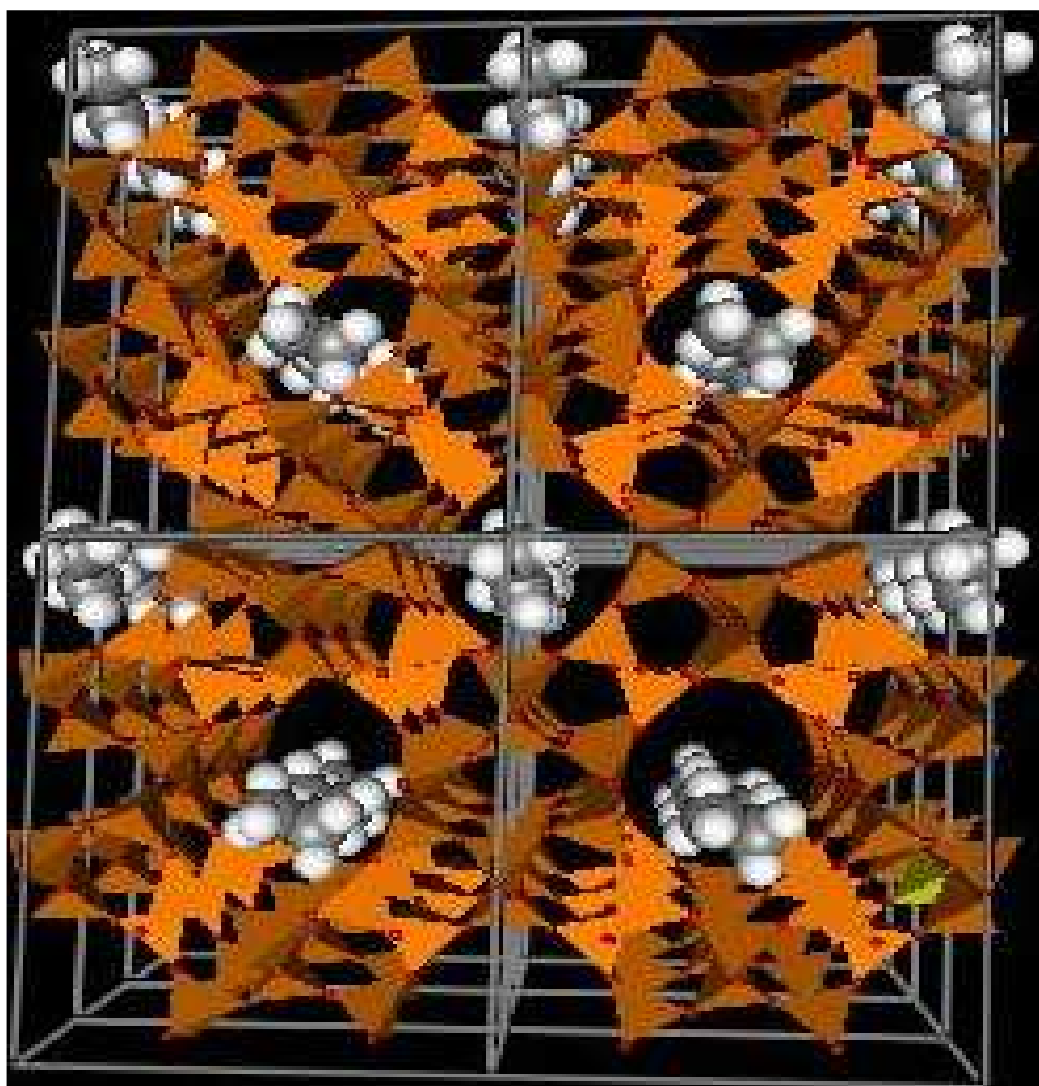


JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 3 No.1, Mei, Tahun 2004

ISSN 1411-6723

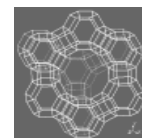


IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)
Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)



JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites



Vol.3 No.1, Mei 2004

EDITOR INTERNASIONAL :

Prof. Dr. Alan Dyer DSc. FRCC.
(University of Salford, UK)
Prof. Dr. G.Q. Max Lu
(University of Queensland, Australia)

DEWAN EDITOR :

Dr. Yateman Arryanto
Dr. Siti Amini
Dr. Suwardi

PELAKSANA EDITOR:

Drs. Supandi MSc
Ir. Dian Angraini

Pimpinan Redaksi/Chief

Editor:

Siti Amini

Alamat redaksi/ Address :

Siti Amini
Kawasan PUSPIPEK
BATAN Gd. 20, Serpong 15314
Indonesia
Telpon. (021) 7560915-hunting,
7560562 pes.2023
Faksimili: (021) 7560909, emails:
samini@rocketmail.com,
nsabatan@centrin.net.id,
soilipb@indo.net.id

J. Zeolit Indonesia diterbitkan oleh IZI (Ikatan Zeolit Indonesia) setahun dua kali pada bulan Maret dan November, dalam versi bahasa Indonesia yang dilengkapi dengan abstrak berbahasa Indonesia dan Inggris (*abstract*) atau semua ditulis dalam versi English.

Naskah yang diterbitkan dalam Jurnal Zeolit Indonesia (JZI) ini mengandung tulisan ilmiah baik berupa tinjauan, gagasan, analisis, ilmu terapan, teknologi proses dan produksi zeolit, zeotipe atau bahan lain yang terkait dengan nanopori material

Jurnal Zeolit Indonesia dapat diperoleh di sekretariat IZI Pusat maupun Cabang diantaranya di Bandung, Jabotabek, Yogya karta, Surabaya, dan Lampung, juga Asosiasi Pengusaha Zeolit di Indonesia.

Pengantar Redaksi

Jurnal Zeolit Indonesia ini terbit pertama kali, berisi makalah-makalah yang telah disajikan pada Seminar sehari yang bertema Prospek Zeolit Menghadapi Millenium ketiga pada tanggal 14 September 1999, di Gedung STEKPI-Jakarta, dalam rangka pembentukan Ikatan Zeolit Indonesia, disingkat IZI.

IZI merupakan wadah kesatuan dan persatuan para ilmuwan dari berbagai lembaga/institusi litbang termasuk perguruan tinggi pemerintah maupun non-pemerintah, pengusaha serta industriawan yang menekuni bidang zeolit. Selanjutnya kami berharap melalui jurnal ini IZI dapat mewujudkan tujuannya, yaitu menjadikan JZI sebagai wadah komunikasi ilmiah tentang zeolit dan bahan sejenisnya serta teknologi pengembangannya agar dapat dioptimalkan pendaayagunaannya untuk kesejahteraan masyarakat luas di Indonesia.

Salam,
Redaksi

Editorial

The first Journal of Indonesian Zeolites consists of papers presented on the one day seminar with a theme of Zeolit Prospect towards The third Millenium held at STEKPI building-Jakarta on 14 September 1999 on the occasion of the formation of the Indonesian Zeolites Association, namely IZI.

IZI is a forum for the scientists and technologists in research and development centres from governmental and non-governmental institutes including the universities as well as the professional industries, producers and individual persons who have interests in zeolites. We hope IZI will develop its capability through the JZI, in the future to reach the goal for the developments of zeolites and other typical materials applications and lead to its optimized development for the people welfare in Indonesia.

Best regards,
Editors

Catatan Untuk Penulis:

Kontribusi naskah dapat disampaikan kepada Pimpinan Redaksi JZI, disertai lampiran surat pernyataan penulis dan pembantu penulis (jika ada) tentang keabsahan dan persetujuan bahwa isi tulisan tersebut benar-benar merupakan hasil temuan sendiri dan belum pernah dipublikasikan. Naskah yang tidak memenuhi persyaratan yang telah ditentukan Staf Editor, tidak akan dikembalikan. Komunikasi antar Penulis dengan Editor dapat diadakan secara langsung demikian pula komunikasi antara pembaca dengan penulis. Isi dan kebenaran dari makalah di luar tanggung jawab redaksi.

JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 3 No.1, Mei 2004

ISSN 1411-6723

DAFTAR ISI

1. Pengaruh Pemberian Zeolit Terhadap Peningkatan Efisiensi Pupuk P dan K pada Tanaman Padi (**Sarlan Abdulrachman dan Zuziana Susanti**). 1
2. Zeoponik sebagai Media Tumbuh Tanam pada Budidaya Tanaman Hortikultura (**Suwardi dan M. Bagus Pangestu**). 15
3. Synthesis of Artificial Zeolite from Coal Fly Ash by Alkali Treatments (**Bambang Triyatmo**). 19
4. Improvement of Cation Exchange Capacity of Natural Zeolite with Alkali Treatments (**Eko Hanudin and Bambang Triyatmo**). 25
5. Pengaruh Penambahan Zeolit pada Media Tumbuh Tanaman pada Tanaman Melon dan Semangka dalam Sistem Hidroponik. (**M. Bagus Pangestu, Suwardi, dan Widiatmaka**). 30
6. Pemanfaatan Zeolit di Bidang Pertanian (**Astiana Sastiono**). 36
7. Teknologi Pengolahan Zeolit Menjadi Bahan yang Memiliki Nilai Ekonomi Tinggi (**Didiek Hadjar Goenadi**) 42

Diterbitkan Oleh:

IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)
Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)

Alamat Redaksi/Address:

Kawasan PUSPIPTEK, BATAN Gd. 20, Serpong 15314, Indonesia
Telepon. (021) 7560915-hunting, 7560562 pes. 2023

Faksimili: (021) 7560909, email: samini@rocketmail.com, nslbatan@centrin.net.id, soilipb@indo.net.id

Pengaruh Pemberian Zeolit Terhadap Peningkatan Efisiensi Pupuk P dan K pada Tanaman Padi

Sarlan Abdurachman dan Zuziana Susanti

Researcher On Paddy Plant Research Centre Sukamandi
Jl. Raya 9 Sukamandi Subang 41256, Fax. Fax. 0260-520158, E-mail: sarlan@indosat.net.id

ABSTRAK

Pada umumnya kapasitas tukar kation yang dimiliki oleh zeolit sangat tinggi dan mampu mengikat ion dalam jumlah banyak. Oleh sebab itu penggunaan zeolit dalam bidang pertanian diharapkan dapat membantu mengurangi mobilitas ion pada zone perakaran sekaligus dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pupuk oleh tanaman. Pada MH 1999/2000 telah dilakukan penelitian penggunaan zeolit di dua lokasi yang mewakili dua jenis tanah, yaitu di Jakenan (Pati) pada tanah Planosol dan di Tamanbogo (Lampung) pada tanah Podsolik. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok, masing-masing dengan 3 ulangan. Susunan kombinasi perlakuan pupuk dengan zeolit antara 60-100% pupuk P atau K dan 0-40% zeolit, 100% pupuk P atau K + 200-300 kg/ha zeolit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk menghasilkan produksi padi yang tinggi pada tanah Podsolik seperti di Tamanbogo membutuhkan pemberian pupuk P. Zeolit yang diberikan bersama pupuk P meskipun tidak nyata dapat menaikkan hasil, tetapi berguna untuk meningkatkan efisiensi. Pemberian 300 kg/ha zeolit dapat mengurangi pemakaian pupuk sekitar 20% P. Perihal yang serupa berlaku untuk pupuk K pada tanah Planosol seperti di Jakenan. Zeolit plus yang sudah diperkaya dengan sejumlah unsur hara memberikan kinerja yang lebih baik dibanding zeolit tanpa tambahan hara. Pemberian zeolit plus dosis tinggi (5-10 t/ha) untuk menaikkan KTK tanah, pada kondisi di rumah kaca dapat memberikan hasil GKG sekitar 11,9 t/ha tetapi di lapangan hasilnya turun karena serangan penyakit lebih berat akibat tanaman terlalu rimbun dan kelembaban yang tinggi disekitar kanopi. Oleh sebab itu perlu didapatkan dosis zeolit plus yang lebih tepat, bukan saja untuk meningkatkan efisien semata tetapi juga agar pemakaiannya dapat terjangkau oleh petani.

Kata kunci: Padi sawah, zeolit, efisiensi pupuk

ABSTRACT

EFFECT OF ZEOLITE ON EFFICIENCY OF P AND K FERTILIZERS IN THE PADDY FIELD.

Zeolite generally have a very high exchange ion capacity and capability to catch ions. Therefore, zeolite is used on agriculture to reduce ion movement around the root zone and to increase the use of fertilizer by plant. A research have been established on 1999/2000 using zeolite from two sites that represent two type of soil, Planosol soil from Jakenan (Pati) and Podsollic soil from Tamanbogo (Lampung). Group randomize design with three repetition is used on this research. Fertilizer treatment on this research are 60-100 % P or K and 0-40% zeolite, 100% P or K + 200-300% kg/ha zeolite. The final result of this research showed that in order to produce high quality of paddy on podsollic soil need the P fertilizer. The zeolite been given along with P fertilizer worth while to increases efficiency, even though it did not positively increasing yield. Adding 300 kg/ha zeolite can reduce the use of fertilizer around 20% P. The Same thing happened to fertilizer K on planosol. Zeolite plus which enriched by a number of minerals giving a better result compare to the one without enrichment. On greenhouse atmosphere, though dosage of zeolite plus (5-10 t/ha) used to increase exchange ion capacity on soil, producing rice around 11.9 t/ha. But on the field, the production decreases cause by heavier disease attack due to the too crowded plantation and too damp condition around the canopy. This is why it is necessary to give the right zeolite plus dosage, not just to increases efficiency, but also to make it financially reachable by the farmer.

Keywords: Paddy field, zeolite, fertilizer efficiency

PENDAHULUAN

Upaya Pemerintah untuk mempertahankan swasembada besar masih menjadi perhatian utama. Hal ini berkaitan dengan pengurangan lahan potensial di Jawa yang rata-rata mencapai seluas 30.000 ha/tahun akibat berubah fungsi menjadi daerah non pertanian. Sementara itu jumlah penduduk terus meningkat, sebesar 2,1% per tahun. Di pihak lain terjadi penurunan peningkatan produksi padi dari rata-rata 2,89% per tahun pada Pelita V turun menjadi 1,71% per tahun pada Pelita VI (Adjit, 1993). Hal ini jelas semakin memperberat beban bagi Pemerintah dalam penyediaan pangan, khususnya beras.

Penggunaan pupuk termasuk komponen utama dalam budidaya padi. Persediaan pupuk P dan K dalam negeri terbatas dan perlu impor. Persaingan kebutuhan pupuk yang tidak menguntungkan untuk tanaman padi terhadap komoditi lain yang bernilai ekonomi tinggi menyebabkan beban petani semakin tinggi, lebih-lebih disaat harga pupuk meningkat dan harga jual gabah yang tidak menentu. Keadaan demikian mengharuskan petani padi untuk menghitung kembali kebutuhan pupuknya, terutama P dan K. Di lain pihak, kebutuhan swasembada beras memaksa untuk tetap mengupayakan peningkatan produksi, yang secara teoritis tentunya memerlukan lebih banyak lagi pupuk kimia yang kadang-kadang sulit pengadaannya. Dengan demikian diperlukan suatu cara penghematan penggunaan pupuk agar lebih efisien.

Banyak penelitian yang telah dilakukan dalam upaya meningkatkan efisiensi pupuk. Misalnya melalui pembenaman pupuk ke dalam lapisan perakaran padi yang mana terbukti cukup efektif mengurangi kehilangan N melalui volatilisasi maupun denitrifikasi. Namun demikian dengan cara tersebut masih dijumpai beberapa kendala dalam pelaksanaan pembenaman pupuk, antara lain perlu tenaga kerja lebih banyak, butiran pupuk yang besar dan belum tersedia alat pembenam yang cocok. Oleh karena itu diperlukan teknologi lain yang dapat mendukung program pengefisienan yang tidak hanya dalam hal penggunaan akan pupuk N tetapi sekaligus juga untuk pupuk P maupun K.

Penggunaan suatu senyawa kimia yang mempunyai sifat pengikat kation seperti zeolit dilaporkan dapat mengatur pelepasan ion yang terikat secara teratur. Apabila demikian maka zeolit sebagai suatu kelompok mineral alumina silikat diharapkan akan mempunyai bayak kegunaan di bidang pertanian. Mineral zeolit dengan keunggulan mempunyai KTK (kapasitas tukar kation) yang tinggi (sekitar 149 meq/100 g) diharapkan mempunyai potensi sebagai pengikat hara untuk sementara seperti umumnya kinerja humus atau bahan organik lain.

Menurut Sarief (1990), zeolit mempunyai struktur yang khas dengan rongga-rongga berisi ion-ion logam alkali dan molekul-molekul air. Karena sifat itu pemberian zeolit disamping dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk (Sarief, 1990) juga dilaporkan mampu meningkatkan hasil gabah (Aisyah, 1990). Namun demikian komposisi yang cocok untuk peningkatan efisiensi antara takaran zeolit dengan pupuk P dan K masih perlu dicari. Lagi pula karena zeolit berfungsi lebih besar sebagai pengikat unsur yang dibutuhkan tanaman dan bukan berperan sebagai pemasok hara, maka ada kemungkinan pengaruhnya berkelanjutan bisa sampai beberapa musim tanam. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk P dan K pada tanaman padi melalui pemberian zeolit pada takaran tertentu.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilakukan di dua lokasi yang mewakili dua jenis tanah, yaitu di Jakenan (Pati) pada tanah Planosol dan di Tamanbogo (Lampung) pada tanah Podsolik. Penetapan lokasi penelitian lapang dipilih dengan kriteria lahan bukan bekas percobaan pemupukan, mempunyai keseragaman kesuburan tanah dengan ukuran petak yang memadai. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok, masing-masing dengan 3 ulangan. Susunan kombinasi perlakuan pupuk P atau K dengan zeolit sebagaimana tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi dosis pupuk dengan zeolit sebagai perlakuan pada percobaan peningkatan efisiensi P dan K pada tanaman padi

Perlakuan (kg/ha)	Tamanbogo (Lampung)		Jakenan (Pati)	
	kg P ₂ O ₅ (ha)	kg Zeolit (ha)	kg K ₂ O (ha)	kg Zeolit (ha)
1. Kontrol	0	0	0	0
2. 250 Zeolit (Z)	0	250	0	250
3. Rekomendasi	36	0	60	0
4. 80% Rekomendasi	28.8	0	48	0
5. 60% Rekomendasi	21.6	0	36	0
6. Rekomendasi + 200 Z	36	200	60	200
7. 80% Rekomendasi +200 Z	28.8	200	48	200
8. 60% Rekomendasi + 200 Z	21.6	200	36	200
9. Rekomendasi + 250 Z	36	250	60	250
10. 80% Rekomendasi + 250 Z	28.8	250	48	250
11. 60% Rekomendasi + 250 Z	21.6	250	36	250
12. Rekomendasi + 300 Z	36	300	60	300
13. 80% Rekomendasi + 300 Z	28.8	300	48	300
14. 60% Rekomendasi + 300 Z	21.6	300	36	300

Di Jakenan padi ditanam dengan sistem gogorancah sedang di Lampung dengan sistem tanam pindah (TAPIN). Pada sistem gogorancah pengolahan tanah dilakukan pada kondisi kering dan padi ditanam tanpa menggunakan pesemaian atau secara tanam benih langsung (TABELA kering). Pengolahan tanah pertama dilakukan dengan bajak, kemudian dibuat petakan dengan ukuran 5m x 6m yang dilanjutkan dengan penghalusan bongkahan tanah untuk sistem gogorancah atau pelumpuran untuk sistem TAPIN. Selesai pengolahan, sampel tanah awal diambil pada kedalaman olah (lapisan 15-20 cm teratas). Sampel tanah kemudian diproses dan dilanjutkan dengan analisis.

Bibit padi IR 64 ditanam pada umur 21 hari setelah sebar untuk sistem TAPIN atau menggunakan tanam benih langsung untuk sistem gogorancah, masing-masing dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm, 2-3 bibit per lubang tanam. Luas panen ubinan 2,5 m x 2,0 m atau minimal 120 rumpun. Gulma disiang dengan tangan saat tanaman berumur 21 dan 35 hst. Pengendalian hama dilakukan menggunakan insektisida berbahan aktif disesuaikan dengan hama sasaran.

Campuran pupuk P atau K dengan zeolit (sesuai perlakuan) diberikan sebagai pupuk dasar bersama dengan pemupukan N pertama. Pemberian N ke dua pada saat umur 30 hst dan sisanya pada saat primordia bunga. Dosis pupuk N yang digunakan adalah 112,5 kg N/ha. Pengaruh zeolit yang telah diperkaya dengan penambahan 7,03% N, 3,40% P₂O₅, 1,00% K₂O dan beberapa trace element seperti Cu, Zn, dan Mg < 50 ppm (disebut "Zeolit Plus") juga telah dievaluasi terhadap penampilan pertumbuhan tanaman dan produksi IR 64 di rumah kaca Instalasi Balitpa pada percobaan pot menggunakan media tanah berasal dari Tamanbogo dan Jakenan. Perbandingan digunakan zeolit murni tanpa tambahan hara (disebut "Zeolit")

Data yang dikumpulkan meliputi : (a) Status hara tanah sebelum percobaan, yaitu meliputi: N total (metode Kjeldahl); Tekstur tanah (metode pipet), P-Bray I, K dapat tertukar, Ca dapat tertukar, Mg dapat tertukar, Na dapat tertukar dengan metode N Ammonium asetat pH 7, KTK tanah dengan metode N Ammonium asetat pH 7, C-organik metode Tyurin dan pH tanah dengan pH meter. (b) Pertumbuhan

tanaman, meliputi: tinggi dan jumlah anakan 10 tanaman sampel per plot, dan (c) Hasil dan komponen hasil. Komponen hasil meliputi: jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, bobot 1000 butir gabah, dan persentase gabah isi. Komponen hasil diamati dari contoh tanaman yang diambil dari masing-masing plot sebanyak 8 rumpun per petak atau 4 x 2 rumpun yang mempunyai posisi saling berdekatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui respon tanaman padi IR 64 terhadap berbagai kombinasi perlakuan pupuk P atau K dengan zeolit dipilahkan berturut-turut meliputi: pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman, komponen hasil dan hasil. Tamanbogo dipilih sebagai tempat penelitian pemupukan P dengan pertimbangan dapat mewakili lahan yang kekurangan fosfat, sedang Jakenan untuk lahan yang kekurangan kalium.

Tamanbogo, Lampung

Kondisi tanah awal. Dari hasil analisis tanah awal sebelum percobaan dilakukan tampak bahwa status kesuburan tanah Tamanbogo yang digunakan dalam percobaan termasuk dalam kriteria berkesuburan rendah. Tekstur tanah termasuk dalam kelas lempung, ber pH masam dengan kandungan unsur mikro Fe, Mn dan Zn berturut-turut 42,11; 38,54 dan 5,89 ppm (Tabel 2). Status hara makro utama K rendah, N dan P sangat rendah. Pada kondisi demikian maka pengaruh dari berbagai perlakuan pupuk yang diuji diharapkan akan direspon dengan baik oleh tanaman. Seberapa besar respon tanaman terhadap kombinasi perlakuan pupuk P dan zeolit terhadap pertumbuhan maupun produksi padi dikemukakan pada laporan berikut.

