

JERAPAN NITROGEN-URINE OLEH ZEOLIT DAN PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)

Adsorption of N-Urine by Zeolite and Its Effect on the Growth of Maize

Lilik Tri Indriyati* dan Iswandi Anas

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

ABSTRACT

Generally urine contains nutrients, e.g. a high nitrogen (N) which is dissolved and being available for plants, but it is easily lost into ammonia gas. Nitrogen is most needed nutrient by plants. Natural zeolites have high affinity for ammonium ions. Ammonium-impregnated zeolites can be used as slow release nitrogen fertilizer. The aim of the experiment was carried out to observe the relationship between zeolite size and their capacity to adsorp N contained in cow urine, and to investigate the effect of the size and the rates of N-urine impregnated zeolite on the growth of maize. The research was carried out as green house experiment and it was set up as completely randomized design with three replications. Four levels of zeolite was applied at the rate of 1000, 2000, 4000, and 8000 ppm; and two levels of zeolite size, viz. less than 60 mesh and 32-60 mesh. Plant and soil parameters measured were plant height, dry matter of shoots and roots, N uptake of shoot and root, and soil cation exchange capacity (CEC). The results showed that the smaller the size of zeolites, the higher the adsorption of urine-N. However the effect of the zeolite size of 60 mesh on plant height, drymatter of shoots and roots of 21 day maize, N uptake of root, and soil CEC was significantly higher than the application of zeolite with size less than 30 mesh. Zeolite-urine rate of 2000 ppm significantly increased the plant height, dry matter of shoots, N uptake of roots, and soil CEC, but interaction between the size and the rate of zeolite showed no significant difference in all parameters observed. All plant growth parameters tend to decrease with the rate application of zeolite-urine of more than 2000 ppm

Keywords : N adsorption, urine, zeolite

ABSTRAK

Urine umumnya mengandung unsur hara, terutama nitrogen (N) yang tinggi, mudah larut dan tersedia bagi tanaman, tetapi mudah hilang dalam bentuk gas amonia. Nitrogen merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman. Zeolit merupakan mineral yang memiliki mempunyai afinitas yang tinggi terhadap ion amonium. Zeolit yang mengandung amonium dapat digunakan sebagai pupuk lambat tersedia. Tujuan percobaan ini adalah untuk melihat hubungan antara ukuran zeolit dengan kemampuannya menyerap nitrogen yang terkandung dalam urine sapi, dan mengamati pengaruh ukuran dan takaran zeolit yang telah dicampur dengan urine sapi terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Penelitian ini dilakukan dengan percobaan pot di rumah kaca yang disusun secara acak lengkap dengan tiga ulangan. Perlakuan yang diberikan adalah empat taraf takaran zeolit: 1000, 2000, 4000, dan 8000 ppm dengan dua taraf ukuran zeolit, yaitu kurang dari 60 mesh dan 32-60 mesh. Parameter tanaman dan tanah yang diukur adalah tinggi tanaman, bobot kering bagian atas dan akar tanaman, serapan N bagian atas dan akar tanaman, serta KTK tanah. Hasil percobaan menunjukkan bahwa jerapan N-urine semakin besar dengan semakin halus ukuran zeolit. Tetapi pengaruh pemberian zeolit-urine dengan ukuran 60 mesh terhadap tinggi tanaman, bobot kering bagian atas dan akar tanaman jagung umur 21 hari, serapan N akar serta KTK tanah nyata lebih tinggi daripada pemberian zeolit-urine dengan ukuran yang lebih halus (< 32 mesh). Zeolit-urine dengan takaran 2000 ppm nyata meningkatkan tinggi tanaman, bobot kering bagian atas tanaman, serapan N akar, dan KTK tanah, tetapi interaksi antara ukuran dan takaran zeolit-urine tidak berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. Pada takaran zeolit-urine lebih dari 2000 ppm, semua parameter pertumbuhan tanaman cenderung menurun.

Kata kunci : Jerapan N, urine, zeolit

PENDAHULUAN

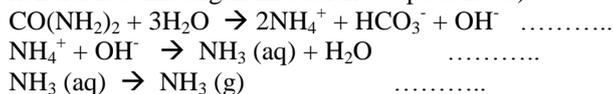
Akhir-akhir ini perhatian umum banyak dicurahkan pada pencemaran lingkungan dan pengaruhnya terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya. Salah satu bahan pencemar yang sering dijumpai adalah limbah

peternakan seperti kotoran hewan dan urinenya. Akumulasi yang besar dari limbah peternakan merupakan masalah yang serius bagi kesehatan manusia dan binatang. Di lain pihak, urine hewan mengandung unsur hara yang mudah larut dan tersedia bagi tanaman. Urine pada umumnya mempunyai kandungan kalium (K) dan nitrogen

*) Penulis Korespondensi: Telp. +6281317419501; Email. tri1503@yahoo.co.id

(N) yang tinggi. Selama proses penyimpanan kotoran hewan (baik yang padat maupun cair) menunjukkan adanya kehilangan N sebesar 30-77% (Misselbrook *et al.*, 2004), dan kehilangan P sekitar 4-30% (Kirshman, 1998).

