int.	22.10	24.14	24.86	28.64	29.68	25.98
N2 A	23.65	24.29	25.81	27.11	30.38	
N2 B	23.05	25.12	27.45	29.68	31.40	
N2 C	23.96	26.79	28.20	30.71	31.80	
Rataan Int.	23.55	25.40	27.15	29.17	31.19	27.29
Rataan Zeolit	22.92	24.77	26.01	28.90	30.58	
Zeoponik		ulangan		Rata-rata N	Rata-rata	
	1	2	3			
N1	82.45	83.20	84.90	83.52	86.73	
N2	85.22	86.93	97.69	89.95		

Tabel Lampiran 10. Analisis Ragam Kapasitas Tukar Kation Media

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	2.79	1.397	1.41
Zeolit	4	200.46	57.678	58.39**
Nitrogen	1	12.99	12.989	13.15**
Interaksi ZN	4	2.39	0.597	0.60
Galat	18	17.21	0.988	

Koefisien keragaman : 3.73%

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1%



Tabel Lampiran 11. Hasil Pengukuran dan Rataan Amonium Media

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
 ppm					
N1 A	43.03	33.81	61.85	49.94	53.33	
N1 B	17.86	19.21	53.01	51.48	55.10	
N1 C	26.89	69.15	41.30	51.23	64.25	
Rataan Int.	29.26	40.72	52.05	50.91	57.56	38.24
N2 A	42.83	53.95	38.03	51.09	60.15	
N2 B	52.82	44.76	48.60	64.16	83.64	
N2 C	25.35	23.43	46.68	69.92	84.52	
Rataan Int.	40.33	42.51	44.44	61.72	76.10	49.05
Rataan Zeolit	34.80	41.62	48.25	56.48	66.83	
Zeoponik	ulangan			Rata-rata N	Rata-rata	
	1	2	3			
N1	61.45	74.23	50.74	62.14	59.54	
N2	62.39	59.55	48.86	56.93		

Tabel Lampiran 12. Analisis Ragam Amonium Media

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	14.20	1.622	0.04
Zeolit	4	3862.70	965.674	5.08**
Nitrogen	1	316.16	316.160	1.66
Interaksi ZN	4	635.63	158.908	0.84
Galat	18	3421.75	190.097	

Koefisien keragaman = 27.90 %

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel Lampiran 13. Hasil Pengukuran dan Rataan Kalium Tersedia Media

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
 me/100 g					
N1 A	0.38	0.51	0.87	1.21	1.41	
N1 B	0.51	0.69	0.79	1.10	1.68	
N1 C	0.50	0.75	0.82	0.91	1.73	
Rataan Int.	0.46	0.65	0.83	1.07	1.61	0.92
N2 A	0.55	0.85	0.82	1.21	1.87	
N2 B	0.64	0.61	0.75	1.46	1.81	
N2 C	0.35	0.54	0.65	0.94	1.51	
Rataan Int.	0.51	0.67	0.74	1.20	1.73	0.97
Rataan Zeolit	0.49	0.66	0.78	1.14	1.67b	
Zeoponik	ulangan			Rata-rata N	Rata-rata	
	1	2	3			
N1	11.06	10.31	10.19	10.52	10.46	
N2	10.56	10.06	10.55	10.39		

Tabel Lampiran 14. Analisis Ragam Kalium Tersedia Media

Sumber Keragaman	db	JK	JK	F
Kelompok	2	0.10	0.048	2.31*
Zeolit	4	5.26	1.316	63.13**
Nitrogen	1	0.02	0.016	0.78
Interaksi ZN	4	0.05	0.012	0.57
Galat	18	0.38	0.021	