Tabel 2. Hasil analisis tanah awal lokasi percobaan pengaruh pemberian zeolit terhadap peningkatan efisiensi pupuk P, Tamanbogo MH 1999/2000

Jenis analisis	Status kimiawi tanah awal	Kriteria
Tekstur, Pasir (%)	31.59	Lempung
Debu (%)	45.23	
Liat (%)	23.18	
pH H ₂ O	5.03	Masam
pH KCl	4.16	
Total N (%)	0.09	Sangat rendah
C-organik (%)	1.21	Rendah
C/N rasio	13.44	Sedang
P Bray I (ppm)	1.89	Sangat rendah
Ca (me/100g)	1.52	Sangat rendah
Mg (me/100g)	1.26	Sangat rendah
K (me/100g)	0.23	Rendah
Na (me/100g)	0.19	Rendah
KTK (me/100g)	10.80	Rendah
Kejenuhan basa (%)	59.57	Sedang
Fe (ppm)	42.11	
Mn (ppm)	38.54	
Zn (ppm)	5.89	

Pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman yang diamati sebagai salah satu variabel pertumbuhan sejak awal fase perkembangan telah menunjukkan adanya respon terhadap pemberian pupuk P. Pemberian 100 kg SP 36 (36 kg P₂O₅) per ha dapat meningkatkan tinggi tanaman dari 20 menjadi 31 cm pada fase anakan aktif dan dari 65 menjadi 77 cm pada saat panen. Pengurangan dosis pupuk P diikuti oleh penurunan tinggi tanaman. Meskipun respon yang dicapai tidak sebesar yang disebabkan karena pengaruh pupuk P, tetapi tinggi tanaman tampak dipengaruhi juga oleh pemberian zeolit. Pemberian pupuk P yang disertai dengan zeolit memberikan pengaruh yang positif. Rata-rata tinggi tanaman pada petak yang hanya diberi pupuk P pada saat panen mencapai 76,90 cm; yang kemudian berurut-turut menjadi 78,15; 77,60 dan 79,91 cm pada tanaman yang diberi pupuk P bersama zeolit masing-masing dengan takaran 200, 250 dan 300 kg/ha (Tabel 2). Dengan

demikian dimungkinkan ada peningkatan efisiensi P karena pemberian zeolit.

Variabel pertumbuhan tanaman yang dinilai melalui pengamatan jumlah anakan selama fase pertumbuhan tanaman disajikan pada Tabel 4. Di sini tampak bahwa puncak pembentukan anakan terjadi ketika tanaman berumur 45 hari. Pada saat itu tanaman mulai memasuki fase primordia bunga dan pada fase pertumbuhan selanjutnya jumlah anakan kemudian menurun. Hal ini disebabkan karena sebagian anakan mengering kemudian mati. Sehingga tidak semua anakan yang terbentuk mampu menghasilkan malai.

Respon tanaman terhadap pemberian pupuk P dan zeolit untuk variabel jumlah anakan mempunyai pola yang serupa dengan variabel tinggi tanaman. Jumlah anakan secara konsisten dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk P, baik pada fase anakan aktif, primordia maupun saat panen. Penurunan jumlah anakan selalu terjadi apabila dosis pupuk P direduksi.

Tabel 3. Tinggi tanaman IR 64 (cm) pada berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan kombinasi pupuk P dan Zeolit, Tamanbogo MH 1999/2000

	Perlakuan (kg/ha)	Anakan aktif	Primordia	Saat Panen
1	Kontrol	20.00	53.00	65.33
2	250 Zeolit (Z)	21.33	54.21	67.67
3	36,0 P ₂ O ₅ (100% R)	31.33	60.72	77.21
4	28,8 P ₂ O ₅ (80% R)	29.00	56.67	77.13
5	21,6 P ₂ O ₅ (60% R)	27.33	57.61	76.35
6	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 200 Z	30.00	57.28	78.68
7	28,8 P ₂ O ₅ (80% R) + 200 Z	28.67	57.55	78.76
8	21,6 P ₂ O ₅ (60% R) + 200 Z	26.33	57.82	77.00
9	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 250 Z	29.67	61.77	78.67
10	28,8 P ₂ O ₅ (80% R) + 250 Z	29.33	59.33	77.43
11	21,6 P ₂ O ₅ (60% R) + 250 Z	27.33	58.43	76.69
12	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 300 Z	31.67	60.47	81.04
13	28,8 P ₂ O ₅ (80% R) + 300 Z	29.67	60.67	79.00
14	21,6 P ₂ O ₅ (60% R) + 300 Z	28.33	59.33	79.69

R: Dosis P Rekomendasi.

Tabel 4. Jumlah anakan IR 64 pada berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan kombinasi pupuk P dan Zeolit, Tamanbogo MH 1999/2000

	Perlakuan (kg/ha)	Anakan aktif	Primordia	Saat Panen
1	Kontrol	6.21	9.71	9.22
2	250 Zeolit (Z)	8.45	11.22	10.18
3	36,0 P ₂ O ₅ (100% R)	11.42	14.31	13.01
4	28,8 P ₂ O ₅ (80% R)	10.31	13.68	13.08
5	21,6 P ₂ O ₅ (60% R)	10.53	13.71	12.85
6	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 200 Z	11.16	15.24	14.88
7	28,8 P ₂ O ₅ (80% R) + 200 Z	10.88	13.62	13.34
8	21,6 P ₂ O ₅ (60% R) + 200 Z	11.32	14.07	12.71
9	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 250 Z	12.76	14.64	13.47
10	28,8 P ₂ O ₅ (80% R) + 250 Z	11.66	12.65	11.62
11	21,6 P ₂ O ₅ (60% R) + 250 Z	10.65	13.46	11.18
12	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 300 Z	12.55	13.97	13.85
13	28,8 P ₂ O ₅ (80% R) + 300 Z	11.12	13.51	13.44
14	21,6 P ₂ O ₅ (60% R) + 300 Z	10.32	13.02	12.76

R: Dosis P Rekomendasi.

Meskipun jumlahnya tidak signifikan secara umum penambahan zeolit dapat meningkatkan jumlah anakan, dan yang lebih menarik di sini bahwa makin banyak zeolit digunakan bersama pupuk P jumlah anakan yang mati dikurangi. Hal ini terlihat pada perbedaan jumlah anakan antara hasil pengamatan pada fase primordia dan saat panen. Pada perlakuan 200 dan 300 zeolit/ha jumlah anakan rata-rata pada fase primordia masing-masing 13,58 dan 13,60 per rumpun, tetapi pada saat panen rata-rata jumlah anakan tersebut masing-masing 12,09 per rumpun pada perlakuan 200 kg/ha zeolit dan 13,35 per rumpun pada perlakuan 300 kg/ha zeolit.

Komponen hasil. Jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persen gabah isi dan bobot 1000 butir merupakan variabel komponen hasil utama padi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen hasil tersebut besarnya bervariasi tergantung pada perlakuan pupuk yang diberikan.

Rata-rata jumlah malai yang dihasilkan pada tanaman tanpa pupuk P paling rendah (4,75 per rumpun). Melalui pemberian 36 kg/ha P₂O₅ tanaman mampu menghasilkan

malai 11,75 per rumpun dan lebih sedikit bila pupuk P yang diberikan dikurangi. Jumlah malai yang dihasilkan tanaman sedikit lebih banyak bila pupuk P bersamaan dengan zeolit. Hasil pengamatan malai terbanyak dihasilkan pada tanaman yang diberi pupuk P bersama 300 kg/ha zeolit. Selain itu, dengan pemberian 300 kg/ha zeolit penggunaan dosis pupuk P dapat dikurangi menjadi 80% R tanpa menurunkan jumlah malai (Tabel 5).

Jumlah gabah yang dihasilkan tanaman berkisar antara 74,58-97,71 per malai. Terendah pada perlakuan kontrol dan tertinggi pada tanaman yang diberi pupuk P dan 250 kg/ha zeolit. Pemberian 200-250 kg/ha zeolit dapat menurunkan penggunaan pupuk P sampai 60% R tanpa menurunkan jumlah gabah per malai. Pengaruh perlakuan terhadap komponen persen gabah isi mempunyai pola yang serupa dengan pengaruhnya terhadap komponen jumlah malai per rumpun.

Tabel 5. Komponen hasil IR 64 pada berbagai perlakuan kombinasi pupuk P dan Zeolit, Tamanbogo MH 1999/2000

Perlakuan (kg/ha)		Jumlah malai per rumpun	Jumlah gabah per malai	Persen gabah isi	Bobot 1000 butir (g)
1	Kontrol	4.75 a	74.58 a	76.97 a	24.07 a
2	250 Zeolit (Z)	5.25 a	75.42 a	80.63 ab	24.94 abc
3	36.0 P ₂ O ₅ (100% R)	11.75 cd	83.29 bcd	85.59 bc	27.23 c
4	28.8 P ₂ O ₅ (80% R)	11.50 cd	83.59 cd	83.97 abc	26.89 bc
5	21.6 P ₂ O ₅ (60% R)	9.50 bc	79.71 b	81.84 abc	25.03 abc
6	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 200 Z	12.00 cde	94.58 fg	87.69 cd	26.00 abc
7	28.8 P ₂ O ₅ (80% R) + 200 Z	10.75 bc	91.80 ef	84.04 abc	25.13 abc
8	21.6 P ₂ O ₅ (60% R) + 200 Z	10.00 bc	80.92 bc	82.39 abc	24.63 ab
9	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 250 Z	13.00 de	96.34 g	84.06 abc	27.26 c
10	28.8 P ₂ O ₅ (80% R) + 250 Z	10.75 bc	97.71 g	83.20 abc	24.89 abc
11	21.6 P ₂ O ₅ (60% R) + 250 Z	10.00 bc	95.17 fg	82.61 abc	24.63 ab
12	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 300 Z	13.50 e	89.75 c	88.68 d	26.15 abc
13	28.8 P ₂ O ₅ (80% R) + 300 Z	11.50 cd	85.88 d	80.18 ab	25.45 abc
14	21.6 P ₂ O ₅ (60% R) + 300 Z	8.50 b	85.79 d	78.37 a	25.82 abc
CV (%)		8.47	2.46	4.01	5.30

Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata tanpa taraf 0,05 DMRT. R: Dosis P Rekomendasi.

Sedang pengaruh perlakuan terhadap komponen bobot 1000 butir mempunyai pola yang serupa dengan pengaruh perlakuan terhadap komponen jumlah gabah per malai. Dimana persen gabah isi yang tertinggi dihasilkan pada perlakuan pupuk P + 300 kg/ha zeolit dan bobot gabah tertinggi dihasilkan pada perlakuan P + 250 kg/ha zeolit.

Hasil. Hasil panen gabah kering giling (GKG) IR 64 bervariasi tergantung pada perlakuan pupuk yang diberikan. Makin banyak pupuk P yang digunakan makin tinggi hasil padi yang dapat dipanen. Hasilnya berkisar antara 3,04-4,47 t/ha. Hasil tersebut tertinggi dicapai pada perlakuan 36 kg/ha P₂O₅ (100% R) + 200 kg/ha zeolit dan terendah pada perlakuan kontrol. Pemberian zeolit sampai pada takaran 300 kg/ha meskipun tidak nyata dapat menaikkan hasil panen padi pada berbagai dosis pupuk P (60%-100% R), tetapi pada umumnya dapat ditingkatkan meningkatkan efisiensi P (Tabel 6).

Jumlah gabah yang dapat dihasilkan dari tiap pemberian kg pupuk P pada dosis 36 kg/ha P₂O₅ (100% R) adalah 35 kg. Pada dosis ini produksi gabah dari tiap kg P berturut-turut naik mendekati 40 dan 38 kg apabila selain pupuk P masing-masing tanaman juga memperoleh 200 dan 250 kg/ha zeolit. Perihal yang serupa juga terjadi pada dosis P yang diturunkan menjadi 80% R dan 60% R. Efisiensi P karena adanya pemberian 200, 250 dan 300 kg/ha zeolit pada dosis 80% R pupuk P berturut-turut meningkat dari 32,63 menjadi 34,03; 37,50 dan 37,04. Sedang pada dosis 60% R pupuk P berturut-turut meningkat dari 29,62 menjadi 32,78 dan 32,41 masing-masing untuk pemakaian zeolit 250 dan 300 kg/ha.

Jakenan, Pati

Kondisi tanah awal. Dari hasil analisis tanah awal sebelum percobaan dilakukan tampak bahwa tanah Jakenan yang digunakan dalam percobaan termasuk dalam kriteria berkesuburan rendah.

Tabel 6. Hasil IR 64 dan efisiensi P pada berbagai perlakuan kombinasi pupuk P dan Zeolit, Tamanbogo MH 1999/2000

	Perlakuan (kg/ha)	Hasil GKG (t/ha)	Efisiensi P (kg gabah/kg P)
1	Kontrol	3.04 a	
2	250 Zeolit (Z)	3.36 a	
3	36.0 P ₂ O ₅ (100% R)	4.30 bc	35.00
4	28.8 P ₂ O ₅ (80% R)	3.98 b	32.63
5	21.6 P ₂ O ₅ (60% R)	3.68 ab	29.62
6	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 200 Z	4.47 c	39.72
7	28.8 P ₂ O ₅ (80% R) + 200 Z	4.02 bc	34.03
8	21.6 P ₂ O ₅ (60% R) + 200 Z	3.66 ab	28.70
9	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 250 Z	4.39 bc	37.50
10	28.8 P ₂ O ₅ (80% R) + 250 Z	4.12 bc	37.50
11	21.6 P ₂ O ₅ (60% R) + 250 Z	4.22 bc	32.78
12	36 P ₂ O ₅ (100% R) + 300 Z	4.31 bc	35.28
13	28.8 P ₂ O ₅ (80% R) + 300 Z	3.84 ab	37.04
14	21.6 P ₂ O ₅ (60% R) + 300 Z	3.74 ab	32.41
	CV (%)	11.02	

Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata tapat taraf 0,05 DMRT. R; Dosis P Rekomendasi.

Tekstur tanah termasuk dalam kelas liat lempung berdebu, ber pH masam dengan kandungan unsur mikro Fe, Mn dan Zn berturut-turut 22,48; 26,97 dan 1,66 ppm (Tabel 7).

Status hara makro utama P dan K rendah, dan N sangat rendah. Pada kondisi demikian maka pengaruh dari berbagai perlakuan pupuk yang diuji kemungkinan akan direspon dengan baik oleh tanaman. Uraian berikut mengemukakan respon tanaman IR 64 terhadap kombinasi perlakuan pupuk K dan zeolit terhadap pertumbuhan maupun produksi padi.

Pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman yang diamati sebagai salah satu variabel pertumbuhan sejak awal fase perkembangan telah menunjukkan adanya respon terhadap pemberian pupuk K. Pemberian 100 kg KCl (60 kg K₂O) per ha dapat meningkatkan tinggi tanaman berturut-turut dari 51 menjadi 56 cm pada 45 hst dan dari 53 menjadi 86 cm pada 66 hst (Tabel 8).

Pengurangan dosis pupuk K diikuti oleh penurunan tinggi tanaman. Meskipun respon yang dicapai tidak sebesar yang disebabkan karena pengaruh pupuk K, tetapi tinggi tanaman tampak dipengaruhi juga oleh pemberian zeolit. Kombinasi pemberian pupuk K dan zeolit memberikan pengaruh yang positif. Rata-rata tinggi tanaman pada petak yang hanya diberi pupuk K pada saat 80 hst mencapai 91 cm, yang kemudian berurut-turut menjadi 96, 92 dan 93 cm pada tanaman yang diberi pupuk K bersama zeolit masing-masing dengan takaran 200, 250 dan 300 kg/ha (Tabel 8). Dengan demikian dimungkinkan ada peningkatan efisiensi K yang disebabkan karena pengaruh pemberian zeolit.

Variabel pertumbuhan tanaman yang dinilai melalui pengamatan jumlah anakan ketika tanaman berumur 45, 66 dan 80 hari disajikan pada Tabel 9. Di sini tampak bahwa puncak pembentukan anakan terjadi ketika tanaman berumur 66 hari

Tabel 7. Hasil analisis tanah awal lokasi percobaan pengaruh pemberian zeolit terhadap peningkatan efisiensi pupuk K, Jakenan MH 1999/2000.

Jenis analisis	Status kimiawi tanah awal	Kriteria
Tekstur, Pasir (%)	41.87	Lempung liat berdebu
Debu (%)	46.23	
Liat (%)	11.90	
pH H ₂ O	5.01	Masam
pH KCl	4.26	
Total N (%)	0.08	Sangat rendah
C-organik (%)	1.10	Rendah
C/N rasio	13.75	Sedang
P Bray I (ppm)	4.03	Rendah
Ca (me/100g)	3.88	Sedang
Mg (me/100g)	0.76	Sangat rendah
K (me/100g)	0.14	Rendah
Na (me/100g)	0.18	Rendah
KTK (me/100g)	8.21	Rendah
Kejenuhan basa (%)	61.76	Tinggi
Fe (ppm)	22.48	
Mn (ppm)	26.97	
Zn (ppm)	1.66	

Tabel 8. Tinggi tanaman IR 64 (cm) pada berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan kombinasi pupuk K dan Zeolit, Jakenan MH 1999/2000

Perlakuan (kg/ha)	45 hst	66 hst	80 hst
1 Kontrol	50.80	52.90	86.73
2 250 Zeolit (Z)	52.57	77.33	85.77
3 60 K ₂ O (100% R)	55.77	85.53	90.77
4 48 K ₂ O (80% R)	55.10	82.47	89.33
5 36 k ₂ O (60% R)	55.60	84.77	90.17
6 60 k ₂ O (100% R) + 200 Z	59.73	78.93	96.10
7 48 K ₂ O (80% R) + 200 Z	56.30	87.33	91.07
8 36 K ₂ O (60% R) + 200 Z	52.77	83.20	91.30
9 60 K ₂ O (100% R) + 250 Z	57.53	81.57	92.23
10 48 K ₂ O (80% R) + 250 Z	57.17	79.93	88.60
11 36 K ₂ O (60% R) + 250 Z	53.23	79.97	82.10
12 60 K ₂ O (100% R) + 300 Z	57.93	81.43	90.90
13 48 K ₂ O (80% R) + 300 Z	52.40	82.23	92.83
14 36 K ₂ O (60% R) + 300 Z	53.80	78.80	87.60

R: Dosis K Rekomendasi.

Pada saat itu tanaman mulai memasuki fase bunting dan setelah fase pertumbuhan tersebut jumlah anakan kemudian menurun. Hal ini disebabkan karena sebagian anakan mengering kemudian mati. Sehingga tidak semua anakan yang terbentuk mampu menghasilkan malai.

Respon tanaman terhadap pemberian pupuk K dan zeolit untuk variabel jumlah anakan mempunyai pola yang serupa dengan variabel tinggi tanaman. Jumlah anakan secara konsisten dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk K, baik pada fase vegetatif maupun menjelang panen. Penurunan jumlah anakan selalu terjadi apabila dosis pupuk K direduksi. Pemberian zeolit tidak selalu dapat meningkatkan jumlah anakan meskipun takaran zeolit dinaikkan dari 200 menjadi 300 kg/ha. Hal ini terlihat pada pengamatan jumlah anakan pada fase bunting dan menjelang panen. Pada perlakuan 200, 250 dan 300 kg/ha zeolit rata-rata jumlah anakan pada 45, 66 dan 80 hst masing-masing 15,02; 15,46 dan 17,64 per rumpun, tetapi pada 80 hst rata-rata jumlah anakan pada ketiga perlakuan tersebut berkisar antara 14,36-14,56 per rumpun.

Komponen hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen hasil jumlah malai per rumpun, jumlah gabah per malai, persen gabah isi dan bobot 1000 butir meskipun besarnya bervariasi, tetapi jumlah malai per rumpun merupakan komponen hasil yang tidak nyata dipengaruhi oleh perlakuan pupuk K dan zeolit di Jakenan. Rata-rata jumlah malai yang dihasilkan berkisar antara 11.,77-14,10 malai per rumpun (Tabel 10).

Jumlah gabah yang dihasilkan tanaman berkisar antara 79,47-89,72 per malai. Terendah pada perlakuan kontrol dan tertinggi pada tanaman yang diberi pupuk K bersama 300 kg/ha zeolit. Pengaruh perlakuan terhadap komponen persen gabah isi mempunyai pola yang serupa dengan pengaruhnya terhadap komponen jumlah gabah per malai. Perlakuan pupuk K juga nyata berpengaruh terhadap komponen bobot 1000 butir. Sementara pemberian zeolit tidak banyak menyebabkan perubahan bobot 1000 butir yang dihasilkan IR 64, besarnya berkisar antara 26,07-27,37 gram.

Tabel 9. Jumlah anakan IR 64 pada berbagai fase pertumbuhan dan perlakuan kombinasi pupuk K dan Zeolit, Jakenan MH 1999/2000

	Perlakuan (kg/ha)	45 hst	66 hst	80 hst
1	Kontrol	9.57	13.73	12.40
2	250 Zeolit (Z)	9.70	16.50	12.63
3	60 K ₂ O (100% R)	15.20	19.30	15.20
4	48 K ₂ O (80% R)	13.13	16.77	13.73
5	36 k ₂ O (60% R)	10.70	14.57	12.80
6	60 k ₂ O (100% R) + 200 Z	12.30	15.97	15.60
7	48 K ₂ O (80% R) + 200 Z	11.27	14.57	14.17
8	36 K ₂ O (60% R) + 200 Z	11.97	14.53	13.30
9	60 K ₂ O (100% R) + 250 Z	12.53	16.13	15.67
10	48 K ₂ O (80% R) + 250 Z	11.73	15.23	13.90
11	36 K ₂ O (60% R) + 250 Z	11.13	15.03	13.87
12	60 K ₂ O (100% R) + 300 Z	12.90	19.53	15.90
13	48 K ₂ O (80% R) + 300 Z	11.10	17.20	13.07
14	36 K ₂ O (60% R) + 300 Z	12.07	16.20	14.70

R: Dosis K Rekomendasi.

Tabel 10. Komponen hasil IR 64 pada berbagai perlakuan kombinasi pupuk K dan Zeolit, Jakenan MH 1999/2000

	Perlakuan (kg/ha)	Jumlah malai per rumpun	Jumlah gabah per malai	Persen gabah isi	Bobot 1000 butir (g)
1	Kontrol	11.77 a	79.47 a	51.80 a	26.07 a
2	250 Zeolit (Z)	11.07 a	81.51 ab	53.63 ab	26.67 ab
3	60 K ₂ O (100% R)	14.07 a	86.76 bcd	67.53 bc	27.23 b
4	48 K ₂ O (80% R)	13.07 a	85.24 a-d	60.99 abc	27.17 b
5	36 k ₂ O (60% R)	11.95 a	81.97 abc	61.85 abc	27.37 b
6	60 k ₂ O (100% R) + 200 Z	12.80 a	88.16 cd	67.48 bc	27.10 b
7	48 K ₂ O (80% R) + 200 Z	12.28 a	82.12 abc	69.16 c	26.77 ab
8	36 K ₂ O (60% R) + 200 Z	11.95 a	84.24 a-d	62.10 abc	27.23 b
9	60 K ₂ O (100% R) + 250 Z	14.10 a	86.85 bcd	68.83 c	26.93 ab
10	48 K ₂ O (80% R) + 250 Z	12.75 a	84.73 a-d	60.65 abc	27.27 b
11	36 K ₂ O (60% R) + 250 Z	12.30 a	82.98 abc	59.93 abc	26.90 ab
12	60 K ₂ O (100% R) + 300 Z	13.27 a	87.28 bcd	65.89 abc	27.27 b
13	48 K ₂ O (80% R) + 300 Z	13.90 a	89.72 d	65.47 abc	26.93 ab
14	36 K ₂ O (60% R) + 300 Z	12.27 a	83.64 a-d	57.05 abc	26.70 ab
	CV (%)	13.13	6.14	11.75	1.84

Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata tpa taraf 0,05 DMRT. R: Dosis K Rekomendasi.