Bagian terbesar dari nitrogen yang dikandung dalam urine yang masih segar berada dalam bentuk urea, [CO(NH₂)₂]. Urea ini akan segera terhidrolisis menjadi ammonia (NH₃) dan dapat meracuni tanaman bila urine diaplikasikan sebagai pupuk. Hidrolisis urea merupakan proses yang dimediasi oleh jasad renik dengan bantuan enzim urease. Melalui proses hidrolisis, pH meningkat dan dihasilkan amonium dan bikarbonat (Hanaeus *et al.*, 1996). Amonium berada dalam keseimbangan dengan amonia terlarut, dan amonia terlarut berada dalam keseimbangan dengan gas ammonia (nilai pKa pada kondisi keseimbangan ini adalah 9.3 pada 25°C) :



Bau yang tidak sedap dari urine disebabkan oleh amonia (NH₃) yang terkandung di dalamnya. Bila amoniak ini dapat diserap dengan suatu penyerap (adsorben), maka pencemaran udara dapat diatasi dan unsur hara yang terdapat di dalamnya dapat digunakan sebagai sumber hara bagi tanaman. Salah satu penyerap yang cukup baik untuk mengatasi masalah ini adalah zeolit. Gas-gas amoniak bereaksi dengan zeolit hidrous membentuk ion-ion amonium dan tertahan dalam struktur zeolit (Pond dan Mumpton, 1984).

Zeolit (klinoptilolit) adalah mineral yang mempunyai kisi tiga dimensi yang kaku dengan rongga-rongga saluran berukuran 0.001 mikron. Bijih zeolit yang umum disebut dengan klinoptilolit sebenarnya adalah zeolit yang kaya klinoptilolit, di mana kandungan klinoptilolitnya berkisar 60-90% dari kandungan zeolit (Armbruster, 2001). Klinoptilolit mempunyai afinitas yang tinggi terhadap ion NH₄⁺ pada tapak pertukaran internalnya (Ferguson dan Pepper, 1987; Dyier *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2000) dan zeolit ini menunjukkan selektivitas yang lebih besar terhadap ion-ion monovalen. Urutan selektivitas dari klinoptilolit menurut Mercer dan Ames (1976) adalah sebagai berikut : Cs⁺ > Rb⁺ > K⁺ > NH₄⁺ > Ba²⁺ > Sr²⁺ > Ca²⁺ >> Fe³⁺ > Al³⁺ > Mg²⁺. Penggunaan zeolit yang mengandung amonium sebagai pupuk lambat tersedia dikenal sebagai “*zeo-agriculture*” (Pond and Mumpton, 1984). Zeolit juga dapat menyerap anion-anion pada kation-kation strukturalnya, misalnya cukup banyak P yang tererap pada tapak-tapak struktur dari Al hidrus oksidanya (Sakadevan *et al.*, 1998; Wild *et al.*, 1996).

Indonesia memiliki banyak sumber zeolit. Endapan zeolit tersebar di berbagai tempat terutama tempat-tempat yang berdekatan dengan gunung api. Potensi zeolit untuk digunakan dalam bidang pertanian telah mulai diteliti di Indonesia. Sebagian besar masalah yang ada pada tanah-tanah di Indonesia adalah tingkat kemasaman yang tinggi dan kandungan unsur hara yang rendah. Zeolit dapat memperbaiki sifat-sifat tanah antara lain meningkatkan jumlah kation dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Hartatik dan Adiningsih, 1987).

Berdasarkan uraian di atas, maka percobaan ini dilakukan dengan tujuan untuk (1) mengamati hubungan antara ukuran zeolit dengan kemampuannya menyerap

nitrogen yang terdapat dalam urine sapi; (2) mengamati pertumbuhan tanaman jagung yang dipengaruhi oleh pemberian zeolit yang telah diperlakukan dengan urine sapi.