Koefisien keragaman = 15.24%

Keterangan : * berbeda nyata pada taraf 5%

** berbeda sangat nyata pada taraf 1%



Tabel Lampiran 15. Hasil Pengukuran dan Rataan Kalsium Tersedia Media

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
..... me/100 g						
N1	A	2.08	2.28	2.67	3.66	4.36
	B	2.44	2.93	3.46	4.59	6.24
	C	6.83	7.92	6.93	7.52	11.09
Rataan Int.	3.78	4.38	4.35	5.26	7.23	5.00
N2	A	2.08	2.47	3.17	3.56	5.54
	B	2.63	3.27	3.33	4.26	5.44
	C	6.73	7.52	7.25	7.92	10.20
Rataan Int.	3.81	4.42	4.58	5.25	7.06	5.03
Rataan Zeolit	3.80	4.40	4.47	5.25	7.15	
Zeoponik						
		ulangan			Rata-rata N	Rata-rata
		1	2	3		
N1		44.29	44.19	44.58	44.35	42.91
N2		40.70	40.70	43.03	41.48	

Tabel Lampiran 16. Analisis Ragam Kalsium Tersedia Media

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	135.34	67.672	284.81**
Zeolit	4	40.51	10.128	42.63**
Nitrogen	1	0.00	0.005	0.02
Interaksi ZN	4	0.12	0.031	0.13
Galat	18	4.28	0.238	

Koefisien keragaman = 9.72%

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel Lampiran 17. Hasil Pengukuran dan Rataan Magnesium Tersedia Media

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
 me/100 g					
N1	A	1.63	1.68	1.75	1.92	1.80
	B	2.27	2.42	2.42	2.18	2.16
	C	2.63	2.55	2.23	2.23	2.51
Rataan Int.	2.18	2.22	2.13	2.11	2.16	2.16
N2	A	1.73	1.86	1.93	1.89	2.15
	B	2.36	2.54	2.44	2.62	2.39
	C	2.29	2.42	2.34	2.37	2.41
Rataan Int.	2.13	2.27	2.24	2.29	2.32	2.25
Rataan Zeolit	2.15	2.25	2.19	2.20	2.24	
Zeoponik						
		ulangan			Rata-rata N	Rata-rata
		1	2	3		
N1		5.88	5.88	5.89	5.88	5.89
N2		5.88	5.89	5.95	5.91	

Tabel Lampiran 18. Analisis Ragam Magnesium Tersedia Media

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	2.06	1.030	45.45**
Zeolit	4	0.03	0.009	0.38
Nitrogen	1	0.06	0.063	2.76
Interaksi ZN	4	0.05	0.013	0.57
Galat	18	0.41	0.023	

Koefisien keragaman = 6.83%

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel Lampiran 19. Hasil Pengukuran dan Rataan Natrium Tersedia Media

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
..... me/100 g						
N1	A	0.37	0.58	1.00	1.84	2.76
	B	0.58	0.92	1.36	2.47	4.26
	C	0.76	0.87	1.00	1.55	3.47
Rataan Int.	0.57	0.79	1.12	1.95	3.50	1.59
N2	A	0.45	0.82	1.37	1.90	3.74
	B	0.68	0.92	1.03	2.21	3.82
	C	0.71	0.79	0.95	1.71	3.37
Rataan Int.	0.76	0.80	0.75	0.83	0.94	
Rataan Zeolit	0.59	0.82	1.12	1.95	3.57	
Zeoponik						
	1	ulangan 2	3	Rata-rata N	Rata-rata	
N1	24.73	23.70	24.48	24.30	24.60	
N2	24.99	24.22	25.51	24.91		

Tabel Lampiran 20. Analisis Ragam Natrium Tersedia Media

Sumber keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	0.71	0.354	4.30*
Zeolit	4	35.18	8.795	106.80**
Nitrogen	1	0.02	0.015	0.19
Interaksi ZN	4	0.02	0.006	0.07
Galat	18	1.48	0.082	

Koefisien keragaman = 17.84%

Keterangan : * berbeda nyata pada taraf 5%

** berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel Lampiran 21. Hasil Pengukuran dan Rataan Nitrogen Tanaman Tomat