Hasil. Hasil panen gabah kering giling (GKG) IR 64 bervariasi tergantung pada perlakuan pupuk yang diberikan. Makin banyak pupuk K yang digunakan makin tinggi hasil padi yang dapat dipanen. Hasilnya berkisar antara 3,82-4,54 t/ha. Hasil tertinggi dicapai pada perlakuan 60 kg/ha K₂O (100% R) + 200 kg/ha zeolit dan terendah pada perlakuan kontrol. Pemberian zeolit sampai pada takaran 300 kg/ha meskipun tidak nyata dapat menaikkan hasil panen padi pada berbagai dosis pupuk K (60%-100% R), tetapi efisiensi K pada umumnya dapat ditingkatkan dengan pemberian zeolit (Tabel 11).

Jumlah gabah yang dapat dihasilkan dari tiap pemberian kg pupuk K pada dosis 60 kg/ha K₂O (100% R) adalah 9,83 kg. Pada dosis ini produksi gabah dari tiap kg K berturut-turut naik mendekati 12 dan 14 kg apabila selain pupuk K masing-masing tanaman juga memperoleh 200 dan 300

kg/ha zeolit. Perihal yang serupa juga terjadi pada dosis K yang diturunkan. Efisiensi K karena adanya pemberian 250 dan 300 kg zeolit/ha pada dosis pemberian 80% R pupuk K berturut-turut meningkat dari 8,33 menjadi 9,00 dan 10,28. Sedang pada dosis 60% R pupuk K berturut-turut meningkat dari 7,08 menjadi 7,78 dan 7,50 masing-masing untuk perlakuan zeolit 250 dan 300 kg/ha. Pengaruh zeolit Plus juga telah dievaluasi terhadap penampilan pertumbuhan tanaman dan produksi IR 64 dengan pembandingan zeolit murni tanpa tambahan hara. Dari hasil evaluasi menunjukkan bahwa pemberian zeolit tidak banyak mempengaruhi tinggi tanaman, baik pada kondisi lapangan di Tamanbogo maupun di Jakenan dan di rumah kaca pada media tanah dari kedua lokasi tersebut. Sementara itu tanaman di lapangan yang diberi zeolit plus di Jakenan sedikit lebih tinggi dibanding kontrol maupun perlakuan zeolit (Gambar 1).

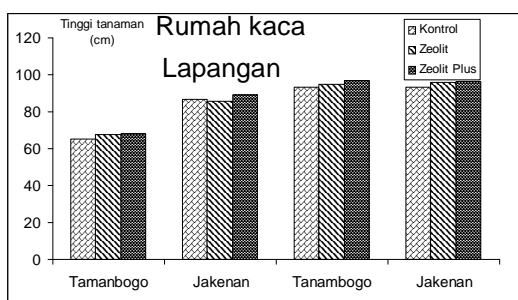
Tabel 11. Hasil IR 64 dan efisiensi K pada berbagai perlakuan kombinasi pupuk K dan Zeolit, Jakenan MH 1999/2000

	Perlakuan (kg/ha)	Hasil GKG (t/ha)	Efisiensi K (kg gabah/kg K)
1	Kontrol	3.82 a	
2	250 Zeolit (Z)	3.99 ab	
3	60 K ₂ O (100% R)	4.41 ab	9.83
4	48 K ₂ O (80% R)	4.12 ab	8.33
5	36 k ₂ O (60% R)	4.16 ab	7.08
6	60 k ₂ O (100% R) + 200 Z	4.4 b	12.00
7	48 K ₂ O (80% R) + 200 Z	4.20 ab	7.92
8	36 K ₂ O (60% R) + 200 Z	4.06 ab	6.67
9	60 K ₂ O (100% R) + 250 Z	4.29 ab	9.79
10	48 K ₂ O (80% R) + 250 Z	4.36 ab	9.00
11	36 K ₂ O (60% R) + 250 Z	4.10 ab	7.78
12	60 K ₂ O (100% R) + 300 Z	4.50 b	14.17
13	48 K ₂ O (80% R) + 300 Z	4.19 ab	10.28
14	36 K ₂ O (60% R) + 300 Z	4.27 ab	7.50
	CV (%)	11.67	

Angka-angka pada kolom sama diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata tapa taraf 0,05 DMRT.

R: Dosis K Rekomendasiapa

Hal ini dimungkinkan karena pemberian zeolit plus disamping dapat meningkatkan efisiensi pupuk juga diperkaya dengan sejumlah hara. Pola yang serupa ditunjukkan pada variabel jumlah anakan (Gambar 2).



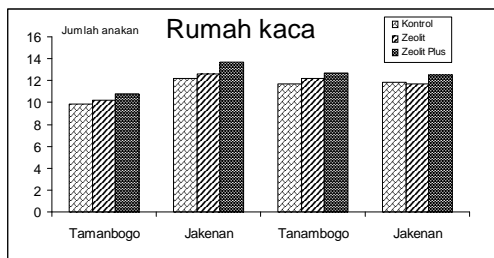
Gambar 1. Tinggi tanaman IR 64 pada perlakuan 250 kg/ha zeolit dan zeolit plus dalam kondisi lapangan di Tamanbogo dan Jakenan dan di rumah kaca Sukamandi dengan media tanah Tamanbogo dan Jakenan, MH 1999/2000.

Pada tabel 12 tampak bahwa pada dosis yang sama, pemberian zeolit plus memberikan hasil panen IR 64 lebih tinggi dibanding perlakuan zeolit, kecuali pada kondisi di lapangan dengan perlakuan 10 t/ha. Hal ini disebabkan karena tanaman terserang penyakit hawar daun dan busuk batang akibat pertumbuhan tanaman yang begitu rimbun disertai kelembaban yang tinggi disekitar kanopi. Sebagai gambaran bahwa pada perlakuan 10 t/ha zeolit plus jumlah anakan dapat mencapai 23 atau sekitar 575 per m² di Tamanbogo dan 25 atau sekitar 625 per m² di Jakenan. Keadaan yang normal pada umumnya jumlah anakan berkisar antara 325-400 per m².

Tabel 12. Hasil gabah kering giling IR 64 pada berbagai perlakuan zeolit di beberapa lokasi, MH 1999/2000

Perlakuan (t/ha)	Hasil gabah kering giling (GKG)			
	Lapangan (t/ha)		Rumah kaca g/ha setara (t/ha)	
	Tamanbogo	Jakenan	Tamanbogo	Jakenan
Kontrol	3.04	3.82	32.02 (5.20)	26.53 (4.18)
0.25 Zeolit	3.36	3.99	33.38 (5.19)	28.31 (4.53)
0.25 Zeolit Plus	3.72	4.03	36.69 (5.79)	27.00 (4.22)
5.00 Zeolit			40.18 (6.33)	36.27 (5.71)
5.00 Zeolit Plus			55.77 (8.79)	50.53 (7.96)
10.00 Zeolit	4.87	4.21	46.58 (7.33)	45.13 (7.11)
10.00 Zeolit Plus	4.51	3.91	73.89 (11.64)	74.70 (11.73)

Angka dalam kurung hasil konversi dalam t/ha..



Gambar 2. Jumlah anakan IR 64 pada perlakuan 250 kg/ha zeolit dan zeolit plus dalam kondisi lapangan di Tamanbogo dan Jakenan dan di rumah kaca Sukamandi dengan media tanah Tamanbogo dan Jakenan, MH 1999/2000.

Pada di kondisi rumah kaca dimana dalam satu pot hanya ada satu rumpun padi dan pot-pot disusun dalam jarak tidak rapat, tanaman dalam pot dapat terhindar dari gangguan penyakit. Hasil padi yang dapat diperoleh mencapai 55,77 gram/pot sekitar 8,79 t/ha pada perlakuan 5 t/ha dan 73,98 gram per pot atau dan 11,64 t/ha untuk tanah asal Tanambogo. Sedangkan untuk tanah Jakenan mencapai 50,53 gram/pot atau sekitar 7,96 t/ha pada perlakuan 5 t/ha dan 74,70 gram per pot atau sekitar 11,73 t/ha pada perlakuan 10 t/ha zeolit plus. Perlu diketahui bahwa tujuan utama dari penggunaan dosis pemberian zeolit yang tinggi adalah untuk menaikkan KTK tanah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Untuk menghasilkan produksi padi yang tinggi pada tanah Podzolik seperti di Tamanbogo membutuhkan pemberian

pupuk P. Zeolit yang diberikan bersama pupuk P meskipun tidak nyata dapat menaikkan hasil, tetapi berguna untuk meningkatkan efisiensi. Pemberian 300 kg/ha zeolit dapat mengurangi pemakaian pupuk sekitar 20% P. Perihal yang serupa berlaku untuk pupuk K pada tanah Planosol seperti di Jakenan. Zeolit plus yang sudah diperkaya dengan sejumlah unsur hara memberikan kinerja yang lebih baik dibanding zeolit tanpa tambahan hara. Pemberian zeolit plus dosis tinggi (5-10 t/ha) untuk menaikkan KTK tanah, pada kondisi di rumah kaca dapat memberikan hasil GKG sekitar 11,9 t/ha tetapi di lapangan hasilnya turun karena serangan penyakit lebih berat akibat tanaman terlalu rimbun dan kelembaban yang tinggi disekitar kanopi. Oleh sebab itu perlu didapatkan dosis zeolit plus yang lebih tepat, bukan saja untuk meningkatkan efisien semata tetapi juga agar pemakaiannya dapat terjangkau oleh petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjit, D.A. 1993. Kebijakan swasembada dan ketahanan pangan. Makalah disajikan dalam Simposium Tanaman Pangan III di Jakarta/Bogor, tanggal 23-25 Agustus 1993.
- Aisyah, D.S. 1990. Pengaruh pemberian zeolit aktivasi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi. Lembaga Penelitian UNPAD, Bandung.
- Badan Litbang Pertanian. 1993. Lima Tahun Penelitian dan Pengembangan Pertanian 1987-

1993. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. 116 p.
- De datta, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley and Sons, New York, Toronto. 618 p.
- Sarief, H.S. 1990. Peranan zeolit di bidang pertanian. Seminar nasional zeo-agroindustri. 18-19 Juli 1990. HKTl & PPSKI, Bandung, unpublished.

Zeoponik sebagai Media Tanam pada Budidaya Tanaman Hortikultura

Suwardi¹ dan M. Bagus Pangestu²

¹Staff Pengajar Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

²Mahasiswa Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Fakultas Pertanian, IPB Bpgor

Telp: (0251) 627792, Fax: (0251) 629358, E-mail: Soilipb@indo.net.id

ABSTRAK

Hidroponik merupakan metoda bercocok tanam pada media tumbuh tanaman (MTT) bukan tanah; dapat menggunakan air, pasir, kerikil, arang, atau bahan lain yang dicampur dengan bahan-bahan yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Salah satu kelemahan dari MTT yang ada pada saat ini adalah rendahnya daya sangga terhadap daya hantar listrik (DHL) yang dapat mengganggu penyerapan hara oleh tanaman. Hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya nilai kapasitas tukar kation (KTK) atau daya pegang media tersebut terhadap unsur hara. Zeoponik merupakan MTT yang dibuat dengan bahan dasar zeolit dan dicampur dengan bahan-bahan lain seperti kompos, gambut, vermikulit, pupuk, atau pun bahan lain yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Zeoponik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan media lain, yaitu: KTK yang tinggi sehingga daya sangga terhadap DHL dan efisiensi terhadap pemupukan tinggi, cocok sebagai media perkecambahan benih dan media pertumbuhan tanaman hortikultura, sifat zeolit cukup stabil, dan penampilannya lebih menarik. Dengan kelebihan-kelebihan seperti yang telah disebutkan di atas, zeoponik menjadi alternatif bahan media tumbuh tanaman yang berpotensi dalam meningkatkan produksi tanaman hortikultura dan juga untuk keperluan pembibitan tanaman perkebunan maupun kehutanan. Selain itu, dengan zeoponik cara bercocok tanam dengan sistem hidroponik menjadi semakin mudah dilakukan.

Kata Kunci: *Zeoponik, media tumbuh tanaman, daya hantar listrik, tanaman hortikultura*

ABSTRACT

ZEOPONIC AS GROWTH MEDIA OF HORTICULTURE PLANTS. *Hydroponic is a method to growing up plant on non soil plant growth media (PGM) such as water, sand, gravel, carbon etc which mixes with other materials needed to grow the plants. The weaknesses of PGM are the low buffering capacity on electrical conductivity which can disturb the absorption of nutrients by plants. This can be caused by the low cation exchange capacity rate on the holding capacity of the media on nutrients. PGM such as zeoponic is made from zeolite and other materials like compost, peat moss, vermiculite, fertilizer, etc. The superiority of zeolite namely high cation exchange capacity and fertilizing efficiency rate, suitable for seed germination media and horticulture plant growth media, stable and more attractive performance. With these superiority, zeoponic became an alternative PGM which potential to increase horticulture plant production and to accommodate germination, both plantation and forestry. More over zeoponic made hydroponic became much easier to be done.*

Keywords: *Zeoponic, plant growth media, electrical conductivity, horticulture plant*

PENDAHULUAN

Hidroponik merupakan metoda bercocok tanam pada media tumbuh tanaman (MTT) bukan tanah; dapat menggunakan air, pasir, kerikil, arang, atau bahan lain yang dicampur dengan bahan-bahan yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Istilah hidroponik telah banyak dikenal, terutama oleh mereka yang senang berkecimpung dalam kegiatan budidaya tanaman hortikultura seperti bunga, buah-buahan dan sayuran. Dengan semakin sempitnya lahan pertanian di kota-kota, sistem penanaman hidroponik merupakan suatu alternatif yang layak dipertimbangkan untuk memproduksi sayuran maupun buah-buahan, baik untuk hobi maupun untuk usaha. Pada umumnya, MTT yang tersedia saat ini, terdiri dari campuran bahan-bahan yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Dalam pembuatan MTT, sifat fisik dan kimia media harus diperhitungkan agar tanaman dapat tumbuh optimal. Di antara sifat-sifat fisik yang penting dan perlu diperhitungkan dalam pembuatan MTT adalah bobot isi, ruang pori, dan daya pegang air. Untuk memperoleh sifat fisik yang baik, ke dalam MTT umumnya ditambahkan kompos atau gambut atau bahan lain yang dapat mengurangi bobot isi dan meningkatkan ruang pori serta daya pegang air. Sifat-sifat kimia MTT yang penting diantaranya pH, daya hantar listrik (DHL), dan kapasitas tukar kation (KTK).

Salah satu kelemahan dari MTT yang ada pada saat ini adalah rendahnya daya sangga terhadap DHL yang dapat mengganggu penyerapan hara oleh tanaman. Hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya nilai KTK atau daya pegang media tersebut terhadap unsur hara. Nitrogen yang diberikan dalam bentuk amonium ke dalam MTT akan segera berubah menjadi nitrat. Nitrat yang terdapat dalam media menyebabkan peningkatan DHL yang akhirnya menyulitkan sistem pengambilan unsur hara dari media tersebut. Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan suatu bahan yang memiliki KTK yang tinggi, sehingga daya sangga terhadap lonjakan DHL menjadi tinggi pula. Zeolit merupakan mineral silikat berongga yang memiliki nilai KTK tinggi sehingga diharapkan dapat mengatasi permasalahan pada MTT di atas.

ZEOPONIK

Zeoponik merupakan media tumbuh tanaman yang dibuat dengan bahan dasar zeolit dan dicampur dengan bahan-bahan lain seperti kompos, gambut, vermikulit, pupuk, ataupun bahan lain yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman.

Bahan-Bahan Pembuatan Zeoponik

Zeolit

Zeolit merupakan mineral silikat berongga yang mempunyai KTK sangat tinggi (bervariasi antara 80 sampai 180 meq/100g) tergantung dari kadar zeolitnya. KTK yang tinggi pada zeolit menyebabkan zeolit mempunyai kemampuan untuk menukarkan kation-kationnya dengan kation lain. Kation-kation dalam zeolit yang penting bagi tanaman adalah kalium dan kalsium. Disamping itu, rongga-rongga di dalam zeolit mempunyai ukuran yang sangat sesuai dengan ukuran ion amonium sehingga zeolit mempunyai daya jerap yang tinggi terhadap amonium (Goto, 1990). Sifat ini dimanfaatkan untuk mempromosikan zeolit sebagai bahan pupuk penyedia lambat (*slow release fertilizer*).

Indonesia sangat kaya akan deposit zeolit karena dilalui oleh deretan gunung api. Zeolit di Indonesia umumnya terbentuk dari aktivitas gunung api yang terjadi setelah masa tersier muda (Minato, 1994). Dua jenis zeolit, Mordenit dan Klinoptilolit, umum dijumpai pada bukit-bukit yang mengandung deposit. Menurut Pusat Pengembangan Teknologi Mineral (1990), tidak kurang dari 47 deposit zeolit telah ditemukan di Indonesia, tersebar di Sumatera, Jawa, dan Nusa Tenggara. Namun demikian, yang telah diusahakan penambangannya masih terpusat di daerah Jawa Barat seperti Cikembar dan Cikalong, serta daerah Banten seperti Bayah.

Zeolit yang digunakan untuk bahan pembuatan zeoponik dapat dari jenis klinoptilolit, mordenit, atau jenis zeolit yang lain. Klinoptilolit umumnya mengandung kalium yang tinggi, sedangkan mordenit mengandung kalsium tinggi. Kedua unsur tersebut sangat penting bagi tanaman. Dari zeolit yang lebih penting dari zeolit bukanlah jenisnya, melainkan besarnya

KTK. Nilai KTK diharapkan lebih dari 100 meq/100g. Nilai KTK yang tinggi diperlukan untuk menjerap sementara amonium sehingga dapat berfungsi untuk mempertahankan DHL serendah mungkin. KTK zeolit sangat bervariasi dari satu deposit ke deposit lainnya (Suwardi, *et al.*, 1994). Oleh karena itu, perlu terlebih dahulu dilakukan penetapan KTK sebelum zeolit digunakan. Agar zeoponik mempunyai ruang pori yang baik, zeolit yang digunakan sebaiknya berukuran 1-3 mm. Jika fraksi halus yang digunakan terlalu banyak, aerasi di dalam zeoponik akan berkurang sehingga dapat mengakibatkan terganggunya perkembangan akar.

Kompos

Kompos sangat diperlukan sebagai sumber bahan organik dan unsur hara, meningkatkan daya jerap MTT terhadap air, dan sebagai sumber bakteri nitrifikasi. Kompos yang digunakan dapat berasal dari kotoran hewan ataupun sisa-sisa tanaman. Pada umumnya kompos memiliki ukuran yang beragam, dan bahkan sering mengandung bahan-bahan yang sulit terdekomposisi seperti plastik, batang kayu, dan ranting. Bahan-bahan tersebut dipisahkan dari kompos dengan cara penyaringan. Saringan yang digunakan berukuran 5 mm. Di dalam kompos banyak terdapat mikroorganisme, termasuk bakteri nitrifikasi, perubah amonium menjadi nitrat yang sangat diperlukan dalam MTT. Bakteri tersebut berfungsi sebagai perubah bentuk amonium yang diberikan dalam bentuk pupuk menjadi nitrat. Bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* bekerja baik dalam keadaan cukup oksigen. Oleh karena itu, ruang pori dalam MTT harus cukup tersedia.

Bahan Peningkat pH

Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh pH tempat tumbuhnya. Pada umumnya, MTT yang telah disiapkan dari bahan zeolit dan kompos bereaksi masam. Untuk meningkatkan pH media, dapat menggunakan bahan kapur, seperti kalsit, dolomit, terak baja, atau bahan lain. Pada umumnya pH media antara 6,5 sampai 7,0 cocok bagi sebagian besar tanaman hortikultura.

Pupuk

Unsur-unsur yang perlu ditambahkan ke dalam zeoponik adalah N, P, K, Ca, Mg, dan S. Untuk memenuhi kebutuhan tanaman unsur-unsur tersebut ditambahkan melalui pupuk. Sebagai pupuk nitrogen dapat digunakan urea, sedangkan untuk sumber pupuk fosfor dapat menggunakan pupuk TSP yang telah ditumbuk halus. Pupuk kalium dan kalsium sebenarnya dapat dipenuhi dari zeolit. Untuk unsur mikro dapat bersumber dari kompos dan terak baja, jika bahan tersebut digunakan sebagai bahan peningkat pH. Dalam zeoponik, komposisi zeolit dapat berkisar antara 60 sampai 80%, sisanya kompos atau gambut, bahan kapur, dan pupuk. Setelah bahan-bahan untuk zeoponik disiapkan, dicampur secara merata kemudian dikemas dalam kantong-kantong plastik. Zeoponik siap dipakai sebagai MTT hortikultura ataupun mediapembibitan tanamanperkebunan atau kehutanan.

Kelebihan Zeoponik

1. Sifat-sifat Fisik dan Kimia Zeoponik

Analisa yang dilakukan terhadap zeoponik (Tabel 1) menunjukkan nilai KTK zeoponik dua kali media-A dan lima kali Media-B, dimana media A dan B merupakan MTT yang selama ini digunakan oleh petani di jepang untuk pembibitan dan penanaman tanaman hortikultura di rumah kaca. Dengan KTK yang tinggi tersebut, efisiensi zeoponik terhadap pemupukan dan daya sangga terhadap DHL menjadi lebih tinggi.

Zeoponik juga memiliki kemampuan untuk menjerap amonium yang lebih tinggi dibandingkan media lainnya. Kadar nitrat, kalium, dan kalsium pada zeoponik juga lebih tinggi. Unsur hara tersebut sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Namun demikian, zeoponik masih tetap dapat mempertahankan DHL-nya hanya 0,77 mS/cm sehingga kadar nitrat yang tinggi (18 mg/100g) tidak mengganggu pertumbuhan tanaman. Demikian juga bobot isi dari zeoponik yang rendah dan daya pegang air yang tinggi merupakan sifat MTT yang dikehendaki.

Tabel 1. Perbandingan berbagai sifat fisik dan kimia MTT dari 3 jenis MTT

Sifat Fisik dan Kimia MTT	Jenis Media tumbuh Tanaman		
	Media A	Media B	Zeoponik
1. pH	6.50	6.40	6.80
2. DHL (mS/cm)	2.11	0.63	0.77
3. Amonium (mg/100g)	26.40	13.30	63.00
4. Nitrat (mg/100g)	5.22	4.45	18.70
5. KTK (meq/100g)	74.00	31.20	157.00
6. Kalsium (meq/100g)	7.35	2.01	34.20
7. Kalium (meq/100g)	4.44	0.96	51.80
8. Bobot Isi (g/cm ³)	0.74	0.86	0.50
9. Daya Pegang Air (%)	68.80	52.30	121.00

2. Media Perkecambahan Benih MTT Hortikultura

DHL yang sangat rendah diperlukan untuk perkecambahan benih. Beberapa hasil percobaan laboratorium maupun lapangan mendukung hal ini. Zeoponik juga mengandung unsur hara yang tinggi dibandingkan media lain, baik nitrat, amonium, kalium, dan kalsium yang sangat penting bagi tanaman.