BAHAN DAN METODE

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Podsolik Merah Kuning dari Gajrug, Kabupaten Lebak pada kedalaman 0-20 cm yang diambil secara komposit. Tanaman uji yang digunakan adalah jagung varietas Kalingga. Mineral zeolit yang digunakan berasal dari Bayah, Banten Selatan. Bahan kapur yang digunakan adalah dolomit (daya netralisasi 121) sebanyak 16 ton ha⁻¹. Kebutuhan kapur didasarkan pada kandungan Al-dapat ditukar (Al-dd), yaitu setara dengan satu kali me Al-dapat dipertukarkan (Al-dd) 100g⁻¹ tanah. Urine sapi diperoleh dari kandang sapi Fakultas Peternakan, IPB. Urine sapi ditampung langsung dan diletakkan dalam suatu wadah tertutup dan sebelum digunakan dalam percobaan, urine disimpan dalam lemari pendingin pada suhu kira-kira 5°C selama satu hari. Sebelum disimpan, urine diberi satu tetes tetes HCl 1 N untuk mencegah hilangnya N melalui volatilisasi. Pupuk dasar yang diberikan terdiri dari TSP (46% P₂O₅) dan KCl (60% K₂O), sedangkan unsur mikro adalah amonium molibdat [(NH₄)₆Mo₇O₂₇.4H₂O], seng sulfat (ZnSO₄.7H₂O), besi sulfat (FeSO₄.H₂O, dan tembaga sulfat (CuSO₄.5H₂O).

Zeolit ditumbuk dan disaring sampai diperoleh lolos saringan (ukuran kurang dari) 60 mesh dan 32-60 mesh. Pengaktifan zeolit dilakukan dengan pengasaman 2N HCl selama dua jam, dan dilakukan pencucian sampai sepuluh kali dengan alkohol 80%. Setelah itu zeolit dipanaskan pada suhu 250°C selama 2 jam. Zeolit yang telah diaktifkan dicampur dengan urine sapi selama 24 jam dengan perbandingan zeolit dan urine (w/v) adalah 1:1. Setelah dicampur dengan urine, kandungan N total dalam zeolit dianalisis (Tabel 1).

Tanah yang telah diambil secara komposit dari kedalaman 0-20 cm dikeringudarkan, ditumbuk dan disaring sehingga lolos saringan 2 mm. pot percobaan sebanyak 32 buah masing-masing diisi dengan tanah setara 5 kg bobot kering mutlak (BKM), kemudian dicampur dengan dolomite dan selanjutnya diinkubasi selama dua minggu pada kondisi kapasitas lapang.

Tabel 1. Sifat kimia zeolit setelah aktivasi dan pencampuran dengan urine

Sifat Kimia	Ukuran Zeolit (mesh)	
	< 60	32-60
pH H ₂ O	3.2	3.4
pH KCl	2.2	2.3
N-total (%)	Td	0.06
P-tersedia (ppm)	td	td
Ca _{dd} (me 100g ⁻¹)	34.10	29.70
Mg _{dd} (me 100g ⁻¹)	2.53	2.14
K _{dd} (me 100g ⁻¹)	6.61	6.11
KTK (me 100g ⁻¹)	94.10	45.30
KB (%)	61.20	100
Al _{dd} (me 100g ⁻¹)	5.57	4.45
H _{dd} (me 100g ⁻¹)	1.82	3.75

td = tidak terdeteksi

Pada saat tanam, tiap pot diberi pupuk TSP, KCl, ammonium molibdat, seng sulfat, besi sulfat, dan tembaga sulfat, masing-masing dengan takaran 200 ppm P_2O_5 , 200 ppm K_2O , 2 ppm Mo, 3 ppm Zn, 1 ppm Fe, dan 2 ppm Cu. Zeolit-urine dicampur dengan tanah secara merata, kemudian ditanam lima benih jagung. Satu minggu setelah tanam bibit tanaman jagung djarangkan dan dipertahankan tiga tanaman setiap pot. Tanaman dipanen saat tanaman berumur 21 hari. Pada saat panen, tanaman jagung diambil dan dipisahkan antara bagian atas tanaman dan akar tanaman. Bagian-bagian tanaman ini selanjutnya dicuci dan dikeringkan pada suhu $60^\circ C$ selama 48 jam. Setelah kering, setiap bagian tanaman jagung ditimbang, digiling, dan disaring, untuk selanjutnya dianalisis kandungan N dalam tanaman (Kjeldhal). Pertumbuhan tanaman jagung diamati dengan mengukur tinggi tanaman pada umur 7, 14, dan 21 hari. Pada akhir percobaan dilakukan analisis tanah, yaitu KTK (NH_4OAc N pH 7.0), pH (pH meter 1:1), dan kandungan N total tanah (Kjeldhal).