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
 %					
N1	A	2.63	1.52	1.05	0.49	0.61
	B	1.00	0.80	3.08	3.82	3.61
	C	3.21	0.73	3.46	3.43	2.78
Rataan Int.	2.28	1.02	2.53	2.58	2.33	2.15
N2	A	1.70	2.40	0.45	2.10	0.66
	B	0.88	3.69	2.83	3.47	3.59
	C	0.74	3.64	3.54	3.81	3.47
Rataan Int.	1.11	3.24	2.01	3.13	2.57	2.41
Rataan Zeolit	1.69	2.13	2.27	2.85	2.45	
Zeoponik						
	1	ulangan		Rata-rata N	Rata-rata	
		2	3			
N1	2.88	3.18	3.06	3.04	3.56	
N2	4.19	4.14	3.91	3.91		

Tabel Lampiran 22. Analisis Ragam Kadar Nitrogen Tanaman Tomat

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	13.06	6.531	6.44**
Zeolit	4	4.35	1.088	1.00
Nitrogen	1	0.52	0.520	0.51
Interaksi ZN	4	9.93	2.482	2.45
Galat	18	18.25	1.014	

Koefisien keragaman = 44.17%

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel Lampiran 23. Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Kalium Tanaman Tomat

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
	%					
N1	A	4.28	4.60	3.00	4.13	3.50
	B	3.95	4.23	3.48	3.63	4.33
	C	3.88	2.95	4.50	3.65	4.25
Rataan Int.	4.04	3.93	3.66	3.80	4.03	3.89
N2	A	3.40	3.50	3.68	3.40	3.70
	B	3.93	4.43	3.88	3.35	3.68
	C	3.60	4.38	3.08	3.70	3.55
Rataan Int.	3.64	4.10	3.55	3.48	3.64	3.68
Rataan Zeolit	3.84	4.02	3.60	3.64	3.84	
Zeoponik						
	1	ulangan 2	3	Rata-rata N	Rata-rata	
N1	4.03	3.43	3.00	3.49	3.63	
N2	3.83	3.88	3.60	3.77		

Tabel Lampiran 24. Analisis Ragam Kadar Kalium Tanaman Tomat

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	0.16	0.081	0.34
Zeolit	4	0.67	0.167	0.70
Nitrogen	1	0.32	0.320	1.34
Interaksi ZN	4	0.35	0.088	0.37
Galat	18	4.30	0.239	

Koefisien keragaman = 12.91%

Tabel Lampiran 25. Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Kalsium Tanaman Tomat

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
	%					
N1 A	0.68	0.74	0.76	0.90	0.68	
N1 B	0.88	0.67	0.79	0.99	0.80	
N1 C	1.68	1.68	1.18	1.57	1.49	
Rataan Int.	1.08	1.03	0.91	1.15	0.99	1.03
N2 A	0.74	0.63	0.75	0.71	0.79	
N2 B	0.83	0.54	0.67	0.68	1.02	
N2 C	1.48	1.38	1.47	1.46	1.61	
Rataan Int.	1.02	0.85	0.96	0.95	0.81	0.92
Rataan Zeolit	1.05	0.94	0.94	1.05	0.90	
Zeoponik		ulangan		Rata-rata N	Rata-rata	
	1	2	3			
N1	0.99	1.17	1.25	1.14	1.06	
N2	0.88	0.93	1.12	0.97		

Tabel Lampiran 26. Analisis Ragam Kadar Kalsium Tanaman Tomat

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	4.15	2.077	62.24**
Zeolit	4	0.12	0.030	0.90
Nitrogen	1	0.10	0.101	3.02
Interaksi ZN	4	0.07	0.018	0.54
Galat	18	0.60	0.033	

Koefisien keragaman = 18.74%

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel Lampiran 27. Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Magnesium Tanaman Tomat