Sifat Zeolit Cukup Stabil

Dalam zeoponik, zeolit cukup stabil, tidak mudah berubah atau rusak karena siraman air, sehingga zeoponik yang telah digunakan masih dapat digunakan lagi dengan cara menambahkan pupuk. Pupuk majemuk dengan takaran tertentu dapat dikemas untuk dicampurkan ke dalam zeoponik yang telah digunakan untuk penanaman berikutnya.

Penampilan Lebih Menarik

Kelebihan lain dari zeoponik adalah bentuknya yang indah dibandingkan MTT lain. Kristal zeolit yang berwarna kelabu kehijauan menambah indahnya zeoponik, terutama jika digunakan untuk tanaman bunga di pot yang diletakkan di atas meja atau ruangan-ruangan yang bersih, seperti ruang tamu atau ruang makan.

KESIMPULAN

1. Dengan kelebihan-kelebihan seperti yang telah disebutkan di atas, zeoponik menjadi alternatif bahan media tumbuh tanaman yang berpotensi dalam

meningkatkan produksi tanaman hortikultura.

2. Zeoponik dapat digunakan untuk keperluan pembibitan tanaman perkebunan dan kehutanan.
3. Dengan zeoponik yang memiliki banyak kelebihan, cara bercocok tanam dengan sistem hidroponik menjadi semakin mudah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Goto, I. 1990. The application of zeolite on Agriculture: Effect of Zeolite on Soil Improvement. Zeolite, vol. 7, No. 3, 8-15
2. Minato, H. 1994. Zeolites Resources and zeolite mineral in Indonesia. In natural zeolite and its utilization (Minato, ed.). committee for utilization of natural zeolites, JSPS.
3. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral. 1990. Kegunaan dan prospek zeolit di indonesia. Laporan Ekonomi bahan galian. No. 72.
4. Suwardi, Goto, I., and Ninaki, M. 1994. The quality of natural zeolites from japan and indonesia and their application effect for soil amandement. Journal of agricultural Sci., Tokyo Univ. of Agric. vol. 39, No. 3: 133-148.

Synthesis of Artificial Zeolite from Coal Fly Ash by Alkali Treatments

Bambang Triyatmo

Departement of Fisheries Faculty of Agriculture Gadjah Mada University
Sekip Unit 1 Yogyakarta 55282, Telp. 0274-551218, 0274-901293, Fax: 0274-563062
bangtri@faperta.ugm.ac.id

ABSTRACT

Coal fly ash was treated with alkali (NaOH) water solution by heating up to about 100 °C for 12 and 24 hours. The coal fly ash used in this experiment was obtained from PLTU (Steam Power Electric Station) Suralaya, West Java, Indonesia. It was passed through a wire sieve with filter size of 46 µm. The NaOH solutions were reacted 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 M. The final products of the reactions were designated as 'artificial zeolites'. Result of this experiment indicated that the cation exchange capacity (CEC) of 'artificial zeolites' were increased by increasing NaOH concentration up to 2,5 M. Higher CEC value of the 24 hours treated coal fly ash than that of the 12 hour treated ones. The CEC of 'artificial zeolites' increased by about 50 time for the coal fly ash. The XRD (X-ray Diffraction) pattern of the coal fly ash treated by 2,5 M NaOH which had highest CEC value were present new crystalline matters (possibility phillipsite) with sharp diffraction peaks at 2.7, 3.2, 3.3, 4.1, 5.1, 7.1 Å. The infrared (IR) spectrum of the 'artificial zeolite' exhibited the broad absorption band around 1,000 cm⁻¹ and at about 3,500 cm⁻¹. The analyzed 'artificial zeolite' showed steep descent around 100 °C in TG (Thermogravimetry), a small endothermic peak below 100 °C and a deep endothermic peak from 130 °C in DTA (Differential Thermal Analysis), representing presence of micropore structure of new zeolite species (probability phillipsite). The scanning electron micrograph of the 'artificial zeolite' showed spherical structure with chinks formed in the 2,5 M NaOH treatment.

Keywords: Coal fly ash, alkali treatment, zeolite.

INTRODUCTION

The zeolites are from a large family of aluminosilicates. In general the bulk composition of the zeolites tend to correlate with the parent rock-more aluminous zeolites are associated with rock deficient in silica and more siliceous zeolites are associated with rock high in silica. Some deposit can be primarily of one zeolite species and the deposits may contain little else than zeolites (Barrer, 1978).

The fundamental building units in natural zeolites are tetrahedra SiO₄ and AlO₄. Zeolite are tectosilicates, that is they are formed by the linking together of these tetrahedra to give three dimensional anionic networks in which each oxygen of a given tetrahedron is shared between this tetrahedron and one of four others. Thus there are no unshared oxygens in the frameworks. This fact mean that in all

tectosilicates (zeolites, felspar and felspathoids) (Al+Si):O = 1:2. For every Si^{IV} which is replaced in the framework by Al^{III} a negative charge is created which is neutralized by an electrochemical equivalent of cations (Barrer, 1978). According to the geological point of view, potentially Indonesia may have abundant natural zeolite resources. The larger part of the region consists of volcanic rocks, including fine grained rhyolitic pyroclastic rocks, the parent material of zeolites (Husaini and Hardjatmo, 1996).

Natural zeolites in Indonesia were found widespread in Java, Sumatera, Sulawesi, Flores and Lombok islands. Of five zeolites (Clinoptilolite, Modernite, Chabazite, Crionite and Phillipsite) which are generally considered to be significant for industry, only Modernite and Clinoptilolite are found in Indonesia so far. The two mineral are found together in varied proportion. In

general, Modernite is more dominant than Clinoptilolite, especially in Tasikmalaya and Malang which may contain to 84 % by weight and have CEC (Cation Exchange Capacity) more than 180 meq/100 g. The common associated minerals are quartz, cristobalite, feldspar, illite and smectite (Husaini and Hardjatmo, 1996).

On the other hand, in Indonesia there are many factories and electric power stations are discharging the waste coal fly ash. The factory and electric power station use coal and for pulverized coal as fuel. Therefore development of a technique for the treatment of coal fly ash is in dispensable to the recycling and utilisation of the waste matters.

The three properties of zeolites which have industrial and agricultural potential are their capacities to sorb gases, vapors and liquids; catalyze reactions; and to act as cation exchanges (Barrer, 1978). Zeolite absorbents are useful for removal of NH_4^+ from effluent, fish tank and reservoirs and for extraction of copper, lead, cadmium, zinc, barium, silver, iron and other metals from industrial effluent. As additive combined with fodder, zeolite can be used for feeding poultry and other animals, for deodorizing castle yards, for taking up colour in oil industrial, for scrubbing natural and industrial gases, for production of oxygen enriched air. Zeolite absorbents can be used as carrier in agriculture fixer of radioisotope (Setiadji, 1996).

Other applications of zeolite are as a solid support for the chromatographic and preparation of catalyst, as ion exchanger in water treatment, drying of gases and liquids, gas purifier on gas purification system, oxygen enrichment of air, deactivation of radioactive effluents. Filtration of drinking water and purification of effluents. Extraction of metals from complex solutions and industrial wastes. Zeolites are also as a filler in the paper and rubber industries. Some further applications in agriculture for protection of environmental have been developed (Setiadji, 1996).

Zeolite is routinely used in shrimp ponds in Taiwan to treat water when the water turbid and sticky. The mineral possesses unique

properties due to its crystalline structure and resulting molecular-sized cavities. These cavities serve as a molecular sieve that absorbs particular gases, such as H_2S , SO_2 , and CO_2 (Chaimberlain, 1988 cit. Chien, 1993). Zeolite is still widely used by shrimp farmers in Asia (included Indonesia). It appears that zeolite can adsorb suspended particles and clear the water. It is also said zeolite is favourable for the development of diatom population, probably because zeolite contains silicate (Chien, 1993).

The present study was concerned with an experiment to treat the coal fly ash with alkali (NaOH) solution for the purpose of transforming into materials having high cation exchange capacity. The final products of the reaction were designated as 'artificial zeolites', which are useful in many industrial fields, agriculture, and water quality management.

MATERIAL AND METHODS

1. Coal Fly Ash

In this experiment, the coal fly ash used was obtained from PLTU (Steam Power Electric Station) Suralaya, West Java, Indonesia. The chemical composition of the coal fly ash namely SiO_2 (46.7 %), Al_2O_3 (31.2 %), CaO (7.8 %), Fe_2O_3 (5.0 %), K_2O (4.6 %), Na_2O (3.0 %) and TiO_2 (2.8 %). The coal fly ash was passed through a wire sieve with filter size of 46 μm , in order to separate reactive fraction at small particle size.

2. Alkali (NaOH) Treatments

The coal fly ash was reacted by alkali (NaOH) solution. The sodium hydroxide (NaOH) solutions were prepared 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 M. Each sample (20 g) and each NaOH solution (160 ml) were taken into an Erlenmeyer flask (capacity 1 l) to make slurry, respectively. The slurry in the flasks attached with reflux condenser was heated up to about 100 °C for 12 and 24 hour on the hot plates. After finishing treatment, the solid was separated from the reacted slurry and excessive sodium hydroxide solution in the solid was washed using distilled water. The final products of

the reaction were designated as 'artificial zeolites'.

3. The Physical and Chemical Analysis

Cation exchange capacity (CEC) was determined by the method of Aomine and Harada (1971 cit. Henmi, 1987). The samples were saturated with Ca^{2+} using CaCl_2 1 N, washed using ethanol 80 % and then the saturated Ca^{2+} ions in each sample was extracted with NH_4Cl 1 N. The Ca^{2+} ions were determined by Atomic Absorption Spectrophotometer (Z-5000 Polarized Zeeman AAS, Hitachi). X-ray diffraction pattern was taken by a Rigaku Geigerflex D/Max-A system using $\text{CoK}\alpha$ X-radiation at 30 kV and 10 mA at scanning speed 2 °/minute with interval of 0.01 ° in the range of 3 to 60 °. For the infrared (IR) spectra analysis, the sample was mixed with oven-dried IR grade KBr at the ratio 1 mg sample to 199 mg KBr, and pressed into the a transparent disc. The disc was scanned over the wave number range of 250-4500 cm^{-1} by Infrared Spectrophotometer (FTIR-8300, Shimadzu).

Thermogravity and differential thermal analysis of the samples were measured by heating up to 1000 °C using Thermogravimetric - Differential Thermal Analyzer (TG-DTA Thermo plus TG 8120, Rigaku). Thermogravity and differential scanning calorimetry of the samples were measured by heating up to 600 °C using Thermogravimetric - Differential Scanning Colorimeter (TG-DSC Thermo plus TG 8110, Rigaku). Heating rates was 10 °C minute^{-1} on the 10 mg sample in the TG-DTA or TG-DSC. The scanning electron micrograph was used to observe the samples (coal fly ash and hydrothermal products as 'artificial zeolites'). Acetone and Au solution were used as medium to place the sample in the sample holder. **RESULTS AND DISCUSSION**

1. Cation Exchange Capacity (CEC)

The CECs of coal fly ash which were reacted by alkali (NaOH) solutions shown in figures as follows (appendix 1). Zeolite holds the position of tectosilicates in classification of mineralogy. Namely, the crystal structure of tectosilicates is built up of SiO_4 tetrahedra and AlO_4 tetrahedra of fundamental constituent units. The Al in 4-

fold coordination, which exists in AlO_4 tetrahedral sites, gives rise to permanent negative charge of zeolite. Consequently, the mineral generally has high value of CEC which is independent on pH (Henmi, 1987). The CEC of 'artificial zeolites' from the treated coal fly ash were increased by increasing NaOH concentration up to 2.5 M. The CECs were decreased with NaOH concentration more than these value. Higher CEC value of the 24 hours treated coal fly ash than that of the 12 hour treated ones was probably attributed to maturity of zeolization for the coal fly ashes with treatment of longer period.

The CEC value of the coal fly ash before treatment was 6.3 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$. The maximum CEC of the coal fly ash were 312.3 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ at 2.5 M NaOH for 12 hours reaction and 346.1 $\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ at 2.5 M NaOH for 24 hours reaction. The CEC values increased by about 50 time for the coal fly ash. The measured high CEC of the treated coal fly ash can be easily related to great amount of permanent negative charge of 'artificial zeolite' formed.

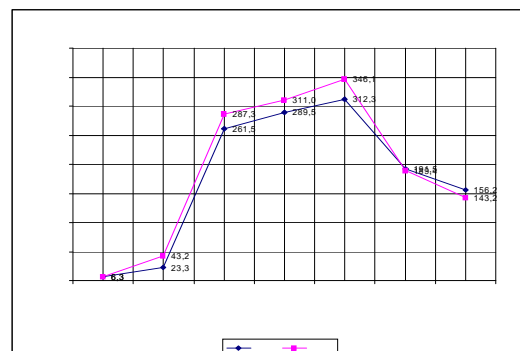


Figure The CECs of the coal fly ash which were reacted by alkali (NaOH) solutions for 12 hours and 24 hours.

The CEC of the 'artificial zeolite' is due to the formation of alumino silicate species possessing the framed structure of Si-O-Al (Fe) in hot alkaline solution (Ming and Mumpton, 1989 cit. Lee et al., 1998). The solubility of Si increases rapidly above pH 9 due to the ionization of monosilicic acid (Alexander et al., 1954 cit. Lee et al., 1998). Aluminum (Al) solubility increases above pH 8 where the $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ion predominates (Marion et al., 1976 cit. Lee et al., 1998) so substituted Al for Si increased with increasing pH above 8. The greater the substitution, the more alkaline or alkaline

earth cations needed to maintain electrical neutrality, leading to the higher CEC (Lee et al., 1998).

Additionally in zeolites but not in feldspars or some feldspathoids the framework is sufficiently open to accommodate water molecules as well as cations. This openness imparts characteristic zeolite properties. The water molecules can move easily within the crystals and so can the cations. These ions there for undergo ready exchange with other cations, and the water molecule can be removed or replaced in a continuous manner and often reversible. Sorption isotherms do not normally show steps such as are found in crystallohydrates.

2. X-ray Diffraction Pattern

The mechanism of the increase in CECs of the coal fly ash, before and after alkali treatments were examined by the X-ray powder diffraction (XRD) analysis. Only one sharp diffraction peak with maximum intensity around 3.4 Å appeared in the pattern of coal fly ash, indicating that the ash sample is almost amorphous. In general, coal fly ash is composed mainly of some oxides derived from inorganic compounds which remained after burning. Essential components of the coal fly ash were SiO₂ (46.7 %) and Al₂O₃ (31.2 %). As minor components were CaO (7.8 %), Fe₂O₃ (5.0 %), K₂O (4.6 %), Na₂O (3.0 %) and TiO₂ (2.8 %). The components in the coal fly ash were present in the state of glass resulted from fusion during combustion of coal. In other words, coal fly ash can be referred to as a kind of amorphous aluminosilicates containing some impurities (Henmi, 1987).

The XRD pattern of the coal fly ash after the alkali treatment for 12 and 24 hours were also observed. Several sharp diffraction peaks are observed in the patterns, showing that crystalline matter which were not included in the coal fly ash before the treatment were present in the treated coal fly ash ('artificial zeolite').

The position (d spacing) and relative intensity of these diffraction peaks were identified by using Powder Diffraction File (ICDD, 1995) and XRD Powder Patterns for Zeolites (Treacy, et al., 1996). The XRD

pattern of the coal fly ash treated by 2.5 M NaOH which had highest CEC (cation exchangeable capacity) value, respectively, was present new crystalline matters. This indicates that the new crystalline matters were possibility phillipsite for the 'artificial zeolites' (2.7, 3.2, 3.3, 4.1, 5.1, 7.1 Å). The diffraction patterns were most intensive to be identified in the 'artificial zeolite' which had highest CEC value.

3. Infrared (IR) Spectra Analysis

The IR spectrum of the coal fly ash before treatment exhibited the broad absorption band near wave length of 1,100 cm⁻¹ which was attributed to Si-O-Si antisymmetric stretching vibration. The band indicated presence of amorphous silicate glass (Henmi, 1987 cit. Lee et al., 1998). On the other hand, the IR spectrum of the 'artificial zeolite' from the coal fly ash exhibited the broad absorption band around 1,000 cm⁻¹, which was attributed to Si-O-Al symmetric stretching vibration. The band shift revealed that the Si-O-Si bonding mode became changed to Si-O-Al bonding mode during the hydrothermal treatment. Substitution of the quadrivalent Si by trivalent Al (and Fe⁺³) caused to a deficiency of positive charge in the frame work. This charge was balanced by Na⁺ ion in hydrothermal treatment and the Na⁺ ion could exchange other cations such Ca²⁺. The absorption band was some deep broad in the 'artificial zeolite' from the coal fly ash. The absorption band at about 3,500 cm⁻¹ was corresponded to O-H bonding vibration (White and Roth, 1986).

4. Thermogravity (TG), Differential Thermal Analysis (DTA), and Differential Scanning Colorimetry (DSC)

Thermogravity (TG) is a weight-change curve associated with step heating. Differential Thermal Analysis (DTA) is a technique of recording the difference in temperature between a substance and a reference material as the two specimens are subjected to identical temperature regimes in an environment heated at a controlled rate. The merit of differential thermal analysis is that energy change occurring in the sample, during heating are

clearly observable, provided sensitivities adequate, and that the peak area reflects the energy involved. Differential scanning calorimetry (DSC) is the difference in energy inputs into the sample reference material, when both are subjected to a controlled temperature program. The detection system in DSC is more variable than for DTA (Paterson and Swaffield, 1987). In the coal fly ash, there was no steep descent in TG around 100 °C. It implied that there were little water loss because of little development of macropore and micropore in the coal fly ash. In DTA, there were two exothermic peaks around 250 and 650 °C.

There was steep descent around 100 °C in TG representing water evaporation from pore structures developed by hydrothermal reaction. In DTA, there was a small endothermic peak below 100 °C representing heat loss by evaporation of water held in macropores structure of 'artificial zeolite' (probability phillipsite). There was also a deep endothermic peak from 130 °C representing presence of micropore structure of new zeolite species (probability phillipsite).

5. Scanning Electron Micrograph

The hydrothermal alteration of glass depends on temperature, chemical composition and pH of the solution, chemical composition of starting material, and the existence of an open or closed system during the alteration process (Holler and Wirsching, 1978 cit. Lee et al., 1998). In hydrothermal reaction where aqueous bases were involved, the hydroxyl could be bonded to the aluminum in preference to the silicon atoms, the crystallization was also occurred by the copolymerization of the dissolved silicate and aluminate species. The rate of crystallization and the stability of the sodium zeolite phases were optimum in the vicinity of 100 °C (Breck, 1974 cit. Lee et al., 1998).

The scanning electron micrograph of the coal fly ash showed spherical shape without pore, and its surface was glassy or flecked, resulting from the melting of silicate minerals during coal combustion and the condensing of oxides, carbonates and/or sulphate during the precipitation (Warren and Dudas, 1984 cit. Lee et al., 1998).

After reaction with NaOH, Large sphere structure of coal fly ash was transformed into three-dimensional sieve structure that aggregated to form the irregular forms in their shape and the reaction proceeded with increased NaOH concentration, spherical three dimensional was developed gradually. However, chinks were occurred in the spherical structure after the reaction with 1.0-2.5 M NaOH.

CONCLUSION

The cation exchange capacity (CEC) of 'artificial zeolites' were increased by increasing NaOH concentration up to 2,5 M. Higher CEC value of the 24 hours treated coal fly ash than that of the 12 hour treated ones. The CEC of 'artificial zeolites' increased by about 50 time for the coal fly ash. The XRD (X-ray Diffraction) pattern of the coal fly ash treated by 2,5 M NaOH which had highest CEC value were present new crystalline matters (possibility phillipsite) with sharp diffraction peaks at 2.7, 3.2, 3.3, 4.1, 5.1, 7.1 Å.

The infrared (IR) spectrum of the 'artificial zeolite' exhibited the broad absorption band around 1,000 cm^{-1} and at about 3,500 cm^{-1} . The analyzed 'artificial zeolite' showed steep descent around 100 °C in TG (Thermogravity), a small endothermic peak below 100 °C and a deep endothermic peak from 130 °C in DTA (Differential Thermal Analysis), representing presence of micropore structure of new zeolite species (probability phillipsite). The scanning electron micrograph of the 'artificial zeolite' showed spherical structure with chinks formed in the 2,5 M NaOH treatment.

ACKNOWLEDGMENT

It is great pleasure for me to express my sincere gratitude to Dr. Teruo Henmi my advisor and professor of Ehime University, Faculty of Agriculture, Laboratory of Environment Soil Science. Thanks for his invaluable guidance and scientific advice in the research. I also express my sincere appreciation to Dr. Naoto Matsue my advisor and associate professor of Ehime University, Faculty of Agriculture, Laboratory of Environment Soil Science for his support throughout important discussion in the research.

Appendix 1. Cation exchange capacity (CEC) value of coal fly ash (FA) which reacted by alkali (NaOH) solutions for 12 and 24 hours.

Samples + NaOH concentration	12 hours	24 hours
----- cmol _c .kg ⁻¹ -----		
FA + NaOH 0.0 M		6.3
FA + NaOH 0.5 M	23.3	43.2
FA + NaOH 1.0 M	261.5	287.3
FA + NaOH 1.5 M	289.5	311.0
FA + NaOH 2.5 M	312.3	346.1
FA + NaOH 3.5 M	191.5	189.4
FA + NaOH 4.5 M	156.2	143.2
ZS + NaOH 0.0 M		456.4

Explanation : ZS= Zeolite Synthetic, A4, Powder (Wako Pure Chemical industries, Ltd.)

I am thankful to Dr. Eko Hanudin, Dr. Erni Johan and member of Laboratory of Environment Soil, Faculty of Agriculture, Ehime University for their great help during experiment and preparation of this manuscript. I am also thankful to Prof. Dr. Kamiso Handoyo Nitimulyo .as Director of Fisheries Department and Dr. Iwan Yusuf Bambang Lelana as Staff Member of Fisheries Department for their kindness and moral support. I am thankful to Ir. Widiasmoro, MS., Drs. Sutarno, M.Si., Soeparno, S.Pi. and Nasih Widya Yuwono, S.P. for their great help to sent the samples of natural zeolite from Indonesia to Japan.