Percobaan dirancang dalam Rancangan Faktorial Acak Lengkap, factor pertama adalah ukuran zeolit yang terdiri dari dua taraf ukuran zeolit (kurang dari 60 mesh dan 32-60 mesh), dan faktor kedua adalah takaran zeolit yang terdiri dari empat taraf takaran zeolit (1000, 2000, 4000, dan 8000 ppm). Semua perlakuan dilakukan dengan empat ulangan, sehingga diperoleh 32 satuan percobaan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan analisis ragam dengan uji F, sedangkan uji lanjut digunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jerapan Nitrogen (N)-Urine oleh Zeolit

Kadar N dalam urine dan N-urine yang dijerap (diadsorpsi) oleh zeolit disajikan pada Tabel 2. Data dalam Tabel 2 ditunjukkan bahwa sekitar 34.29-48.57% dari N-urine mampu dijerap oleh zeolit. Ukuran pori juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas dan laju adsorpsi zeolit terhadap adsorbat tertentu (Bonenfant *et al.*, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa zeolit (klinoptilolit) efektif dalam menyerap kation-kation amonium dari urine. Proses jerapan (adsorpsi) pada adsorban yang berongga terjadi karena terjebaknya molekul-molekul adsorbat dalam rongga mengalami penyaringan, sedangkan pada sisi aktifnya terjadi interaksi dengan molekul adsorbat (Sharma, 1986). Hasil percobaan menunjukkan bahwa makin halus ukuran zeolit, makin besar N-urine yang dijerap. Jerapan N-urine oleh zeolit yang berukuran kurang dari 60 mesh lebih tinggi 14.28% dibandingkan dengan zeolit yang berukuran lebih besar (32-60 mesh). Hal ini karena semakin kecil ukuran zeolit, maka luas permukaan spesifiknya makin besar sehingga jerapan ion ammonium (NH_4^+) pada permukaan luar zeolit juga meningkat, dan ini menyiratkan bahwa kation-kation dalam zeolit dengan ukuran yang lebih kecil lebih mudah dipertukarkan dengan kation-kation yang ada dalam larutan berair (*aqueous solutions*) (Wen dan Tang, 2006; Huang dan Yang, 2010). Tingginya kapasitas serapan (*absorption*) terhadap ammonia menyebabkan zeolit sangat efektif secara alami dalam mengontrol tingginya konsentrasi amonia yang dihasilkan dalam peternakan ikan (Polat *et al.*, 2004). Selanjutnya Pond dan Mumpton

(1984) menyatakan bahwa gas-gas amoniak bereaksi dengan zeolit hidrous membentuk ion-ion ammonium dan tertahan dalam struktur zeolit.

Tabel 2. Kadar N-urine dan persentasi N-urine yang dijerap zeolit

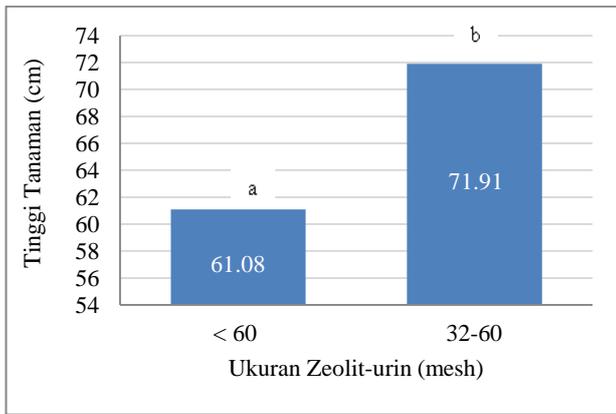
Perlakuan	N-total (%)	% N-urine Dijerap oleh zeolit
Urine	1.05	-
Zeolit < 60 mesh	td	-
Zeolit 32-60 mesh	0.06	-
Zeolit < 60 mesh + urine	0.51	48.57
Zeolit 32-60 mesh + urine	0.42	34.29

Senyawa bentuk larut yang terpenting dalam urine adalah urea, yang besarnya 80% dari seluruh fraksi N-urine. Urea yaitu diamida asam karbonat adalah hasil akhir utama metabolisme pada mamalia (Anggorodi, 1979). Urea yang terkandung dalam urine menurut Rinsema (1986) merupakan produk uraian dari protein dalam tubuh, di mana senyawa ini mudah ditransformasi oleh bakteri *Micrococcus urease* menjadi ammonium karbonat. Senyawa ini tidak stabil tapi cenderung dipecah dan menghasilkan ammoniak (NH_3). Gas-gas amoniak bereaksi dengan zeolit hidrous membentuk ion-ion ammonium dan tertahan dalam struktur zeolit (Pond dan Mumpton, 1984). Klinoptilolit mempunyai afinitas yang tinggi terhadap ion NH_4^+ pada tapak pertukaran internalnya (Ferguson dan Pepper, 1987; Dyier *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2000). Serapan N oleh zeolit tergantung pada sifat pertukaran ion dari mineral, jumlah yang digunakan, ukuran butir, dan waktu kontak.