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
	%					
N1 A	0.58	0.64	0.61	0.66	0.54	
N1 B	0.72	0.69	0.73	0.73	0.65	
N1 C	0.86	0.79	0.77	0.82	0.85	
Rataan Int.	0.72	0.71	0.70	0.73	0.67	0.71
N2 A	0.55	0.56	0.67	0.67	0.59	
N2 B	0.73	0.54	0.65	0.65	0.78	
N2 C	0.75	0.71	0.74	0.71	0.81	
Rataan Int.	0.68	0.60	0.68	0.68	0.72	0.67
Rataan Zeolit	0.70	0.66	0.69	0.71	0.70	
Zeoponik	ulangan			Rata-rata N	Rata-rata	
	1	2	3			
N1	1.29	1.37	1.31	1.32	1.26	
N2	1.16	1.20	1.28	1.21		

Tabel Lampiran 28. Analisis Ragam Kadar Magnesium Tanaman Tomat

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	0.16	0.078	26.53**
Zeolit	4	0.01	0.002	0.85
Nitrogen	1	0.01	0.009	3.20
Interaksi ZN	4	0.02	0.005	1.64
Galat	18	0.05	0.003	

Koefisien keragaman = 7.84%

Keterangan : ** berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel Lampiran 29. Hasil Pengukuran dan Rataan Kadar Natrium Tanaman Tomat

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
	%					
N1 A	0.86	0.97	0.66	0.91	0.86	
N1 B	0.78	0.83	0.81	0.86	1.00	
N1 C	0.78	0.64	0.97	1.00	1.14	
Rataan Int.	0.81	0.81	0.81	0.92	1.00	0.87
N2 A	0.83	0.69	0.66	0.80	1.03	
N2 B	0.75	0.89	0.94	0.86	0.92	
N2 C	0.69	0.83	0.67	0.83	0.86	
Rataan Int.	0.76	0.80	0.75	0.83	0.94	0.81
Rataan Zeolit	0.78	0.81	0.79	0.88	0.97	
Zeoponik	ulangan			Rata-rata N	Rata-rata	
	1	2	3			
N1	0.75	0.72	0.69	0.72	0.80	
N2	0.83	0.89	0.89	0.87		

Tabel Lampiran 30. Analisis Ragam Kadar Natrium Tanaman Tomat

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F
Kelompok	2	0.01	0.003	0.25
Zeolit	4	0.15	0.038	2.74
Nitrogen	1	0.02	0.022	1.63
Interaksi ZN	4	0.01	0.001	0.10
Galat	18	0.25	0.014	

Koefisien keragaman = 13.89%

Tabel Lampiran 31. Hasil Penimbangan dan Rataan Bobot Kering Tanaman Tomat 58 HST

Perlakuan	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Rataan N
			g			
N1 A	13.24	8.40	9.02	8.20	14.00	
N1 B	10.20	10.60	10.22	10.30	13.15	
N1 C	11.20	11.60	14.60	16.20	12.50	
Rataan Int.	11.55	10.20	11.28	11.57	13.22	11.56
N2 A	10.91	9.15	11.60	11.65	11.90	
N2 B	13.50	12.40	11.60	14.00	10.80	
N2 C	14.05	15.30	12.90	13.20	13.00	
Rataan Int.	12.82	12.28	12.03	12.95	11.90	12.40
Rataan Zeolit	12.18	11.24	11.66	12.26	12.56	
Zeoponik		ulangan		Rata-rata N		Rata-rata
	1	2	3			
N1	14.50	15.60	22.25	17.45		16.39
N2	16.20	14.38	14.40	15.32		

Tabel Lampiran 32. Analisis Ragam Bobot Kering Tanaman Tomat 58 HST

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-Hit.
Kelompok	2	36.43	18.217	5.71*
Zeolit	4	6.62	1.654	0.52
Nitrogen	1	5.23	5.233	1.64
Interaksi ZN	4	10.03	2.508	0.79
Galat	18	57.48	3.193	

Koefisien keragaman = 14.92%

Keterangan : * berbeda nyata pada taraf 5%