REFERENCES

- Barrer, R.M., 1978. Zeolites and clay minerals as sorbents and molecular sieves. Academic Press. London. 497 p.
- Chien, Y-H, 1993. Water quality requirements and management for marine shrimp culture. Technical Bulletin. American Soybean Association and U.S. Wheat Associates. p. : 30-39.
- Henmi, T., 1987. Synthesis of hydroxy-sodalite ("zeolite") from waste coal ash. Soil Sci. Plant. Nutr., 33 (3), 517-521, 1987.
- Husaini and Hardjatmo, 1996. Natural zeolite occurrences in Indonesia. Novel uses of inorganic natural resources. Seminar in Yogyakarta, Indonesia. May 14th, 1996. Gadjah Mada University - Murdoch University.
- ICDD, 1995. Powder diffraction file. International Centre for Diffraction Data. Pennsylvania, USA.
- Lee, D.B., K.B. Lee and T. Henmi, 1998. Utilization of sea water in the production of artificial zeolite from fly ash. J. Kor. Soc. Soil Sci. & Fert. 31(4): 334-341 (in English).
- Patterson, E. and R. Swaffield, 1987. Thermal analysis. In a handbook of determinative methods in clay mineralogy. Blackie. Chapman and Hall, New York. P.: 99-131.
- Setiadji, AHB, 1996. Novel uses of natural zeolites. Seminar in Yogyakarta, Indonesia. May 14th, 1996. Gadjah Mada University - Murdoch University.
- Smykatz-Kloss, W., 1974. Differential thermal analysis. Application and results in mineralogy (Mineral and rocks, v.11). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 185 p.
- Treacy, M.M.J., J.B. Higgins, and R. von Ballmoos, 1996. Collection of simulated XRD powder pattern for zeolites. 3rd rev. ed. Published on behalf the Structure Commission of the International Zeolite Association. Elsevier.
- White, J.L. and C.B. Roth, 1986. Infrared Spectrometry. Methods of soil science. Part 1 : Physical and mineralogical methods. Second edition. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. p. : 291-330.

Improvement of Cation Exchange Capacity of Natural Zeolite with Alkali Treatments

Eko Hanudin¹, and Bambang Triyatmo²

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Gadjah Mada University

²Department of Fisheries, Faculty of Agriculture Gadjah Mada University

Sekip Unit 1 Yogyakarta 55282, Telp. 0274-548814, Fax: 0274-563062

E-mail: eko@faperta.ugm.ac.id

ABSTRACT

The natural zeolite was treated with alkali (NaOH) solution and heating at 100 °C for 12 and 24 hours. The natural zeolite was collected from Gunungkidul, Jogjakarta, Indonesia. The series of NaOH solutions was 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 M. The final product of the reaction (precipitate) was designated as 'activated natural zeolite (ANZ)'. The cation exchange capacity (CEC) of the ANZ increased with increasing NaOH concentration up to 1.5-3.5 M. Treatment with NaOH 3.5 M and 12 hours in period of hydrothermal reaction resulted in a maximum CEC (395.6 cmol.kg⁻¹). The maximum CEC also observed for treatment with NaOH 1,5 M, but consumed a longer time (24 hours). The increase in the CEC of the ANZ about 300 % higher than the original one. The XRD (X-ray Diffraction) peaks of the ANZ appear at 2.7, 3.2, 4.1, 5.1, 7.2 Å, this indicated a new crystalline matters (possibility phillipsite) present. Electron micrograph showed that the ANZ has a large cubic/prismatic structure with a perfect form.

Keywords: Natural zeolite, cation exchange capacity (CEC), alkali treatment

INTRODUCTION

Natural zeolites in Indonesia were found widespread in Java, Sumatera, Sulawesi, Flores and Lombok islands. According to the geological point of view, potentially Indonesia may have abundant natural zeolite resources. The larger part of the region consists of volcanic rocks, including fine grained rhyolitic pyroclastic rocks, the parent material of zeolites (Husaini and Hardjatmo, 1996).

The zeolites are from a large family of aluminosilicates. In general the bulk composition of the zeolites tend to correlate with the parent rock-more aluminous zeolites are associated with rock deficient in silica and more siliceous zeolites are associated with rock high in silica. Some deposit can be primarily of one zeolite species and the deposits may contain little else than zeolites (Barrer, 1978).

Of five zeolites (Clinoptilolite, Modernite, Chabazite, Crionite and Phillipsite) which

are generally considered to be significant for industry, only Modernite and Clinoptilolite are found in Indonesia so far. The two mineral are found together in varied proportion. In general, Modernite is more dominant than Clinoptilolite, especially in Tasikmalaya and Malang which may contain to 84 % by weight and have CEC (Cation Exchange Capacity) more than 180 meq/100 g. The common associated minerals are quartz, cristobalite, feldspar, illite and smectite (Husaini and Hardjatmo, 1996).

The fundamental building units in natural zeolites are tetrahedra SiO₄ and AlO₄. Zeolite are tectosilicates, that is they are formed by the linking together of these tetrahedra to give three dimensional anionic networks in which each oxygen of a given tetrahedron is shared between this tetrahedron and one of four others. Thus there are no unshared oxygen's in the frameworks. This fact mean that in all tectosilicates (zeolites, feldspar and felspathoids) (Al+Si):O = 1:2. For every Si^{IV}

which is replaced in the framework by Al^{III} a negative charge is created which is neutralized by an electrochemical equivalent of cations (Barrer, 1978).

The three properties of zeolites which have industrial and agricultural potential are their capacities to sorb gases, vapors and liquids; catalyze reactions; and to act as cation exchanges (Barrer, 1978). Zeolite absorbents are useful for removal of NH₄⁺ from effluent, fish tank and reservoirs and for extraction of copper, lead, cadmium, zinc, barium, silver, iron and other metals from industrial effluent. As additive combined with fodders, zeolite can be used for feeding poultry and other animals, for deodorizing castle yards, for taking up colour in oil industrial, for scrubbing natural and industrial gases, for production of oxygen enriched air. Zeolite absorbents can be used as carrier in agriculture fixer of radioisotope (Setiadji, 1996).

Other applications of activated zeolite are as a solid support for the chromatographic and preparation of catalyst, as ion exchanger in water treatment, drying of gases and liquids, gas purifier on gas purification system, oxygen enrichment of air, deactivation of radioactive effluents. Filtration of drinking water and purification of effluents. Extraction of metals from complex solutions and industrial wastes. Zeolites are also as filler in the paper and rubber industries. Some further application in agriculture for protection of environmental has been developed (Setiadji, 1996).

Zeolite is routinely used in shrimp ponds in Taiwan to treat water when the water turbid and sticky. The mineral possesses unique properties due to its crystalline structure and resulting molecular-sized cavities. These cavities serve as a molecular sieve that absorbs particular gases, such as H₂S, SO₂, and CO₂ (Chaimberlain, 1988 cit. Chien, 1993). Zeolite is still widely used by shrimp farmers in Asia (included Indonesia). It appears that zeolite can adsorb suspended particles and clear the water. It is also said zeolite is favourable for the development of diatom population, probably because zeolite contains silicate (Chien, 1993).

The present study was concerned with an experiment to treat the natural zeolite with alkali (NaOH) solution for the purpose of transforming into materials having high cation exchange capacity. The final products of the reaction were designated as 'activated natural zeolites', which are useful in many industrial fields, agriculture, aquaculture and water quality management.

MATERIAL AND METHODS

1. Natural Zeolite

In this experiment, the natural zeolite (NZ) was collected from Gunungkidul, Jogjakarta, Indonesia. The NZ was ground and passed through a wire sieve with 100 meshes in diameter. The chemical composition of the NZ observed as follow: SiO₂ (69.5 %), Al₂O₃ (12.0 %), CaO (0.13 %), Fe₂O₃ (0.93 %), K₂O (0.6 %), Na₂O (2.22 %), MgO (0.86 %), MnO (0.01 %), P₂O₅ (0.05 %), H₂O (4.07 %) and TiO₂ (0.14 %).

2. Alkali (NaOH) Treatments

The natural zeolite was reacted with alkali (NaOH) solution. The series of NaOH solution were 0.5, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 M. Twenty gram of the sample reacted with 160 ml of NaOH solution, and poured into an Erlenmeyer flask (1 liter in capacity). The flask attached to a reflux condenser and heated at about 100 °C on the hot plates. Duration of the hydrothermal reaction was arranged for 12 and 24 hours. After finishing the treatment, the precipitate was separated from the colloid solution and washed with a distilled water to remove the excessive alkali. The precipitate was designated as 'activated natural zeolite (ANZ).

3. The Physical and Chemical Analysis

Cation exchange capacity (CEC) was determined by the method of Aomine and Harada (1971 cit. Henmi, 1987). The samples were saturated with Ca²⁺ (CaCl₂ 1 N), and the excessive CaCl₂ was washed with ethanol 80 %. The Ca²⁺ ions occupied the negative charge sites were replaced with NH₄Cl 1 N. The supernatant was brought to Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) to determine

Ca²⁺ content (Z-5000 Polarized Zeeman AAS, Hitachi).

X-ray diffraction pattern was taken by a Rigaku Geigerflex D/Max-A system using CoK α X-radiation at 30 kV and 10 mA. Application of a scanning speed at 2°/minute with interval of 0.01 ° in the range of 3 to 60 °.

The scanning electron micrograph was used to observe the samples (natural zeolite and hydrothermal products as 'activated natural zeolites'). Acetone and Au solution were used as medium to place the sample in the sample holder.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Cation Exchange Capacity (CEC)

Improvement of Cation Exchange Capacity (CEC) of the natural zeolite after reaction with alkali (NaOH) solutions was shown at the Fig.1. Zeolite holds the position of tectosilicates in classification of mineralogy. Namely, the crystal structure of tectosilicates is built up of SiO₄ tetrahedra and AlO₄ tetrahedra of fundamental constituent units. The Al in 4-fold coordination, which exists in AlO₄ tetrahedral sites, gives rise to permanent negative charge of zeolite. Consequently, the mineral generally has high value of CEC which is independent on pH (Henmi, 1987).

The CEC of 'activated natural zeolite (ANZ)' was increased with increasing NaOH concentration up to 1.5-3.5 M.. Over 3.5 M (for 12 hours in heating duration) or 1.5 (for 24 hours in heating duration), the CEC decreased. This may correspond to dissolution of some silicates from the structure. Duration of the hydrothermal reaction also influenced in increasing the CEC of the ANZ. Treatment for 24 hours in the hydrothermal reaction resulted in the higher CEC than 12 hours. This was probably attributed to maturity of zeolization of the natural zeolites in which treated at longer period.

The CEC of original zeolite was 119.9 cmol_c.kg⁻¹. The maximum CEC of the ANZ was observed at 395.6 cmol_c.kg⁻¹ for treatment with NaOH 3.5 M and 12 hours in the period of the hydrothermal reaction.

Treatment with concentration of 1.5 M and 24 hours also found the maximum CEC of 391.7 cmol_c.kg⁻¹. Comparing with original one, the CEC of the ANZ increased by about 300 %.

The CEC of the treated natural zeolite is due to the formation of alumino silicate species possessing the framed structure of Si-O-Al (Fe) in hot alkaline solution (Ming and Mumpton, 1989 cit. Lee et al., 1998). The solubility of Si increases rapidly above pH 9 due to the ionization of monosilicic acid (Alexander et al., 1954 cit. Lee et al.,

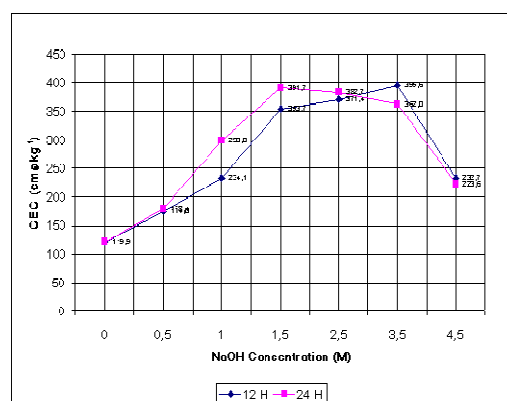


Fig.1. Effect of NaOH concentrations and periods of hydrothermal reaction on change in CEC of Zeolite

1998). Aluminium (Al) solubility increases above pH 8 where the Al(OH)₄⁻ ion predominates (Marion et al., 1976 cit. Lee et al., 1998) so substituted Al for Si increased with increasing pH above 8. The greater the substitution, the more alkaline or alkaline earth cations needed to maintain electrical neutrality, leading to the higher CEC (Lee et al., 1998).

Additionally in zeolites but not in feldspars or some feldspathoids the framework is sufficiently open to accommodate water molecules as well as cations. This openness imparts characteristic zeolite properties. The water molecules can move easily within the crystals and so can the cations. These ion there for undergo ready exchange with other cations, and the water molecule can be remove or replaced in a continuous manner and often reversible. Sorption isotherms do not normally show steps such as are found in crystallohydrates.

1. X-ray Diffraction Pattern

The mechanism of the increase in CEC of the zeolite, before and after alkali treatment was examined by the X-ray powder diffraction (XRD) analysis.

The original zeolite gave the pattern with four sharp diffraction peaks at 3.2, 3.5, 3.8, 4.0, 9.1 Å. These indicated that the natural zeolite contain some crystalline materials (Henmi, 1987). The crystalline materials were possibility feldspar and clinoptilolite. Essential components of the natural zeolite were SiO₂ (69.5 %) and Al₂O₃ (12.0 %). As minor components were CaO (0.13 %), Fe₂O₃ (0.93 %), K₂O (0.6 %), Na₂O (2.22 %), MgO (0.86 %), MnO (0.01 %), P₂O₅ (0.05 %), H₂O (4.07 %) and TiO₂ (0.14 %).

The XRD patterns of the zeolite after the alkali treatment for 12 and 24 hours were observed. Several sharp diffraction peaks were observed, indicating those crystalline matters which were not included in the natural zeolite before the treatment present in the treated zeolite.

The position (d spacing) and relative intensity of these diffraction peaks were identified by using Powder Diffraction File (ICDD, 1995) and XRD Powder Patterns for Zeolites (Treacy, et al., 1996). The XRD pattern of the ANZ indicated a new crystalline matters present. The new crystalline matters were possibility phillipsite (2.7, 3.2, 4.1, 5.1, 7.2 Å). The diffraction pattern of the ANZ which has the higher CEC is easier to be identified than the lower one.

5. Scanning Electron Micrograph

The hydrothermal alteration of glass depends on temperature, chemical composition and pH of the solution, chemical composition of starting material, the existence of an open or closed system during the alteration process (Holler and Wirsching, 1978 *cit.* Lee *et al.*, 1998). In hydrothermal reaction where aqueous bases were involved, the hydroxyl could be bonded to the aluminium in preference to the silicon atoms, the crystallization was also occurred by the copolymerization of the dissolved silicate and aluminate species. The rate of crystallization and the stability of the sodium zeolite phases were

optimum in the vicinity of 100 °C (Breck, 1974 *cit.* Lee *et al.*, 1998). The scanning electron micrograph of the natural zeolite showed imperfect shaped crystalline (a part non-crystalline and other some crystalline) (Warren and Dudas, 1984 *cit.* Lee *et al.*, 1998). Electron micrograph showed that the 'activated natural zeolite' has a large cubic/prismatic structure with perfect form.

ACKNOWLEDGMENT

It is a great pleasure for me to express my sincere gratitude to the OECF-UGM Project) and, Prof. Dr. Teruo Henmi and Dr. Naoto Matsue who criticized my research and gave some valuable guidance and scientific advice. I am also grateful to my colleague and all members in the Laboratory of Environment Soil Science, Fac. of Agriculture, Ehime University, who help me so much and gave many valuable suggestions.

REFERENCES

1. Barrer, R.M., 1978. Zeolites and clay minerals as sorbents and molecular sieves. Academic Press. London. 497 p.
2. Chien, Y-H, 1993. Water quality requirements and management for marine shrimp culture. Technical Bulletin. American Soybean Association and U.S. Wheat Associates. p.: 30-39.
3. Henmi, T., 1987. Synthesis of hydroxy-sodalite ("zeolite") from waste coal ash. Soil Sci. Plant. Nutr., 33 (3), 517-521, 1987.
4. Husaini and Hardjatmo, 1996. Natural zeolite occurrences in Indonesia. Novel uses of inorganic natural resources. Seminar in Yogyakarta, Indonesia. May 14th, 1996. Gadjah Mada University - Murdoch University.
5. ICDD, 1995. Powder diffraction file. International Centre for Diffraction Data. Pennsylvania, USA.
6. Lee, D.B., K.B. Lee and T. Henmi, 1998. Utilization of sea water in the production of artificial zeolite from fly ash. J. Kor. Soc. Soil Sci. & Fert. 31(4): 334-341 (in English).
7. Patterson, E. and R. Swaffield, 1987. Thermal analysis. In a handbook of determinative methods in clay

- mineralogy. Blackie. Chapman and Hall, New York. P.: 99-131.
8. Setiadji, AHB, 1996). Novel uses of natural zeolites. Seminar in Yogyakarta, Indonesia. May 14th, 1996. Gadjah Mada University - Murdoch University.
 9. Smykatz-Kloss, W., 1974. Differential thermal analysis. Application and results in mineralogy (Mineral and rocks, v.11). Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 185 p.
 10. Treacy, M.M.J., J.B. Higgins, and R. von Ballmoos, 1996. Collection of simulated
 11. XRD powder pattern for zeolites. 3rd rev. ed. Published on behalf the Structure Commission of the International Zeolite Association. Elsevier.
 12. White, J.L. and C.B. Roth, 1986. Infrared Spectrometry. Methods of soil science. Part 1 : Physical and mineralogical methods. Second edition. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. p. : 291-330

Pengaruh Penambahan Zeolit pada Media Tumbuh Tanaman pada Tanaman Melon dan Semangka dalam Sistem Hidroponik

M. Bagus Pangestu¹, Suwardi², dan Widiatmaka².

¹ Alumni Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

² Staf Pengajar Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus Darmaga IPB, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB-Bogor 16680,
Telp. 0251-629360, Fax. 629358, E-mail: bug_eur@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman melon dan semangka. Percobaan dilakukan di rumah kaca kebun percobaan Institut Pertanian Bogor, sedangkan analisis media tumbuh tanaman dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian menggunakan rancangan satu faktor dalam lingkungan rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan komposisi bahan media tumbuh tanaman mempengaruhi sifat fisik dan sifat kimia media tumbuh tanaman. Peningkatan bobot isi media tumbuh tanaman dari 0,22 sampai 0,56 g/cm³ dan penurunan daya pegang air dari 326,58 sampai 85,38% seiring dengan peningkatan persentase zeolit yang ditambahkan. Untuk sifat kimia media tumbuh tanaman, zeolit cenderung menurunkan nilai daya hantar listrik (DHL). Perlakuan komposisi bahan media tumbuh tanaman tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman melon dan semangka. Namun demikian ada kecenderungan peningkatan pertumbuhan pada parameter panjang batang utama dan jumlah daun pada tanaman melon. Untuk tanaman semangka, kecenderungan peningkatan nilai parameter pertumbuhan terjadi pada penambahan zeolit 10%. Untuk kualitas buah, perlakuan komposisi media tumbuh tanaman berpengaruh sangat nyata terhadap padatan terlarut total dan nyata pada hasil uji rasa (organoleptik). Penambahan zeolit 10% pada media tumbuh tanaman memberikan pengaruh terbaik terhadap nilai rata-rata parameter-parameter pertumbuhan dan produksi.

Kata kunci: Sistem hidroponik, daya hantar listrik, media tumbuh tanaman

ABSTRACT

EFFECT OF ZEOLITE ADDITION TO PLANT GROWTH MEDIA ON CANTALOUPE AND WATERMELON PLANTS IN HYDROPONIC SYSTEM. The objectives of this research are to evaluate the effect of zeolite addition on watermelon and cantaloupe production and growing. The research carried out in green house of Bogor Agricultural University and the plant growth media (PGM) analysis carried out at Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Bogor Agricultural University. Single factor completely randomize design was used with four treatments and five repetitions. Plant growth media composition treatments effect the physical and chemical properties of PGM. The bulk density of PGM increase from from 0.22 to 0.56 g/cm³ and water holding capacity drop from 326.58 to 85.38 along with zeolite percentages added. The effects of zeolite on chemical characteristic of PGM is decreasing electrical conductivity rate before planting. PGM composition treatment did not positively effects on watermelon and cantaloupe growth, however there is an increasing on main stalk length and leaf quantity on cantaloupe. For watermelon, the increasing of growth parameter happened on 10% zeolite percentration. For fruit quality, PGM treatment positively effects on organoleptic test result 10% of zeolite giving the best result on the increasing of the average value of production and growth parameter.

Keywords: Hydroponic system, electrical conductivity, plant growth media

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Budidaya tanaman dengan sistem hidroponik dalam rumah kaca atau rumah plastik merupakan suatu alternatif dalam mengatasi masalah rendahnya kualitas dan kuantitas produksi tanaman bernilai ekonomi tinggi seperti melon dan semangka. Hambatan iklim seperti suhu dan cuaca dapat dikurangi sehingga produksi dapat dilaksanakan sepanjang tahun tanpa mengenal musim serta mengurangi gangguan hama dan penyakit. Namun demikian, perlu dilakukan modifikasi baik pada tempat penanaman, media tumbuh tanaman maupun metode aplikasinya agar dapat lebih efisien.

Media tumbuh tanaman sangat mempengaruhi biaya produksi karena mempengaruhi efisiensi pupuk. Oleh karena itu diperlukan media tumbuh tanaman yang memiliki sifat-sifat yang sesuai untuk tanaman. Media tumbuh tanaman selama ini memanfaatkan bahan yang melimpah dan mudah digunakan, seperti arang sekam. Arang sekam memiliki nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah sehingga resiko kehilangan hara melalui pencucian dan penguapan menjadi besar, serta daya sangga terhadap daya hantar listrik (DHL) menjadi rendah. Pada kondisi nilai DHL tinggi, penyerapan unsur hara oleh tanaman menjadi terganggu, sehingga efisiensi pemupukan rendah. Kondisi ini dapat terjadi karena pemberian pupuk terutama nitrogen ke dalam media tumbuh tanaman. Untuk mengatasi hal tersebut, dapat dilakukan dengan penambahan suatu bahan yang memiliki daya sangga terhadap DHL tinggi. Penambahan bahan dengan nilai KTK tinggi akan memperbaiki daya sangga media tumbuh tanaman terhadap DHL sehingga penyerapan hara oleh tanaman menjadi lebih baik. Zeolit memiliki nilai KTK yang tinggi sehingga dapat mempertahankan nilai DHL tetap rendah.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian zeolit pada media tumbuh tanaman terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman melon dan semangka.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Percobaan dilakukan di rumah kaca Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, dari bulan Mei 2002 – Desember 2002, sedangkan analisis sifat fisik dan sifat kimia media tumbuh tanaman serta analisis buah dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah serta Laboratorium Program Studi Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, dari bulan Oktober 2002 – Februari 2003.

Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah arang sekam, zeolit berbentuk butiran berukuran 2-5 mm, serasah daun bambu, plastik polybag diameter 10 cm untuk pembibitan dan 40 cm untuk penanaman, bibit melon kultivar *Action 343*, bibit semangka kultivar *dragon Giant*, larutan hara, dan bahan-bahan yang diperlukan untuk analisis kimia media tumbuh tanaman. Untuk perlindungan tanaman dan pemberantasan hama dan penyakit digunakan furadan, Antracol, Curacron dan Spontan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dirigen dan tong untuk penampungan larutan hara, ember, alat penyiram, gunting, kuas, alat penyemprot, timbangan, ring sample, pH meter, EC meter, Flamephotometer, dan AAS.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan satu faktor dalam lingkungan rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 5 pengulangan. Perlakuan yang diberikan merupakan komposisi dari dua bahan dasar media tumbuh tanaman (zeolit, arang sekam) yaitu 100% arang sekam, zeolit : arang sekam 10% : 90%, zeolit : arang sekam 20% : 80%, zeolit : arang sekam 30% : 70%. Untuk analisis data, dilakukan analisis sidik ragam dan uji lanjut dengan metode uji wilayah berganda Duncan pada taraf 5%. Jenis dan metode analisis media tumbuh tanaman dilakukan dengan metode rutin analisis tanah.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi ke dalam dua bagian, yaitu kegiatan percobaan di rumah kaca dan analisis laboratorium. Kegiatan percobaan di rumah kaca meliputi kegiatan persiapan (pembuatan media tumbuh tanaman dan pembibitan), pemeliharaan (penyiraman, perambatan, pemangkasan, penyerbukan, seleksi buah dan penyemprotan/pemberantasan hama penyakit) dan pengamatan (panjang batang utama, jumlah daun, lebar daun, dan diameter buah), pemanenan dan pengambilan data produksi (bobot buah). Analisis laboratorium meliputi: analisis terhadap kualitas buah (padatan terlarut total/PTT, tebal kulit buah dan tebal daging buah) dan analisis sifat fisik dan kimia media tumbuh tanaman. Selain itu juga dilakukan pengujian tingkat kemanisan (skala 1-5) dengan menggunakan 35 orang responden.