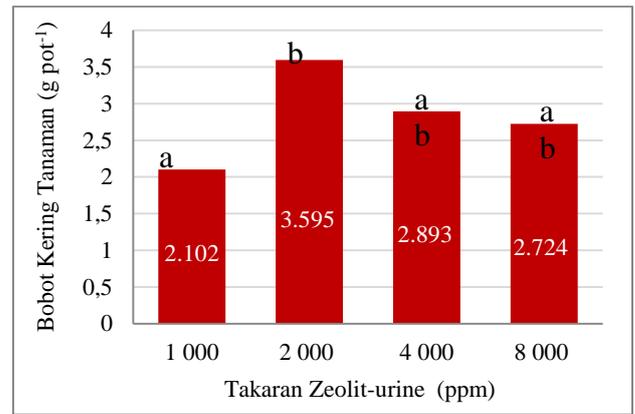
Pengaruh Zeolit-Urine terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung serta Serapan Nitrogen Bagian Atas Tanaman dan Akar

Tinggi tanaman merupakan sifat morfologi yang penting yang bertindak sebagai indikator yang nyata bagi ketersediaan sumberdaya pertumbuhan yang ada di sekitarnya. Menurut Forbes dan Watson (1992) bobot kering tanaman adalah bobot dari semua komponen kimia dalam tanaman seperti selulosa, gula, dan protein (semua yang merupakan hasil fotosintesis), serta mineral, tidak termasuk air. Ukuran atau takaran zeolit berpengaruh nyata ($p < 0.05$) pada tinggi tanaman (Gambar 1 dan 2) dan bobot kering bagian atas tanaman jagung umur 21 hari (Gambar 3 dan 4), tetapi interaksinya tidak berpengaruh nyata ($p > 0.05$) terhadap tinggi tanaman dan bobot kering tanaman jagung umur 21 hari.

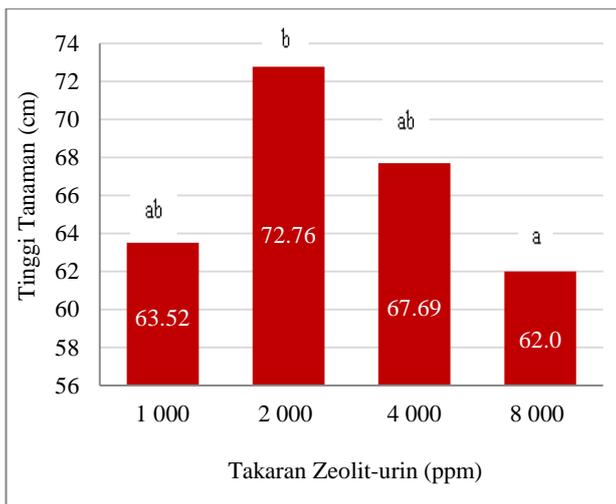
Tabel 1 menunjukkan bahwa N-urine yang mampu dijerap oleh zeolit dengan ukuran yang lebih halus (< 60 mesh) relatif lebih tinggi dibandingkan ukuran zeolit yang lebih besar. Namun pengaruh ukuran zeolit-urine yang diberikan ke dalam tanah terhadap tinggi tanaman dan bobot kering bagian atas tanaman menunjukkan bahwa pengaruh ukuran zeolit-urine yang lebih halus (<60 mesh) nyata lebih rendah dibandingkan dengan ukuran zeolit-urine yang lebih besar (32-60 mesh).



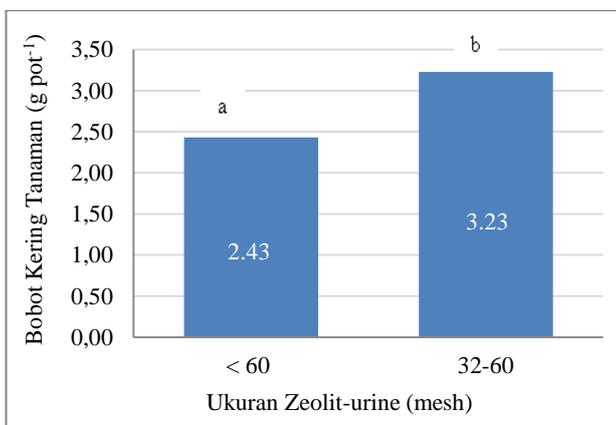
Gambar 1. Pengaruh ukuran zeolit-urine terhadap tinggi tanaman jagung umur 21 hari



Gambar 4. Pengaruh takaran zeolit-urine terhadap bobot kering tanaman jagung umur 21 hari



Gambar 2. Pengaruh takaran zeolit-urine terhadap tinggi tanaman jagung umur 21 hari