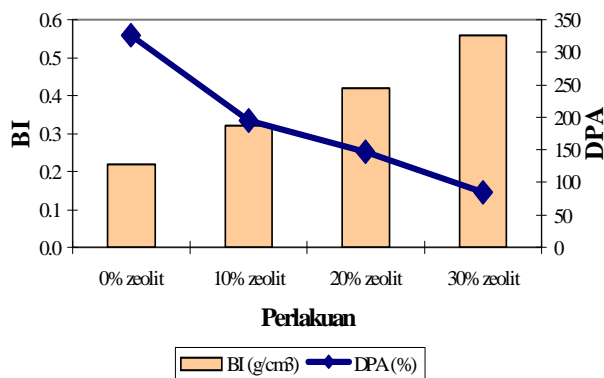
HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai rata-ran bobot isi pada media tumbuh tanaman berkisar antara 0,22 sampai dengan 0,56 g/cm³. Rataan daya pegang air (DPA) pada media tumbuh tanaman berkisar antara 85,38% sampai dengan 326,58%. Peningkatan bobot isi dan penurunan daya pegang air terjadi seiring dengan meningkatnya persentase zeolit yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan bobot isi zeolit yang lebih tinggi dibandingkan arang sekam. Daya pegang air media tumbuh tanaman memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan bobot isi.

Peningkatan nilai bobot isi akan menyebabkan penurunan daya pegang air. Hal ini berkaitan dengan jumlah ruang pori yang ada di dalam media tumbuh tanaman tersebut. Peningkatan bobot isi akan

Sifat-Sifat Media Tumbuh Tanaman Sifat Fisik Media Tumbuh Tanaman

Grafik rata-ran hasil analisis terhadap sifat fisik media tumbuh tanaman berupa Bobot Isi (BI) dan Daya Pegang Air (DPA) disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara penambahan zeolit pada media dengan bobot isi daya pegang air

menyebabkan pemadatan yang menyebabkan berkurangnya jumlah ruang pori. Dengan peningkatan persentase zeolit yang ditambahkan, terjadi penurunan daya pegang air

Sifat Kimia Media Tumbuh Tanaman

Hasil analisis beberapa sifat kimia terhadap bahan dasar media tumbuh tanaman disajikan pada Tabel 1. Zeolit memiliki beberapa sifat kimia yang lebih baik dibandingkan arang sekam, yaitu pH yang mendekati netral, DHL yang rendah, nilai KTK yang lebih tinggi, serta kadar Ca²⁺ dapat dipertukarkan yang lebih tinggi. Nilai KTK yang tinggi pada zeolit menyebabkan zeolit memiliki daya sangga yang lebih tinggi terhadap DHL.

Tabel 1. Sifat Kimia Bahan Dasar Media Tumbuh Tanaman

Bahan	pH	DHL (µS/cm)	KTK	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
			-----me/100g-----			
Zeolit	6.92	58.85	37.16	65.46	3.40	6.67
Arang Sekam	5.02	615.50	12.46	9.78	5.10	9.61

Tabel 2. Rataan Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap pH dan DHL Media Tumbuh Tanaman

Perlakuan Zeolit : Arang Sekam	pH		DHL ($\mu\text{S/cm}$)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Tanaman melon				
0 % : 100 %	6.23	5.01	1143.5	1433
10 % : 90 %	6.25	4.85	872	1360
20 % : 80 %	6.37	5.06	611	907.5
30 % : 70 %	6.38	4.84	449	1480
Tanaman Semangka				
0 % : 100 %	6.23	5.04	1143.5	3245
10 % : 90 %	6.25	4.91	872	1558.5
20 % : 80 %	6.37	4.78	611	1743
30 % : 70 %	6.38	5.03	449	1784

Rataan hasil analisis pH dan DHL media tumbuh tanaman awal (sebelum tanam) dan akhir (sesudah panen) untuk tanaman melon dan semangka disajikan dalam Tabel 2. Perlakuan memberikan kecenderungan peningkatan pH awal. Pada setiap perlakuan baik pada media tumbuh tanaman melon atau semangka terjadi penurunan pH akhir. Hal ini dimungkinkan karena adanya penyerapan kation-kation yang terdapat pada media tumbuh tanaman yang berasal dari larutan hara oleh tanaman yang kemudian digantikan oleh ion H^+ yang dihasilkan oleh proses respirasi akar. Leiwakabessy (1998) mengungkapkan, pada proses respirasi akar dihasilkan CO_2 yang akan membentuk H_2CO_3 setelah bereaksi dengan air. H_2CO_3 ini dapat terdisosiasi menjadi H^+ dan HCO_3^- .

Nilai Rataan DHL awal menurun dengan meningkatnya jumlah zeolit yang ditambahkan mulai dari 449 sampai dengan 1143,5 $\mu\text{S/cm}$. Nilai DHL akhir berkisar antara 907,5 sampai dengan 1480,0 $\mu\text{S/cm}$ pada tanaman melon dan 1558,5 sampai dengan 3245,0 $\mu\text{S/cm}$ pada tanaman semangka. Nilai DHL akhir media tumbuh tanaman mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan adanya input pupuk yang diberikan pada media tanam. Penambahan zeolit yang semakin tinggi akan meningkatkan KTK media tumbuh tanaman tersebut sehingga daya sangga terhadap DHL semakin tinggi. Suwardi (1995) menyebutkan bahwa penambahan zeolit menunjukkan perbedaan yang sangat nyata dalam meningkatkan KTK tanah. Namun

demikian, nilai DHL akhir yang tinggi pada perlakuan dengan KTK tinggi dapat terjadi apabila pertumbuhan tanamannya kurang baik, sehingga garam-garam terakumulasi pada larutan media tanam akibat tidak terserap oleh tanaman.

Pertumbuhan Tanaman Tanaman Melon

Hasil pengamatan terhadap parameter-parameter pertumbuhan berupa rata-rata panjang batang utama, jumlah daun, dan lebar daun disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan zeolit pada media tumbuh tanaman tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter-parameter pertumbuhan tanaman. Namun demikian terdapat kecenderungan pertumbuhan yang lebih baik pada perlakuan dengan penambahan zeolit terutama untuk parameter panjang batang utama dan jumlah daun.

Tanaman Semangka

Hasil pengamatan terhadap parameter-parameter pertumbuhan berupa rata-rata panjang batang utama, jumlah daun, dan lebar daun disajikan pada Tabel 4. Analisis sidik ragam terhadap parameter-parameter pertumbuhan tanaman tersebut menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan media tumbuh tanaman tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter-parameter pengamatan pertumbuhan.

Tabel 3. Rataan Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Parameter-Parameter Pertumbuhan Tanaman Melon

Perlakuan Zeolit : Arang Sekam	Umur Tanaman (Minggu Setelah Tanam)							
	3		4		3		4	
	Panjang Batang Utama (cm)		Jumlah Daun		Lebar Daun (cm)			
0 % : 100 %	87.03	151.42	17.0	29.0	10.33	10.66		
10 % : 90 %	85.68	150.50	17.0	29.6	10.04	10.78		
20 % : 80 %	90.30	164.54	17.8	29.0	9.99	10.50		
30 % : 70 %	95.06	169.06	17.6	30.0	10.68	11.19		

Tabel 4. Rataan Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Parameter-Parameter Pertumbuhan Tanaman Semangka

Perlakuan Zeolit : Arang Sekam	Umur Tanaman (Minggu Setelah Tanam)							
	3		4		3		4	
	Panjang Batang Utama (cm)		Jumlah Daun		Lebar Daun (cm)			
0 % :100%	89.28	154.48	18.8	33.6	10.80	11.44		
10 % : 90%	94.45	160.13	18.8	36.3	11.14	12.03		
20 % : 80%	81.88	142.62	17.0	29.4	9.55	11.07		
30 % : 70%	75.70	136.86	17.2	28.6	9.97	10.78		

Tabel 5. Rataan Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Parameter-Parameter Kualitas Buah Melon

Perlakuan Zeolit : Arang Sekam	Bobot Buah (gr)	Diameter Buah (cm)	Tebal Kulit (cm)	Tebal Daging Buah (cm)	PTT	Nilai
0 %:100%	786.3	10.633	0.285	2.923	9.2	4.29ab
10 %: 90%	876.7	11.151	0.393	2.755	9.4	4.75a
20 %: 80%	695.3	10.299	0.403	2.795	10.9	4.64a
30 %:70 %	776.0	10.783	0.345	2.698	9.8	3.96b

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji wilayah berganda Duncan pada taraf 5%.

Kecenderungan peningkatan nilai-nilai parameter pertumbuhan pada penambahan 10% zeolit, sedangkan pada penambahan dengan persentase yang lebih besar ada kecenderungan penurunan nilai-nilai parameter pertumbuhan.

Produksi dan Kualitas Buah.

Hasil pengukuran dan analisis terhadap produksi dan beberapa kualitas buah berupa bobot buah, tebal kulit, tebal buah, padatan terlarut total (% bricks), dan nilai terhadap tingkat kemanisan buah disajikan pada Tabel 6.

Perlakuan penambahan zeolit pada media tumbuh tanaman tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot dan diameter buah, namun produksi terbaik ada

pada perlakuan dengan penambahan 10% zeolit. Perlakuan penambahan zeolit pada media tumbuh tanaman memberikan pengaruh yang sangat nyata pada parameter PTT dan nilai hasil pengujian tingkat kemanisan oleh responden, sedangkan untuk parameter kualitas buah yang lain tidak berpengaruh nyata. Namun demikian, ada kecenderungan peningkatan bobot buah dan diameter pada pemberian 10% zeolit dan menurun pada jumlah yang lebih besar. Nilai PTT pada perlakuan dengan penambahan zeolit relatif lebih besar dibandingkan dengan perlakuan 100% arang sekam. Namun, nilai PTT optimum terdapat pada penambahan zeolit sebanyak 20%.

Tabel 6. Rataan Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Parameter-Parameter Kualitas Buah Melon

Perlakuan Zeolit : Arang Sekam	Bobot Buah (g)	Diameter Buah (cm)	Tebal Kulit (cm)	Tebal Daging Buah (cm)	PTT	Nilai
0 %:100%	786.3	10.633	0.285	2.923	9.2	4.29ab
10 %: 90%	876.7	11.151	0.393	2.755	9.4	4.75a
20 %: 80%	695.3	10.299	0.403	2.795	10.9	4.64a
30 %:70 %	776.0	10.783	0.345	2.698	9.8	3.96b

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji wilayah berganda Duncan pada taraf 5%.

KESIMPULAN

1. Peningkatan persentase zeolit yang ditambahkan ke dalam media tumbuh tanaman menyebabkan peningkatan bobot isi, penurunan daya pegang air, kecenderungan peningkatan pH, dan penurunan DHL media tumbuh tanaman.
 2. Perlakuan komposisi bahan media tumbuh tanaman tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan baik tanaman melon maupun semangka, namun ada kecenderungan peningkatan pertumbuhan pada tanaman melon dengan peningkatan jumlah zeolit, dan peningkatan pertumbuhan tanaman semangka pada penambahan 10% zeolit.
 3. Perlakuan komposisi bahan media tumbuh tanaman tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap produksi tanaman melon, namun demikian perlakuan 10% zeolit memberikan bobot buah tertinggi.
 4. Penambahan zeolit memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap beberapa parameter kualitas buah yaitu padatan terlarut total dan nilai hasil pengujian rasa. Nilai tertinggi untuk padatan terlarut total ada pada perlakuan 20% zeolit, sedangkan untuk nilai hasil uji rasa tertinggi pada perlakuan 10% zeolit.
1. Leiwakabessy. 1998. Pupuk dan Pemupukan. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
 2. Suwardi. 1995. Prospek zeolit sebagai media tumbuh tanaman. Agrotek, vol.2(2): 43-47.

Pemanfaatan Zeolit di Bidang Pertanian

Astiana Sastiono

Staf Pengajar Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus Darmaga IPB, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB-Bogor 16680,
Telp. 0251-629360, Fax. 629358, soilipb@indo.net.id

ABSTRAK

Sifat-sifat kimia fisik yang dimiliki oleh mineral zeolit tidak hanya dapat dimanfaatkan sebagai penyerap hara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, akan tetapi dapat dipergunakan pula sebagai campuran kompos untuk media tumbuh tanaman maupun pengatur kadar air kompos. Kemampuan zeolit ini banyak dimanfaatkan di bidang pertanian terutama dalam peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen. Banyak cara telah dilakukan untuk meminimalisasi kehilangan amonia dari pupuk nitrogen, salah satu alternatif untuk tujuan tersebut dipergunakan zeolit melalui pembuatan pupuk penyedia lambat. Sebagai mineral yang memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi, zeolit memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi ion amonium sehingga mampu meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen dengan cara mencampur zeolit dengan pupuk maupun diberikan langsung ke dalam tanah. Penggunaan zeolit-urea-tablet pada tanaman padi pada beberapa daerah Jawa Barat menunjukkan peningkatan produksi dan efisiensi pupuk nitrogen. Penggunaan zeolit sebagai media tanaman sayuran menunjukkan hasil yang cukup baik, selain itu zeolit juga dapat mengurangi pengambilan logam-logam berat dari rantai makanan. Dengan hasil di atas, zeolit dapat berperan untuk meningkatkan produksi pertanian.

Kata kunci: Zeolit, ion amonium, pupuk nitrogen.

ABSTRACT

APPLICATION OF ZEOLITE IN AGRICULTURE. *Chemical and physical characteristic of zeolite are use not only as nutrient absorber to increases fertilizer efficiency, but also as compost mixing for plant growth media or compost humidity regulator. This agriculture advantages specially to increases nitrogen fertilizer efficiency. Many efforts carried out to minimize ammonia lost from nitrogen fertilizer, one of the alternatives is using zeolite through the process of making slow release fertilizer. As a mineral with the high rate of cation exchange capacity, zeolite have the ability to absorb ammonium ion, so it will increases nitrogen fertilizer efficiency by mixing zeolite with fertilizer or spreading zeolite into the fields. Zeolite urea capsules use on paddy plant on several regions on West Java showing production increasing and nitrogen fertilizer efficiency increases. Zeolite use as vegetables plant media showing a quite well result. Furthermore zeolite reduces heavy metal take over from the food chain. With these results zeolite have a big role in increasing agriculture production.*

Keywords: Zeolite, ammonium, nitrogen fertilizer.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan pangan pada tahun 2000 di Asia Tenggara meningkat dengan pesat. Menurut FAO, dalam perhitungan yang dianalisis dari 90 negara berkembang untuk tahun 2000 dengan tingkat pertumbuhan penduduk sebesar 3,7 persen/tahun, maka dibutuhkan laju keperluan pupuk sebesar 8,5 persen diikuti dengan keperluan sarana-sarana input yang mendukung untuk dapat memenuhi kebutuhan akan pangan.

Gambaran perkembangan yang diperoleh sejak 20 tahun yang lalu produksi pupuk telah menunjukkan perkembangan yang menyolok dan macam pupuk yang diproduksi juga bertambah. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk merupakan sarana yang cukup penting dalam peningkatan produksi pertanian yang dapat memberikan keuntungan bagi petani. Dalam rangka pembangunan pertanian di Indonesia serta menunjang swasembada pangan, maka diperlukan suatu kebijakan pemupukan secara nasional yang terpadu untuk dapat meningkatkan produktivitas lahan serta produksi komoditas pertanian yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat luas.

Pupuk merupakan sarana produksi yang dapat mempengaruhi seluruh kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan pupuk di Indonesia umumnya bertitik berat pada pupuk N, P, dan K, akan tetapi efisiensi nitriogen sangat rendah (dari berbagai penelitian diketahui hanya sekitar 30-40%), sedangkan kehilangan unsur P dan K dari areal pertanian masih dapat diatasi dibandingkan dengan nitrogen. Dengan adanya pengurangan subsidi pupuk oleh pemerintah maka diperlukan upaya efisiensi dalam penggunaan pupuk antara lain dengan memanfaatkan bahan-bahan alami yang dapat meningkatkan efisiensinya, diantaranya yaitu dengan menggunakan bahan mineral zeolit yang terdapat cukup banyak di Indonesia.

1. Mineral Zeolit

Mineral zeolit termasuk kedalam golongan mineral tektosilikat, yaitu senyawa silikat yang strukturnya merupakan hidroksi alumina silikat, dimana atom-atom oksigen

yang mengelilingi baik atom Si ataupun atom Al membentuk jaringan tiga dimensi (Mumpton, 1984), Sifat-sifat khas yang dimiliki oleh zeolit diantaranya sebagai penyerap dan penyaring molekul, penukar ion dan kemampuan pertukaran yang tinggi serta selektivitas tertentu terhadap kation. Kation-kation yang terdapat di dalam rongga mineral zeolit tidak terikat kuat dalam kerangka kristalnya, sehingga dapat dipertukarkan dengan mudah. Hal inilah yang menyebabkan kapasitas tukar kation mineral zeolit relatif tinggi. Kapasitas tukar kation mineral zeolit dapat berkisar antara 80-200 meq/100g tergantung kepada jenis dan kemurniannya. Sifat pertukaran kation mineral zeolit terutama selektivitas dan kapasitas pertukarannya sangat ditentukan oleh struktur kristalnya. Kerusakan struktur kristal mineral zeolit menyebabkan kemampuannya sebagai penukar kation yang baik atau kemampuan penyerapan kation akan menurun. Hal ini harus menjadi perhatian pada perlakuan aktivasi pemanasan dimana suhu yang terlalu tinggi akan merusakkan struktur kristalnya.

Penelitian mengenai prospek pemanfaatan mineral zeolit untuk pertanian dan pengolahan air telah banyak dilakukan di Jepang dan Amerika Serikat dengan hasil memuaskan. Penggunaan mineral zeolit secara intensif di bidang pertanian telah dimulai di Jepang pada tahun 1960 dengan menggunakan bubuk mineral zeolit untuk meningkatkan pH tanah pada tanah vulkanis masam dan untuk meningkatkan retensi nitrogen. Selain itu mineral zeolit di Jepang juga dipergunakan untuk menjaga kelembaban tanah (*soil conditioner*) (Goto and Ninaki, 1979). Pemberian mineral zeolit untuk meningkatkan produktivitas tanah-tanah pertanian telah memberi pengaruh nyata terhadap kenaikan produksi tanaman pangan dan tanaman hortikultura (Barbarick and Pirela, 1994).

Penelitian penggunaan zeolit di Indonesia sebenarnya sudah dilakukan pada tahun 1980. Penelitian ini dilakukan baik oleh perguruan tinggi ataupun kelompok kerja dari instansi-instansi pemerintah yang dibantu oleh beberapa ahli dari luar negeri, Aktivitas yang dilakukan antara lain adalah: identifikasi mineral yang ada, proses pengolahan ataupun aplikasi di berbagai bidang, antara lain pertanian dan sektor industri. Faktor penghambat aplikasi zeolit

di Indonesia terutama adalah kualitas zeolit, dimana zeolit mempunyai perbedaan fisik yang disebabkan oleh perbedaan lingkungan pembentukannya. Kualitas zeolit akan mempengaruhi pada potensi penggunaannya. Kadar mineral zeolit yang tinggi dipakai pada sektor industri. Industri lokal pada umumnya hanya mempergunakan teknik pengolahan yang sederhana di dalam meningkatkan mutunya, sehingga kebutuhan zeolit dipenuhi dengan impor dari negara-negara maju dengan mempergunakan berbagai nama dagang. Kenyataan di atas merupakan tantangan bagi pertambangan untuk menginventarisasi potensi endapan zeolit di Indonesia serta mengidentifikasi kualitas bahan tersebut.

2. Penggunaan Zeolit di Bidang Pertanian

Kontribusi zeolit di Indonesia dalam menunjang pembangunan pada sektor pertanian sangat penting, Kebutuhan pangan baik secara kuantitas maupun kualitas hanya dapat diperoleh dengan intensifikasi pertanian. Berdasarkan sifat dan karakteristik yang dimiliki bahan mineral ini terutama kapasitas tukar kation dan retensivitas terhadap air yang cukup tinggi. Zeolit telah banyak dipergunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah baik secara fisik maupun secara kimiawi. Fungsi zeolit dalam hal ini adalah: sebagai bahan amelioran, *soil conditioner* (pemantap tanah), pembawa pupuk, pengontrol pelepasan ion NH_4^+ dan K^+ (sebagai *slow release fertilizer*) dan menjaga kelembaban tanah. Pengaruh zeolit terhadap sifat fisik akan jelas terlihat pada tanah-tanah yang bertekstur kasar (pasir), dimana retensi terhadap unsur hara ataupun air akan meningkat.

Bahan mineral zeolit pada saat ini di bidang pertanian banyak dipergunakan sebagai campuran media tanam dan campuran bahan pupuk terutama pupuk nitrogen. Rendahnya efisiensi pupuk nitrogen disebabkan oleh mudahnya menguap, tercuci dan terbawa aliran air permukaan, dan terfiksasi oleh mineral liat. Kemudahan pupuk ini untuk larut mengakibatkan pelepasan pupuk yang terlalu cepat. Laju kehilangan ini diperbesar dan dipercepat pula oleh metode aplikasi pupuk yang umumnya dilakukan dengan cara disebar.

Efisiensi pengambilan nitrogen dari pupuk oleh tanaman padi yang diberikan pada lapisan reduktif tanah dapat mencapai 68%, sedangkan bila diberikan secara sebar dipermukaan tanah efisiensinya hanya 27%. Peningkatan efisiensi pemupukan ini dapat dilakukan antara lain dengan memperbaiki teknik aplikasi pemupukan dan perbaikan sifat fisik dan kimia pupuk melalui perubahan sistem kelarutan hara, bentuk dan ukuran pupuk serta formulasi kadar hara pupuk.

Melalui usaha tersebut diharapkan kelarutan dan pelepasan hara dapat lebih diatur, sehingga faktor kehilangan hara dapat dikurangi dan pencemaran terhadap lingkungan relatif kecil.

2.1. Penggunaan bahan mineral zeolit sebagai bahan campuran media tanam.

- a. Penggunaan zeolit sebagai campuran media dengan tanah dan pupuk kandang untuk tanaman melon, dengan perlakuan Z_0 (media tanah : pupuk kandang 2:1), Z_1 (zeolit : tanah : pupuk kandang 2:2:1), Z_2 (6:2:1), Z_3 (8:1:1). Pada media ini, pupuk diberikan sesuai dengan dosis anjuran pada umumnya menunjukkan bahwa penggunaan campuran zeolit sampai 60% (Z_2) ternyata dapat meningkatkan bobot buah, ketebalan kulit buah, kekerasan daging buah dan padatan terlarut total, umur panen ternyata juga lebih cepat.
- b. Penggunaan zeolit sebagai campuran media tanam bayam cabut dengan perlakuan zeolit, kompos, dan arang serta pupuk nitrogen yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan zeolit, kompos dan urea lebih baik dibandingkan dengan campuran zeolit, arang, kompos dan urea. Pemberian pupuk nitrogen dalam bentuk urea lebih baik dibandingkan dengan ZA.

Tabel 1. Pengaruh Komposisi Media terhadap Umur Panen, Bobot Buah, Ketebalan Kulit Buah, Kekerasan Daging Buah dan Padatan Terlarut Total

Perlakuan	Umur Panen (HST)	Bobot Buah (g)	Ketebalan Kulit Buah (mm)	Kekerasan Daging Buah (mm/dt)	Padatan Terlarut Total (%)
Z ₀	90	740.24	4.54	65.05	14.87
Z ₁	91	694.25	5.27	58.75	13.07
Z ₂	89	775.43	6.62	52.50	15.35
Z ₃	92	765.18	6.25	53.25	13.15

Sumber: Elly Rosyidah dan Astiana

Tabel 2. Pengaruh Perlakuan Media Terhadap Berat Bersih Tanaman Bayam

Perlakuan	Bobot Basah Tanaman (g)
A1 (3 l zeolit + 300 ml kompos + ZA)	220.05
A2 (3 l zeolit + 300 ml kompos + urea)	222.25
B1 (3 l zeolit + 300 ml kompos + 300 ml arang + ZA)	177.95
B2 (3 l zeolit + 300 ml kompos + 300 ml arang + urea)	189.40

Sumber: Eli S, Panjaitan dan Astiana

2.2. Penggunaan Bahan Mineral Zeolit sebagai Campuran Pupuk Zeolit-Urea Tablet

Percobaan pemberian berbagai macam bentuk dan takaran pupuk nitrogen dilakukan pada tanah Alluvial Indramayu, dan Karawang, tanah Latosol Subang dan Grumusol Cianjur. Bentuk dan jenis pupuk adalah urea prill, urea tablet, zeolit-urea tablet (10% zeolit), zeolit-urea tablet (20% zeolit) dan zeolit-urea tablet (40% zeolit), Takaran nitrogen yang diberikan berkisar dari 54 kg N/ha sampai tertinggi 112,5 kg N/ha. Hasil percobaan menunjukkan penggunaan pupuk zeolit-urea tablet memberikan hasil produksi gabah kering tanaman padi IR-64 rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian urea tablet ataupun prill pada keempat macam tanah tersebut diatas.

Hasil produksi padi tertinggi pada percobaan diperoleh pada aplikasi pupuk zeolit-urea tablet (20/80) sebanyak 200 kg/ha (72 kg N/ha) pada tanah Grumusol Cianjur, yaitu sebesar 9,36 ton gabah kering panen per per hektar, pemberian pupuk zeolit urea (20/80) pada tanah Latosol Subang sebanyak 200 kg/ha hasilnya yaitu 8,48 ton/ha, pemberian pupuk zeolit urea (20/80) pada tanah aluvial Indramayu sebanyak 200 kg/ha hasilnya yaitu 8,18 ton/ha, dan pemberian pupuk zeolit urea (10/90) pada tanah Aluvial

Karawang 200 Kg/ha hasilnya sebesar 7,08 ton/ha.

Berdasarkan data-data dari hasil keseluruhan percobaan dan peningkatan hasil produksi yang diperoleh, maka aplikasi pupuk tablet urea ataupun prill. Takaran yang menguntungkan adalah dengan pemberian tablet urea zeolit (10/90) sampai (20/80) sebanyak 150 kg/ha dimana takaran N berkisar antara 60-75 kg, atau 200 kg/ha dengan kandungan N antara 72-81 kg tergantung dari jenis tanahnya. Tanah yang kurang subur membutuhkan takaran pemberian pupuk yang lebih tinggi, Efisiensi penggunaan nitrogen tertinggi pada substitusi zeolit sebesar 40 persen, baik pada takaran 150 kg/ha (40,5 kg N) ataupun 200 kg/ha (54 kg N) yang menunjukkan bahwa penambahan zeolit akan dapat meningkatkan kandungan nitrogen lebih tinggi.

Hasil dari lapangan secara keseluruhan terlihat penggunaan tablet zeolit urea memberikan pengaruh yang positif terhadap peningkatan hasil padi. Kontribusi setiap kg nitrogen yang ditambahkan pada perlakuan tablet urea-zeolit memberikan respon yang lebih tinggi terhadap hasil gabah kering giling. Pada substitusi zeolit sebanyak 40% pada tanah Grumusol Cianjur dapat memberikan peningkatan hasil 59,77%, sedangkan pada Alluvial Indramayu substitusi 20 persen memberikan hasil yang tertinggi dengan peningkatan 48,86%.

3. Penggunaan Zeolit untuk Meningkatkan Kualitas Lingkungan dan Penjerapan Logam Berat

Masalah pencemaran lingkungan akhir-akhir ini menjadi isu penting yang memerlukan penanganan yang lebih serius, baik yang harus dilakukan oleh pemerintah maupun lembaga-lembaga dan individu. Pembuangan air ataupun hasil produk limbah industri di berbagai tempat telah mencemari lingkungan di sekitarnya dan telah mengakibatkan gangguan kesehatan. Unsur-unsur logam berat dalam limbah buangan industri seperti Cu, Zn, Pb, Ni, dan Cr diketahui dapat menyebabkan iritasi dan kelainan pada kulit serta merupakan unsur-unsur yang berbahaya sebagai penyebab penyakit kanker.

a. Pemanfaatan Limbah Lumpur dan Zeolit sebagai Media Tanam,

Limbah lumpur yang dihasilkan industri dan domestik, di satu pihak mempunyai kandungan hara esensial bagi tanaman sangat tinggi, tapi di lain pihak kandungan logam berbahaya juga cukup tinggi. Penelitian yang menggunakan limbah lumpur domestik dan industri (*slugde urban* dan *suburban*) sebagai pupuk pada tanaman gandum sebanyak 45 ton/ha telah meningkatkan produksi gandum lebih dari 300 persen namun ternyata kandungan logam berat Cd dan Zn dalam bibit gandum juga meningkat secara linier. Oleh karena itu pemanfaatan limbah lumpur tersebut perlu didahului dengan tindakan penetralan logam berat tersebut agar tidak terserap oleh tanaman. Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan penambahan bahan mineral zeolit sebagai bahan campuran media tanam ataupun pupuk, sehingga permasalahan di atas dapat dikurangi.

Hasil penelitian dengan menggunakan limbah lumpur PAM Pejompongan Jakarta dengan taraf 0, 15, 30, dan 45% limbah sebagai media dan dicampurkan zeolit dalam 3 taraf, yaitu 0, 10, dan 20%, dengan tanaman bayam sebagai indikator. Hasil yang diperoleh sebagai berikut: limbah lumpur PAM Pejompongan mempunyai sifat kesuburan kimia yang relatif tinggi, hal ini ditunjukkan ketersediaan unsur hara makro seperti N, P, K, Ca dan Mg, Namun demikian kandungan logam berat Cr, Cd,

Pb, Cu dan Zn relatif sangat tinggi bila dibandingkan dengan kandungan pada tanah normal. Hal tersebut disebabkan oleh kegiatan industri dan pemukiman di sekitar sungai Ciliwung.

Dari analisis logam berat pada tanaman menunjukkan bahwa kandungan logam berat meningkat dengan meningkatnya kandungan limbah lumpur. Pemberian zeolit pada media tanam ternyata berpengaruh pada kandungan Pb dan Cd, sedangkan logam Cr tidak terdeteksi. Pemberian zeolit pada taraf 20% menurunkan serapan Pb sebesar 40% dan Cd sebesar 30%.

Perbedaan efektivitas zeolit dalam menurunkan serapan logam berat diduga disebabkan oleh sifat selektivitas zeolit tersebut, sehingga interaksi hanya berpengaruh terhadap serapan logam Pb dan Cd. Hasil penelitian Semmens dan Sey Farth (1978), klinoptilolit mempunyai deret selektivitas bagi logam berat yaitu $Ba^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+}$. Deret tersebut menjelaskan bahwa kemampuan zeolit untuk menyerap Pb lebih besar dibandingkan Cd dan seterusnya. Dengan demikian, sebenarnya limbah lumpur PAM dapat dimanfaatkan untuk produksi pertanian perkotaan dengan cara menetralisasi logam beratnya terlebih dahulu. Dari hasil penelitian ini juga memberikan indikasi bahwa sayuran yang ditanam pada pinggir sungai ataupun pembuangan sampah cenderung mempunyai kandungan logam berat yang tinggi.

b. Penggunaan Zeolit Sebagai Penjerap Kation Cu, Zn, Ni dan Cr dari Limbah Cair Pelapisan Logam

Limbah cair pelapisan logam umumnya banyak mengandung kation-kation logam berat Cu, Zn, Ni, dan Cr yang mempunyai sifat yang sangat beracun dan dapat mencemari rantai makanan makhluk hidup disekitarnya. Oleh sebab itu limbah air yang akan dilepaskan ke badan air harus diolah terlebih dahulu agar dapat memenuhi persyaratan baku mutu air yang telah ditetapkan. Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam umumnya dilakukan dengan proses reduksi dan pengendapan yang kemudian dilanjutkan penukaran kation.

Penelitian penjerapan kation logam berat ini dilakukan dengan mengalirkan larutan yang mengandung masing-masing logam berat Cu, Zn, Ni, dan Cr ke dalam suatu kolom zeolit dengan kecepatan alir yang telah ditentukan yaitu 3, 4, 6, 8, dan 17ml/menit, dan kemudian ditetapkan jumlah unsur yang terkandung dalam filtratnya. Hal yang sama dilakukan pula untuk larutan campuran dari ke empat unsur tersebut. Ukuran butiran zeolit yang dipergunakan ada dua macam, yaitu -10+28 mesh dan -28+45 mesh.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa zeolit dengan ukuran -28+45 mesh mempunyai kecenderungan pejerapan yang lebih besar, sedangkan kecepatan alir yang lebih lambat akan menghasilkan penjerapan yang lebih besar.

Kation Cu, Zn, dan Ni dapat terjerap hampir 99%, sedangkan Cr berkisar antara 78-80%. Pola yang sama dijumpai pada larutan campuran bahwa Cu, Zn, dan Ni terjerap dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan Cr, yang mempunyai valensi yang tinggi sehingga sulit menggantikan kedudukan kation-kation lain yang terdapat pada zeolit.

KESIMPULAN

1. Bahan mineral zeolit mempunyai potensi yang cukup besar untuk meningkatkan efisiensi pemupukan unsur nitrogen dan secara tidak langsung akan meningkatkan produksi tanaman dan mengurangi pencemaran lingkungan.
2. Penggunaan zeolit sebagai bahan campuran media tanam akan dapat meningkatkan bobot buah melon serta mempercepat umur panen, dan berat basah tanaman bayam.
3. Pemberian pupuk zeolit-urea tablet (20/80) sebanyak 200 kg/ha dengan takaran N sebanyak 72 kg merupakan dosis yang menguntungkan telah menghasilkan produksi padi IR-64 sekitar 7-8 ton/ha pada empat macam tanah, yaitu: Aluvial Kerawang dan Indramayu, latosol Subang, dan Grumosol Cianjur.
4. Pemanfaatan campuran limbah lumpur dengan bahan mineral zeolit sebagai media tumbuh tanaman dapat

dimungkinkan, karena zeolit mempunyai kemampuan penjerapan terhadap logam berat terutama Pb dan Cd.

5. Bahan mineral zeolit mempunyai potensi dipergunakan dalam pengolahan limbah cair industri pelapisan logam. Kation Cu, Zn, dan Ni terjerap hampir 99%, sedangkan untuk unsur Cr 80%. Kehalusan ukuran zeolit mempengaruhi tingkat penjerapan dan kecepatan alir yang lebih lambat akan meningkatkan penjerapannya.

PUSTAKA

1. Barbarick, K.A. and Pirela, H.J. 1984. Agronomic and horticultural uses of natural zeolites: a review. p. 93-103. *In* Zeo-Agriculture and aquaculture (Pond, W.G. and Mumpton, F.A., eds.). Westview Press, Boulder, Colorado.
2. Goto, I and M, Ninaki, 1979, *Studies on Agriculture Utilization of Natural Zeolites as Soil Conditioners*.
3. Mumpton, E,A 1984, "The Role of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture", *In* W,G Pond and E,A, Mumpton (ed) *Zeo-Agriculture* Boulder: West View Press.

Teknologi Pengolahan Zeolit Menjadi Bahan yang Memiliki Nilai Ekonomi Tinggi

Didiek Hadjar Goenadi

Ketua Umum Asosiasi Inventor Indonesia, Ketua Umum Himpunan Ilmu Tanah Indonesia, dan
Direktur Eksekutif Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (LRPI)
Jl. Salak No 1A, Bogor 16151, Telp. 0251-333087, Fax. 0251-315985,
e-mail: ipardboo@indo.net.id

ABSTRAK

Zeolit merupakan sekelompok mineral alumino silikat terhidrasi dari alkalin, terutama sodium (Na), pottasium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Selama lebih dari 2000 tahun sejak ditemukannya pertama kali oleh Cronstedt pada tahun 1756 di Swedia telah ditemukan paling tidak 50 tipe zeolit alam dan telah disintesis 150 tipe zeolit sintetik. Pemanfaatan zeolit meliputi bidang yang sangat luas bedasarkan kemampuannya sebagai adsorpsi, katalis, dan penukar kation. Bagaimanapun juga, pemanfaatan zeolit alam memiliki beberapa keterbatasan antara lain karena ketersediaannya yang terbatas, komposisi mineral penyusun yang sangat bervariasi, ukuran kristal yang bervariasi, porositas, dan diameter pori yang tidak seragam. Dipihak lain zeolit sintetik dikembangkan untuk mengatasi hambatan dan kelemahan dari zeolit alami. Berbagai penelitian dan pengembangan teknologi telah dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomi zeolit dengan mengeksploitasi dan memodifikasi kemampuan zeolit sebagai adsorpsi, katalis, dan penukar kation. Zeolit yang memiliki nilai ekonomi tinggi telah dimanfaatkan di bidang: pertanian, peternakan, perikanan, pengelolaan lingkungan, industri detergen, pasta gigi, komestik, dan berbagai macam industri lainnya.

Kata kunci : Adsorpsi, katalis, penukar kation

ABSTRACT

ZEOLITE PROCESSING TECHNOLOGY TO BECOME MATERIAL WITH HIGH ECONOMICAL VALUE. *Zeolite is a group of hydrated silical alumino mineral from alkaline specially sodium (Na), Potassium (K), Calcium (Ca), and Magnesium (Mg). More then 2000 years since it found the first time by Cronstedt on the year 1756 in Sweden have been found more then 50 type of natural zeolite and 150 type synthetic zeolite. The use of zeolite covers a wide range of field due to its ability as absorber, catalyst and ion exchange. However, the use of natural zeolite have several limitation such as limited source, a very high variation mineral composition, and crystal size, porosity and un uniform pore diameter. On the other hand, synthetic zeolite is created to overcome the difficulty and weaknesses of natural zeolite. Several technological research and development have been carried out to increases the economic value of zeolite by exploitation and modifying zeolite capacity as absorber, catalyst and ion exchanger. Zeolite have been used on agriculture, cosmetics, and other industries. .*

Keywords : Adsorbtion, catalyst, ion exchanger

PENDAHULUAN

Pada tahun 1756, ahli mineralogi bernama Axel Frederick Cronstedt menemukan mineral alam, *stilbite*, yang akan kehilangan air ketika dididihkan, dan dia menamakannya *zeolite* (bahasa Yunani = batu didih). Zeolit adalah mineral aluminosilikat dengan struktur tiga dimensi berdasarkan pada polyhedral $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-4}$. Rasio $[\text{Si} + \text{Al}]/\text{O}$ di dalam zeolit adalah 0,5. Keempat ujung polihedral tersebut saling berhubungan sehingga membentuk pori-pori mikro yang dapat menahan berbagai molekul dengan ukuran yang bervariasi. Kation dan air umumnya terperangkap di dalam pori-pori tersebut. Ukuran pori-porinya bervariasi dari 2,0 hingga 4,3 Å (Rampel, 2003).

Selama dua abad sejak ditemukannya pertama kali hingga sekarang telah ditemukan paling tidak 50 tipe zeolit alam. Mineral zeolit yang umum ditemukan antara lain : *analcime*, *chabazite*, *clinoptilolite*, *erionite*, *ferrierite*, *heulandite*, *laumontite*, *mordenite*, dan *philipsite*. *Clinoptilolite* merupakan zeolit alam yang paling banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi. Selain itu *chabazite* dan *mordenite* juga digunakan secara komersial namun dalam jumlah kecil karena jumlahnya di alam yang lebih terbatas. Pemanfaatan zeolit alam memiliki beberapa kendala antara lain : jumlahnya yang terbatas, komposisi mineral yang bervariasi, ukuran kristal, porositas, dan ukuran pori-pori yang bervariasi.

Untuk mengatasi berbagai kelemahan zeolit alami para ahli mencoba untuk membuat zeolit sintetis. Zeolit sintetis pertama kali diproduksi pada tahun 1949 oleh *Linde Division of Union Carbide Corporation* di Amerika. Sejak saat itu hingga sekarang telah disintesis 150 tipe zeolit sintetis (<http://www.mineral-n-more.com>). Zeolit sintetis memiliki keunggulan dibandingkan dengan zeolit alami. Zeolit sintetis dapat dibuat dengan struktur yang lebih seragam, rasio silika dan aluminium 1:1, ukuran diameter pori-pori dapat diatur sesuai kebutuhan, dapat diperoleh sifat katalitik, adsorpsi, dan penukar kation yang diinginkan. Zeolit sintetis dimanfaatkan untuk aplikasi-aplikasi khusus seperti katalis dalam industri petrokimia,

pengolahan limbah beracun, dan limbah radioaktif.

Zeolit memiliki karakteristik yang unik. Zeolit memiliki kemampuan sebagai adsorpsi, katalis, dan penukar kation. Struktur kristal zeolit tetap stabil walau dipanaskan hingga 650° C, stabil pada kondisi basa hingga pH 10, dan stabil pada kondisi asam hingga pH 3,0 (Whitelaw, 2003; <http://www.markw.com>). Zeolit dikarakterisasi berdasarkan kemampuannya untuk melepaskan dan menyerap air tanpa merusak struktur kristalnya. Eksploitasi dan modifikasi dari karakteristik zeolit yang unik tersebut telah dimanfaatkan secara komersial pada berbagai bidang yang sangat luas, antara lain pertanian, peternakan, perikanan, pengelolaan lingkungan, industri detergen, pasta gigi, kosmetik, dan berbagai macam industri lainnya (<http://www.mineral-n-more.com>).

Konsumsi global zeolit untuk keperluan komersial mencapai lebih dari 4 juta metrik ton per tahun. Secara umum pemanfaatan zeolit dapat dibagi menjadi tiga bidang utama yaitu material bangunan, pertanian (*agriculture*), dan yang lainnya. Rasio pemakaian dari ketiga bidang tersebut adalah 6 : 2 : 1. Sedangkan konsumsi zeolit alam mencapai 3,9 juta metrik ton per tahun. Konsumsi ini diperkirakan akan terus meningkat menjadi 4,58 juta metrik ton per tahun pada tahun 2005 dan 5,5 milyar metrik ton per tahun pada tahun 2010. Konsumsi zeolit sintetis diperkirakan 1,36 milyar metrik ton per tahun. Peningkatan konsumsi ini diperkirakan akan menjadi 1,61 milyar metrik ton per tahun pada tahun 2005 dan pada tahun 2010 akan menjadi 1,86 milyar metrik ton per tahun. Nilai dari pasar zeolit tersebut diperkirakan mencapai \$2,15 milyar dan diperkirakan akan meningkat menjadi \$2,52 milyar pada tahun 2005 dan \$2,94 milyar pada tahun 2010 (<http://www.hewin>).

Penggunaan zeolit secara komersial pertama kali dilakukan pada tahun 1925 oleh dua orang ahli, Wiegel dan Steinhof, yang mempelajari kekuatan serap zeolit alam dalam hubungannya dengan molekul organik. J.W. McBain pada tahun 1932 menemukan bahwa zeolit mengadsorpsi molekul kecil dan menahan molekul yang

lebih besar. Kemampuan ini dimanfaatkan sebagai saringan molekuler.

Karakteristik zeolit dapat dimodifikasi untuk meningkatkan nilai ekonomi zeolit. Modifikasi ini diarahkan untuk pemanfaatan zeolit yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Modifikasi kerangka struktur (*framework*) zeolit dapat dilakukan dengan berbagai metode antara lain dengan mensintesis zeolit dengan kation logam selain aluminium dan silikon. Kerangka struktur zeolit dapat juga dimodifikasi dengan dealuminasi untuk meningkatkan kandungan silikon dan meningkatkan sifat hidrofobik zeolit.

ADSORPSI

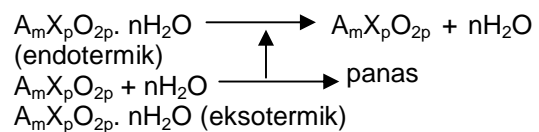
Zeolit adalah mineral yang sangat porous. Diameter pori-pori berkisar antara 2,0 hingga 4,3 Å. Pori-pori tersebut memiliki luas total yang sangat besar, satu gram zeolit luas permukaan pori-porinya ekuivalen dengan 40 meter persegi. Pori-pori inilah yang menyebabkan zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap molekul. Zeolit mampu menyerap molekul gas hingga 30% dari bobot keringnya, menyerap air hingga lebih dari 70% bobot keringnya, dan menyerap molekul beberapa hidrokarbon hingga 90% dari bobot keringnya (Whitelaw, 2003; <http://www.markw.com>).

Dimensi dari pori-pori zeolit dan kemampuannya untuk mengadsorpsi gas dan air menjadikan zeolit semacam saringan molekuler yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam aplikasi. Pemanfaatan sifat adsorpsi ini digunakan untuk proses pengeringan, purifikasi/pemurnian, dan separasi/pemisahan. Bentuk dan ukuran pori zeolit mengontrol molekul yang dapat melewatinya. Beberapa tipe molekul dapat melewati pori-pori zeolit, molekul lainnya akan terperangkap dalam pori-pori, dan molekul yang lebih besar akan terhambat. Proses aktivasi zeolit untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi dapat dilakukan dengan proses yang sederhana, seperti pemanasan untuk mengeluarkan material teradsorpsi, penggantian ion dengan sodium (Na) untuk mengeluarkan kation, atau tekanan yang tinggi untuk mengeluarkan gas. Proses pemanasan pada suhu tinggi akan mengeluarkan air

dan molekul-molekul lain yang terdapat di dalam pori-pori tanpa merusak struktur kristalnya.