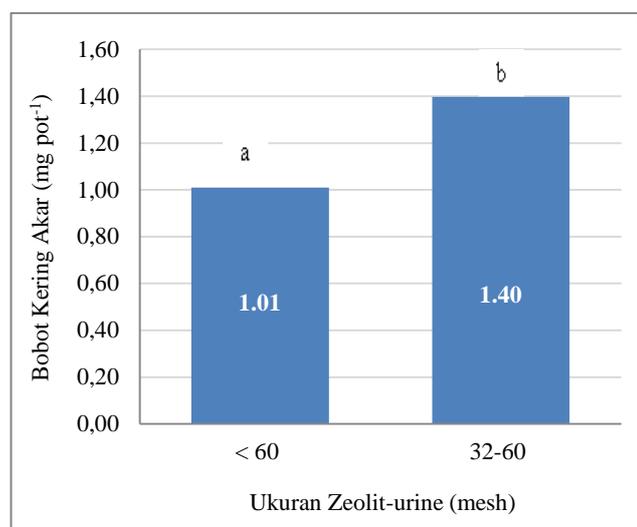
Gambar 3. Pengaruh ukuran zeolit-urine terhadap bobot kering tanaman jagung umur 21 hari

Hal ini diduga karena zeolit-urine yang berukuran halus dengan permukaan spesifik yang luas menyebabkan terjadinya sementasi berbagai ukuran partikel tanah dan zeolit sehingga meningkatkan ketahanan mekanik terhadap pertumbuhan akar, yang selanjutnya berpengaruh negatif terhadap serapan hara oleh tanaman. Terhambatnya pertumbuhan akar tanaman membatasi serapan hara. Groleau-Renaud *et al.* (1998) membuktikan bahwa pertumbuhan akar tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh hambatan mekanik dari media tumbuh. Umumnya diketahui bahwa pengaruh hambatan mekanik terhadap morfologi akar ditentukan oleh sangat berkurangnya laju pemanjangan akar dan bertambahnya diameter dari akar-akar yang terhambat (Trinchera *et al.*, 2010). Boeuf-Tremblay *et al.* (1995) selanjutnya menunjukkan bahwa bibit jagung dan pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh hambatan mekanik melalui simulasi dengan menambahkan butiran-butiran gelas (*glass beads*) ke dalam media tumbuh yang steril, yang menghasilkan akar-akar yang lebih pendek dan lebih berat per satuan panjang. Sebagaimana dilaporkan juga oleh Iijima *et al.* (1991), bahwa hambatan mekanik terhadap pertumbuhan tanaman umumnya menentukan tidak hanya perubahan pada morfologi akar, tetapi juga penurunan bobot bagian atas tanaman.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa takaran zeolit-urine sebesar 2000 ppm memberikan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman dan bobot kering bagian atas tanaman) yang paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Takaran zeolit-urine sebesar 8000 ppm memperlihatkan pertumbuhan tanaman jagung tidak berbeda dengan takaran zeolit-urine 1000 ppm.

Ukuran zeolit berpengaruh nyata ($p < 0.05$) pada bobot kering akar tanaman jagung umur 21 hari (Gambar 5), tetapi takaran dan interaksi antara ukuran dan takaran zeolit-urine tidak berpengaruh nyata ($p > 0.05$) terhadap bobot kering akar tanaman. Pada percobaan ini bobot kering tanaman diamati untuk mengukur perkembangan dan kesehatan sistem akar yang ada di bawah permukaan tanah. Sistem akar berkembang baik dari tanaman yang sedang tumbuh aktif, dan serapan air dan hara oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh kesehatan sistem perakaran, yang selanjutnya memengaruhi perkembangan dan pertumbuhan tanaman (Turk *et al.*, 2006). Dalam percobaan ini, zeolit-urine dengan ukuran 32-60 mesh

memberikan bobot kering akar yang nyata lebih tinggi daripada zolit-urine dengan ukuran yang lebih halus (<60 mesh). Selanjutnya pengaruh positif dari ukuran zeolit-urine ini juga ditunjukkan oleh pertumbuhan tanaman jagung (Gambar 1 dan 3). Olczyk (2005) menyatakan bahwa zeolit berpengaruh positif terhadap air tanah dan kemampuan retensi hara dan menurunkan pencucian N dan P dari tanah sehingga memperbaiki ketersediaan hara dalam tanah. Pada percobaan ini, pertumbuhan akar tertinggi yang ditunjukkan oleh bobot kering akar diperoleh pada perlakuan zeolit-urine dengan takaran 2000 ppm. Peningkatan jumlah takaran selanjutnya tidak memperbaiki bobot akar tanaman jagung yang ditumbuhkan di rumah kaca. Pengaruh positif zeolit terhadap perkembangan akar juga diamati pada lobak (Lewis *et al.*, 1984) dan alfalfa (Turk *et al.*, 2006). Penambahan zeolit-NH₄ dalam percobaan di rumah kaca menghasilkan peningkatan bobot akar lobak sebesar 59% dan 53%, masing-masing pada tanah bertekstur liat sedang dan tanah bertekstur liat ringan (Lewis *et al.*, 1984).