Aplikasi komersial kemampuan adsorpsi zeolit misalnya untuk menghilangkan bau. Gas yang secara cepat dapat diadsorpsi oleh zeolit misalnya : amoniak, hidrogen sulfida, karbon monoksida, karbon dioksida, sulfur dioksida, oksigen, nitrogen, dan formaldehida (Whitelaw, 2003; <http://www.markw.com>). Zeolit mampu mengadsorpsi nitrogen dan amoniak atau senyawa derivatnya yang umumnya merupakan penyebab bau yang tidak sedap. Produk-produk komersial zeolit telah dimanfaatkan untuk menghilangkan bau pada lemari es, alas sepatu, dan bau pada area peternakan. Saat ini juga telah dikembangkan produk komersial yang berupa papan atau lembaran zeolit yang digunakan untuk perumahan seperti untuk ventilasi udara, ruangan kamar kecil (WC), dan lain-lain.

Baoqi *et al.* (2003) memanfaatkan sifat adsorpsi zeolit sebagai media penyimpan energi cahaya/panas. Zeolit memiliki sifat adsorpsi isoterm yang sangat tidak linier terhadap air. Kemampuan zeolit untuk mengadsorpsi dan mendesorpsi air dapat dimanfaatkan untuk menyimpan energi panas. Ketika zeolit dipanaskan, molekul air akan dikeluarkan dan energi panas akan disimpan di dalamnya untuk beberapa waktu. Ketika air diadsorpsi lagi, energi panas akan dilepaskan lagi. Kedua proses tersebut dapat digambarkan persamaan kimianya sebagai berikut :



Energi panas tetap dapat dipertahankan di dalam zeolit selama dapat dipertahankan agar zeolit tidak menyerap air kembali. Pemanenan energi panas dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan penyerapan air oleh zeolit.

Kemampuan zeolit untuk menyimpan energi panas juga telah dimanfaatkan oleh Marier-Lexhuber *et al.* (2003) untuk mengembangkan teknologi yang disebut dengan *Micro Climatization System* (MiCS). Teknologi ini dapat dikembangkan untuk berbagai aplikasi komersial yang

berdasarkan pada proses pendinginan, pemanasan, dan dehumidifikasi. Salah satu contohnya adalah teknologi *Air Conditioner* (AC). Aplikasi komersial untuk proses pengeringan makanan dengan zeolit telah dikembangkan oleh *TNO Enviromental, Energy, and Process Innovation* (<http://www.mep.tno.nl>). TNO-MEP mengembangkan sebuah teknologi untuk membuat zeolit yang memiliki afinitas sangat kuat terhadap air. Dengan menggunakan zeolit termodifikasi ini proses pengeringan makanan dapat dilakukan dengan suhu yang rendah dan waktu yang lebih singkat. Keuntungan yang didapatkan dari proses ini antara lain adalah : kerusakan makanan akibat pengeringan dengan suhu tinggi dapat dihindari, mempertahankan aroma dan senyawa aromatik makanan, waktu yang diperlukan lebih singkat, dan menghemat energi karena menggunakan suhu yang lebih rendah.

Kemampuan zeolit sebagai saringan molekuler berdasarkan pada perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas molekul terhadap zeolit. Falconer dan Noble (2003) mengembangkan membran zeolit yang digunakan untuk proses penyaringan molekuler gas dan campuran liquid. Modifikasi terhadap zeolit dilakukan untuk merubah sifat hidrofilik dan hidrofobik zeolit, serta merubah ukuran dan struktur pori-pori mikro.

Kemampuan zeolit untuk mengadsorpsi dan mendesorpsi air juga telah dimanfaatkan sebagai bahan pembawa produk-produk berbasis mikroba, seperti biofertilizer, biopestisida, dan bioinsektisida. Zeolit akan menyerap air dan mempertahankan kelembaban di dalam bahan pembawa. Mikroba dapat memanfaatkan air tersebut untuk mempertahankan kehidupannya. Bahan pembawa mikroba yang berbasis zeolit dapat mempertahankan kehidupan mikroba hingga satu tahun (Goenadi, 1995)

PENUKAR KATION

Zeolit secara alami memiliki ikatan ion logam yang mudah lepas dan mudah digantikan oleh kation lain di dalam sistem larutan. Kerangka struktur alumunium (Al) dan silikon (Si) saling berhubungan melalui pemakaian bersama atom oksigen (O). Unit SiO_4 bersifat netral $\text{Si}^{+4}/4\text{O}^-$, tetapi

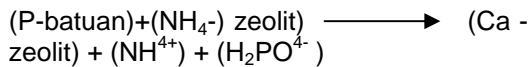
AlO_4 menghasilkan muatan negatif : $\text{Al}^{+3}/4\text{O}^-$. Muatan negatif tersebut diseimbangkan oleh kation yang terbentuk pada waktu sintesis zeolit. Kation tersebut sangat *mobile*/mudah lepas dan dapat digantikan oleh katio-kation logam lainnya. Kation logam alkali yang terdapat di dalam zeolit seperti sodium (Na) dan potasium (K) akan cenderung untuk dilepaskan dan zeolit akan menangkap kation-kaiton logam lain.

Aplikasi klasik dari zeolit sebagai penukar kation adalah digunakan untuk meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Kapasitas tukar kation erat kaitannya dengan kesuburan tanah. Nilai KTK yang tinggi menunjukkan bahwa tanah dapat mengikat kation yang merupakan unsur hara tanaman. Kation-kation ini sukar tercuci oleh air, tetapi mudah digantikan oleh kation lain (Goenadi, 1990). Peneliti *US Geological Survey* memanfaatkan zeolit untuk membuat pupuk lepas terkendali (*controlled-release fertilizers*) yang pelepasan unsur haranya terkendali, yaitu pupuk nitrogen lepas terkendali (*controlled-release nitrogen fertilizers*), pupuk fosfat lepas terkendali (*controlled-release phosphorus fertilizers*), dan pelepasan unsur hara mikro (<http://www.usgs.gov>).

Pupuk nitrogen lepas terkendali dibuat dengan cara memanaskan zeolit pada suhu 400°C sehingga air dan material lain yang terdapat di dalam pori-pori dikeluarkan dan digantikan oleh urea yang dilelehkan. Urea akan mengkristal pada suhu 132°C . Kecepatan pelepasan urea dari dalam zeolit akan lambat dalam tiga cara : (1) urea yang ditempatkan di dalam pori-pori zeolit akan terhindar dari proses pencucian (*leaching*) di dalam zona akar, (2) pelambatan konversi urea oleh enzim tanah, sehingga memperlambat pembentukan ion amonium, (3) ion amonium yang terbentuk ditangkap oleh sisi penukar zeolit sehingga terhindar dari bakteri nitrifikasi. Zeolit yang terjenuhi oleh N dengan metode ini mengandung kurang lebih 17% N dari bobot keringnya. Kecepatan pelepasan N dapat dikontrol dengan merubah ukuran butiran zeolit.

Pupuk fosfat lepas terkendali dibuat dengan mencampurkan batuan fosfat dengan zeolit yang memiliki ion dapat ditukar seperti ion

amonium. Reaksi di dalam larutan tanah dapat digambarkan sebagai berikut :



Zeolit akan menangkap ion Ca^{2+} dari batuan fosfat dan akan melepaskan ion fosfat dan amonium. Fosfat lepas terkendali dilepaskan sebagai hasil dari reaksi tanah spesifik. Pada saat fosfat diserap oleh tanaman atau terfiksasi oleh tanah, reaksi kimia akan melepaskan ion fosfat dan amonium untuk mempertahankan kondisi kesetimbangan. Kecepatan pelepasan fosfat diatur dengan memvariasikan rasio batuan fosfat dengan zeolit. Penelitian ini juga menemukan bahwa zeolit berperan pula pada pelepasan dan pengambilan unsur hara mikro oleh tanaman di tanah-tanah netral. Teknologi proses telah dikembangkan untuk membuat pupuk lepas terkendali berbasis zeolit.

Dengan metode yang hampir sama seperti di atas, zeolit dikembangkan pula sebagai media tanam tanpa tanah (*soil less media*). NASA melakukan riset untuk menumbuhkan tanaman kedelai di stasiun ruang angkasa dengan memanfaatkan zeolit yang disebut dengan *zeoponics* (<http://spaceresearch.nasa.gov>). Tanaman kedelai tersebut dapat tumbuh dengan cepat dan subur pada *zeoponic* dibandingkan pada media lain. Unsur hara tanaman dijerapkan di dalam pori-pori zeolit dan tanaman dapat ditumbuhkan hanya dengan menambahkan sedikit air pada zeolit tersebut.

Teknologi tersebut juga telah dikembangkan untuk menumbuhkan berbagai jenis tanaman. Tanaman terbukti dapat tumbuh lebih cepat dengan performa yang lebih baik. Keuntungan yang diperoleh dari teknologi ini adalah efisiensi penggunaan pupuk dapat ditingkatkan, mengurangi resiko kehilangan unsur hara, dan mengurangi pencemaran lingkungan akibat penggunaan pupuk yang berlebihan. Target pasar dari teknologi ini adalah tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti untuk menumbuhkan rumput di lapangan golf (<http://www.comercial.nasa.gov/>).

Kemampuan zeolit sebagai penukar kation juga telah dieksploitasi untuk dimanfaatkan

sebagai agen pelunak air (*water softening agent*). Zeolit akan menangkap ion-ion "berat" kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) untuk menggantikan ion sodium (Na) dan potasium (K) di dalam zeolit. Produk-produk detergen juga memanfaatkan zeolit sebagai *water softener* dan untuk menangkap ion-ion fosfat sehingga detergen menjadi lebih aman lingkungan. Konsumsi zeolit dunia untuk detergen pada tahun 1992 mencapai 1,44 juta ton/tahun (Fawer, *et.al.*, 1998).

Zeolit juga telah dimanfaatkan untuk mengolah limbah cair industri. Sebagai contoh, Cesium dapat dengan sendirinya terikat pada zeolit sehingga dapat dihilangkan dari cairan limbah. Ion amonium dapat terikat dengan zeolit sehingga mudah dihilangkan dari cairan limbah sebelum dibuang ke sungai. Kemampuan ini juga telah dimanfaatkan untuk pengolahan limbah-limbah radioaktif (<http://www.mineral-n-more.com>).

KATALIS

Zeolit memiliki kemampuan sebagai katalis untuk berbagai reaksi kimia. Kemampuan katalitik ini merupakan katalis selektif bentuk (*shape-selective catalyst*) yaitu dengan selektivitas bentuk transisi atau dengan kompetisi eksklusi reaktan berdasarkan diameter molekuler. Zeolit juga dapat menjadi katalis asam dan dapat digunakan sebagai pendukung untuk logam aktif atau reagen. Salah satu kelas reaksi penting adalah reaksi yang dikatalisasi oleh hidrogen-dapat tukar (*hydrogen-exchanged*) zeolit, dimana ikatan kerangka struktur proton memberikan peningkatan keasaman yang tinggi. Kemampuan ini telah dieksploitasi dalam berbagai reaksi organik, yang meliputi pemecahan minyak mentah, isomerisasi dan sintesis bahan bakar minyak (*fuel*). Zeolit juga telah digunakan sebagai katalis reaksi oksidasi dan reduksi, seringkali setelah atom logam diintroduksi ke dalam kerangka struktur zeolit. Sebagai contoh penggunaan titanium ZSM-5 di dalam produksi caprolactam, dan zeolit tembaga di dalam dekomposisi NOx (<http://www>).

Sifat katalitik zeolit dimanfaatkan untuk mempercepat dekomposisi pestisida di dalam air. Penelitian di University of Maine (<http://www.sciencedaily.com>) menemukan

bahwa penggunaan zeolit dapat mempercepat proses dekomposisi residu pestisida seperti *malathion*, *carbofuran*, dan *carbaryl* 35, 120, dan 164 kali lebih cepat daripada tanpa digunakan zeolit sebagai katalis. Residu pestisida dapat diadsorpsi oleh zeolit kemudian dengan bantuan cahaya matahari terjadi reaksi pemecahan. Kunci dari penemuan ini adalah menemukan zeolit yang memiliki ukuran pori yang tepat dan memiliki sifat katalis yang sesuai.

Salah satu proses komersial yang memanfaatkan katalis selektif bentuk (*shape-selective catalyst*) zeolit adalah pada proses pemurnian minyak bumi dan proses petrokimia. Zeolit telah dimanfaatkan untuk isomerisasi parafin, pengurangan wax dari minyak pelumas, dan konversi minyak kualitas rendah menjadi bensin. Teknologi proses katalitik berbasis zeolit memberikan lebih banyak keuntungan dibandingkan menggunakan proses konvensional. Teknologi ini juga telah digunakan untuk proses isomerisasi xylene, sintesis ethylbenzene, disproporsionasi toluen, dan isomerisasi C5/C6.

Selain yang telah disebutkan di atas teknologi pemanfaatan zeolit telah dimanfaatkan untuk berbagai bahan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Zeolit dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*) kertas, pasta gigi, dan berbagai bahan komestik. Selain itu zeolit juga dimanfaatkan untuk *feed additive* makanan berbagai macam ternak dan terbukti dapat meningkatkan produktivitas ternak (<http://www.zeolinc.com>).

PENUTUP

Zeolit adalah mineral yang memiliki karakteristik yang unik. Zeolit merupakan mineral yang sangat porous dengan diameter pori-pori antara 2,0 hingga 4,3 Å. Zeolit memiliki kemampuan sebagai adsorpsi, penukar kation, dan katalis. Ketiga kemampuan zeolit tersebut telah dimanfaatkan untuk berbagai macam aplikasi komersial. Nilai ekonomi zeolit diperkirakan mencapai \$2,52 milyar pada tahun 2005 dan \$2,94 milyar pada tahun 2010.

Aplikasi komersial zeolit berdasarkan pada tiga kemampuan utamanya, yaitu: sebagai adsorpsi, penukar kation, dan katalis. Aplikasi komersial zeolit meliputi bidang yang sangat luas, antara lain : pertanian, peternakan, perikanan, pengelolaan lingkungan, industri detergen, pasta gigi, komestik, dan berbagai macam industri lainnya. Pemanfaatan zeolit alam memiliki beberapa keterbatasan antara lain karena ketersediannya yang terbatas, komposisi mineral penyusun yang sangat bervariasi, ukuran kristal yang bervariasi, porositas, dan diameter pori yang tidak seragam. Berbagai kelemahan ini mendorong untuk dikembangkannya teknologi pembuatan zeolit sintetik dengan sifat dan karakteristik yang diinginkan.

Peningkatan nilai ekonomi zeolit dapat dilakukan dengan mengeksploitasi dan memodifikasi tiga kemampuan utama zeolit : adsorpsi, penukar kation, dan katalis. Eksploitasi dan modifikasi sifat adsorpsi dilakukan dengan memodifikasi ukuran pori-pori mikro dan mengeluarkan materi pengisi pori-pori. Kapasitas tukar kation dieksploitasi untuk berbagai macam aplikasi, terutama berkaitan dengan pengikatan logam-logam berat yang seringkali menjadi polutan di lingkungan air maupun tanah. Eksploitasi dan modifikasi sifat katalis zeolit dilakukan dengan merubah struktur mineral, ukuran pori-pori, dan menggantikan logam Si atau Al dengan logam-logam lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Panitia Pelaksanan untuk berpartisipasi dalam seminar ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Ir. Isroi, MSi, staf LRPI yang telah membantu penyiapan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2000. Zeolite technique speeds pesticides decomposition in water. <http://www.sciencedaily.com/releases/2000/11/001129075417.htm>
2. Anonim. 2000. Zeolite technique speeds pesticide decomposition in water. http://www.iza-online.org/Ann_28-Nov-00.html

3. Anonim. 2001. Zeolite: Industry trends and worldwide Markets in 2010. Report. <http://www.hewin>
4. Anonim. 2002. Zeolite research resumes aboard international space station. <http://www.sciencedaily.com/release/2002/07/020708087938.html>
5. Anonim. 2002. Zeolite research resumes, soybean plants thrive aboard space station. <http://spaceresearch.nasa.gov/>
6. Anonim. 2003. Controlled-release fertilizers using zeolites. U.S. Geological Survey Technology Transfer Information Partnerships. <http://www.usgs.gov/tech-transfer/factsheets/94-066b.html>
7. Anonim. 2003. Drying of food and food ingredients with zeolite. <http://www.mep.tno.nl/Informatiebladeng/240e.pdf>
8. Anonim. 2003. Fact sheet. NASA research into plant nutrition helps earth vegetation. <http://spaceresearch.nasa.gov>
9. Anonim. 2003. Information about the zeolite mineral group. http://www.minerals-n-more.com/info_zeolite_group.html
10. Anonim. 2003. Newsbrief-Patent applied for new zeolite-based lightweight concretes. Institute for Research in Construction. http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/newsletter/v1no1/patent_e.html
11. Anonim. 2003. The Beck Group: Current Research. <http://www.umich.edu/~becklab/research.html>
12. Anonim. 2003. Zar-Min Feed Additive Research. <http://www.zeonic.com>
13. Anonim. 2003. Zeolite-FAQ's. <http://www.zeolyst.com/html/faq.html>
14. Baoqi, Han., Yuan Hongyen, Yang Dequan, Liu Guoxi. 2003. Utilization of natural zeolites for solar energy storage. <http://www.fao.org/docrep/T4470E/t4470e0j.htm>
15. Falconer, J.L. and Richard D. Noble. 2003. Zeolite membrane Research. <http://www.colorado.edu/che/TalcGrp/research/zeolite.html>
16. Fawer, M., Dennis Postlethwaite, Hans-Jürgen Klüppel. 1998. Life cycle inventory for the production of zeolite A for detergents. LCA Case Studies.
17. Maier-Laxhuber, Peter., Ralf Schmidt, and Christoph Grupp. 2003. Air ventilated heating and cooling based on zeolite technology. Zeo-Tech GmbH.
18. Rempel, Siegfried. 1996. Zeolite molecular traps and their use in preventative conservation. WAAC Newsletter, V. 18. No: 1
19. Shimizu, S. and Hideaki Hamada. 2003. The invention of the world largest synthetic zeolite single crystal. <http://www.nimc.go.jp/recent/r99-09-01e.htm>
20. Whitelaw, M. 2003. Zeolite: A cyber interview. <http://www.markw.com/zeointvw.htm>
21. Whitelaw, M. 2003. Zeolites in the landscape. <http://www.markw.com/zeolite.htm>

Tata Cara Penulisan Naskah

Naskah yang akan dimuat dalam Jurnal Zeolit Indonesia harus bersifat asli, belum pernah dipublikasikan atau diterbitkan dalam media cetak lain. Naskah ditulis secara ilmiah dan sistematika sesuai dengan panduan berikut:

Judul, Abstrak dengan kata kunci (bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris), **Isi teks** terdiri dari sub judul **Pendahuluan, Bahan dan Metoda eksperimen, Hasil dan bahasan, Kesimpulan, Ucapan Terimakasih** (kalau ada), dan **Daftar Acuan Pustaka**, dan atau Daftar Pustaka (Bibliografi) yang terkait, ditulis dengan huruf kapital Arial 10 tebal.

Format:

Naskah diketik menggunakan *Microsoft Word* atau *pdf.format* dan dicetak pada kertas HVS ukuran A4, dengan batasan sebagai berikut: Margin atas dan margin kiri masing-masing 3,2 cm, margin kanan dan bawah masing-masing 2,6 cm. Jumlah halaman **maksimum 25** halaman termasuk gambar dan tabel.

1. **Judul** ditulis singkat dan informatif (huruf kapital, tebal, huruf Arial ukuran 12, di posisi tengah).
2. **Nama penulis** (huruf normal, Arial ukuran 10, di posisi tengah), dengan catatan kaki **Alamat** Penulis yang ditulis di baris terakhir halaman tersebut. **Unit kerja penulis** ditulis di bawah penulis dengan jarak 1 spasi.
3. **Abstrak** (sebagai judul: ditulis dengan huruf Arial kapital 10, tebal, di tengah. Isi abstrak ditulis dengan huruf Arial 9). **Isi abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Semua tulisan berbahasa Inggris menggunakan huruf *miring* termasuk judul makalah dalam bahasa Inggris ditulis dengan huruf miring kapital, Arial 9 tebal. Abstrak terdiri dari satu paragraf tunggal dengan jarak baris 2 spasi.
4. **Kata kunci** dan **key words** ditulis di bawah abstrak masing-masing, dengan huruf dan ukuran sama seperti isi abstrak.
5. **Isi teks** ditulis dengan huruf Arial 10 dengan spasi 2 dan dibagi 2 kolom dengan jarak antar kolom 1 cm. Antar sub-judul dengan baris pertama alinea atau antar alinea diberi jarak spasi-2 menggunakan format **justify**.
6. **Gambar dan Tabel** ditulis menggunakan perangkat lunak yang kompatibel dengan *Microsoft Word*, dicetak dengan huruf **jelas** berkualitas tinggi, dan pada lembar terpisah.
7. Daftar Acuan **Pustaka** ditulis berdasarkan nomor urut di dalam isi teks dengan huruf *superscript* dan sesuai dengan nomor daftar acuannya. Cara penulisan pustaka meliputi: Nama semua penulis, Judul tulisan, Nama buku atau majalah, Volume, Nomor, Tahun (dalam kurung) dan Nomor halaman.
8. Makalah yang diterima harus dilengkapi dengan disket file dokumennya, dan diserahkan kepada pimpinan redaksi.

Instructions for Authors

Journal of Indonesian Zeolites is the journal providing communication among users, potential users and person otherwise interested in topics such as zeolites and zeotypes microporous and nanoporous materials including reviews, articles, reports characterizations, analyses, modification and synthesizing process technology, its products and their usage, development of materials applications.

Manuscript should contain the original reviews, experimental results or ideas written in English or Indonesian systematically, and it has not been published in any other publications. It contains of **Title, Abstract** with appropriate key words and **Full Text** which cover sub-titles of **Introduction, Experimental methods, Result and Discussion, Conclusion, Acknowledgment** (if it's necessary), **References**, and related **Bibliography**, which are respectively written using bold capital Arial 10 font.

Format:

The manuscript should be written on A4 paper size using the Microsoft Word or pdf format, with the top and left margin of 3.2 cm, and the right and bottom margin of 2.6 cm. The maximum total pages are not exceeded from 25 pages include figures and tables.

1. **Title**, use a brief and informative (Capital Arial-12 **bold** font, and center)
2. **Authorship**, provide full names of authors and the name of institutions where the work is completed. Use the footnote for the addresses of all authors on the last line of the first full page.
3. **Abstract** as a title is written in Arial 10 capital bold and centre. The contents of abstract is written in normal font Arial 9, containing of a paragraph using a double spaced line.
4. **Key words** written using the same fonts as in Abstract.
5. **Full Text** is written using Arial 10 font and double spacing line with **justify** align with two column format, with column space of 1 cm. Between sub-title and the first line of the paragraph or between paragraphs should use a double spacing line.
6. **Figures and Tables** should be done using the Microsoft Word compatible software, and printed with clearly high quality printing on separated sheets.
7. **Reference** to other work should be numbered consequently and indicated by superscript number in the text corresponding to that in the reference list. It covers The name of all authors, Title, Name of Book or Journal/Publication, Volume and Number Year (in the bracket) and numbers of pages of publication.
8. The accepted manuscript should be completed with document file and submitted to the Chief Editor.