Gambar 5. Pengaruh ukuran zeolit-urine terhadap bobot kering akar tanaman jagung umur 21 hari

Serapan nitrogen (N) oleh akar tanaman jagung umur 21 hari nyata dipengaruhi oleh ukuran zeolit-urine, tetapi tidak nyata dipengaruhi oleh takaran zeolit atau interaksinya dengan ukuran zeolit. Pengaruh ukuran dan takaran zeolit-urine terhadap serapan N bagian atas tanaman dan akar tanaman jagung disajikan pada Tabel 3. Zeolit dengan ukuran 30-60 mesh nyata meningkatkan serapan N akar sebesar 53.6%, dan cenderung meningkatkan serapan N bagian atas tanaman. Hasil ini sejalan dengan hasil yang diperoleh pada pertumbuhan tanaman jagung sebagaimana dijelaskan di atas. Perbaikan kondisi lingkungan di sekitar akar, meningkatkan kemampuan akar berkembang dan menyerap nitrogen dari tanah dengan lebih baik. Serapan N bagian atas tanaman tertinggi dicapai pada perlakuan dengan takaran 2000 ppm, selanjutnya peningkatan takaran zeolit cenderung menurunkan serapan N tanaman. Pola yang sama juga diperlihatkan oleh serapan N akar (Tabel 4). Pada percobaan ini tidak ada penambahan pupuk dasar nitrogen ke dalam tanah (hanya ada tambahan N dari pupuk ammonium molibdat dengan takaran yang sangat rendah),

tetapi tanaman jagung memperlihatkan pertumbuhan yang cukup baik dan serapan N yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman jagung umur 21 hari terutama pada perlakuan ukuran 32-60 mesh dan takaran 2000 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa N-urine yang dijerap oleh zeolit dipertukarkan ke dalam tanah dan diserap oleh tanaman.

Tabel 3. Pengaruh ukuran dan takaran zeolit-urine terhadap serapan nitrogen bagian atas tanaman dan akar tanaman jagung

Ukuran Zeolit-urine (mesh)	Takaran (ppm)	Serapan N Bagian Atas Tanaman (mg pot ⁻¹)	Serapan N Akar (mg pot ⁻¹)
< 32	1,000	40.60	7.38
	2,000	79.93	14.93
	4,000	42.52	17.57
	8,000	29.87	21.26
Rerata		48.23	15.28 a
32 – 60	1,000	46.52	19.34
	2,000	70.80	34.09
	4,000	68.37	18.04
	8,000	80.68	22.42
Rerata		66.59	23.47 b

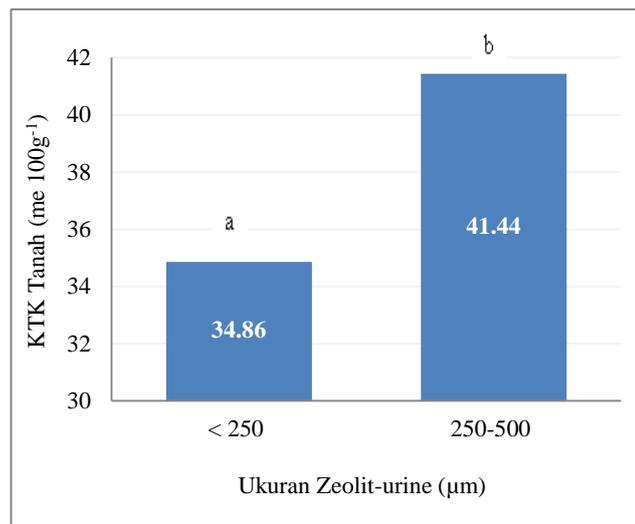
Tabel 4. Pengaruh takaran Zeolit-urine terhadap serapan nitrogen bagian atas tanaman jagung

Takaran (ppm)	Serapan N Bagian Atas Tanaman (mg pot ⁻¹)	Serapan N Akar (mg pot ⁻¹)
1,000	43.56	13.36
2,000	75.36	24.51
4,000	55.44	17.81
8,000	55.27	21.84

Pengaruh Zeolit-Urine terhadap Kapasitas Tukar Kation (KTK) Tanah

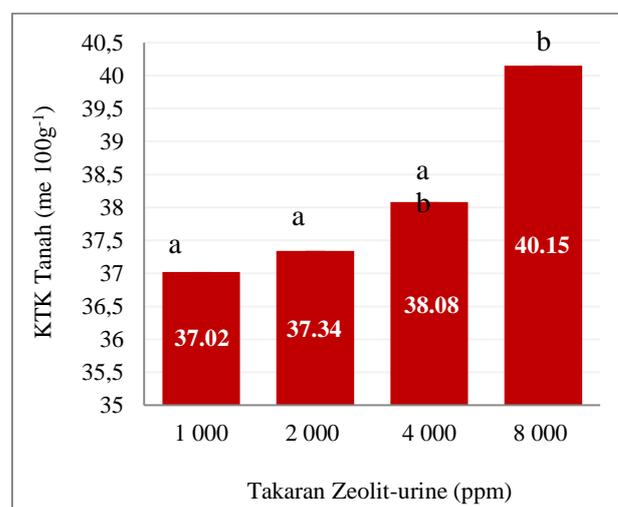
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa ukuran zeolit-urine atau takaran zeolit-urine berpengaruh sangat nyata terhadap KTK tanah, tetapi interaksi antara ukuran dan takaran zeolit-urine tidak berpengaruh nyata. Hubungan antara ukuran zeolit dan KTK tanah ditunjukkan pada Gambar 6, sedangkan hubungan antara takaran zeolit-urine dengan KTK tanah ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa ukuran atau takaran zeolit-urine berpengaruh sangat nyata terhadap KTK tanah, tetapi interaksi antara ukuran dan takaran zeolit-urine tidak berpengaruh nyata terhadap KTK tanah. Dari Gambar 6 ditunjukkan bahwa nilai KTK tanah semakin besar dengan makin besarnya ukuran zeolit-urine. Hal ini diduga bahwa terjadi kerusakan struktur mineral zeolit saat dilakukan penghancuran zeolit untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil sehingga sebagian Al yang menyusun struktur mineral zeolit terlepas dari kerangka zeolit. Dengan rusaknya struktur mineral zeolit maka kemampuan untuk menyerap dan menukarkan kation-kation dalam tanah menjadi berkurang. Suyarsono (1986) mengemukakan bahwa KTK dari zeolit merupakan fungsi dari tingkat penggantian Si oleh Al dalam struktur

mineral zeolit. Selain itu, kerusakan struktur ini menyebabkan pori-pori zeolit berkurang. Hal ini dapat mengurangi proses pertukaran kation dan akibatnya KTK tanah yang dihasilkannya lebih rendah.



Gambar 6. Pengaruh ukuran zeolit-urine terhadap Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah

Hal ini sejalan dengan hasil percobaan yang dilakukan oleh Liu (2000) bahwa zeolit berukuran tepung kehilangan kemampuannya sebagai penukar ion selama percobaan dengan kolom yang dijenuhi dengan air limbah selama 35 jam. Pada percobaan ini, sebelum diberikan ke dalam tanah zeolit yang sudah diaktifkan dicampurkan dan direndam ke dalam urine selama 24 jam. Nguyen dan Tanner (1998) melaporkan bahwa klinoptilolit memperlihatkan kerusakan struktur mineralnya setelah dilakukan pembasahan. Demikian Kismolo *et al.* (2012) berdasarkan hasil percobaan yang dilakukannya menyatakan bahwa semakin kecil ukuran butirnya, maka nilai rerata kapasitas tukar kation yang dihasilkan masing-masing logam alkali cenderung turun yang disebabkan oleh kerusakan mineral yang semakin besar pada ukuran butir yang semakin kecil. Lebih lanjut Kismolo *et al.* (2012) menyatakan bahwa pada batas tertentu peubah panas dan penambahan bahan kimia justru menurunkan nilai KTK logam-logam alkali, yang diduga karena terjadi kerusakan struktur kerangka zeolit sehingga mengakibatkan penurunan mobilitas logam-logam alkali dalam (Ca, Mg, Na dan K) dalam zeolit. Kondisi yang demikian akan menyebabkan terjadinya penurunan nilai KTK masing-masing logam alkali tersebut. Pada percobaan ini pengaktifan zeolit dilakukan dengan diasamkan dengan 2N HCl selama dua jam dan selanjutnya dipanaskan pada suhu 250°C selama dua jam. Akibat penurunan KTK tanah pada perlakuan zeolit-urine dengan ukuran yang lebih halus terlihat pada lebih rendahnya pertumbuhan tanaman jagung yang diamati (Gambar 1 dan 3).



Gambar 7. Pengaruh takaran zeolit-urine terhadap Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah

Gambar 7 terlihat bahwa semakin besar takaran zeolit-urine yang diberikan ke dalam tanah, maka KTK tanah semakin tinggi. Nilai KTK tertinggi (40.15 me 100g⁻¹) diperoleh pada pemberian takaran zeolit-urine 8000 ppm, yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan takaran zeolit-urine yang paling rendah (1000 ppm).

SIMPULAN

Hasil percobaan pot menunjukkan bahwa jerapan N-urine semakin besar dengan semakin halus ukuran zeolit. Tetapi pengaruh pemberian zeolit-urine dengan ukuran 32-60 mesh terhadap tinggi tanaman, bobot kering bagian atas dan akar tanaman jagung umur 21 hari, serapan N akar serta KTK tanah nyata lebih tinggi dibandingkan dengan ukuran zeolit-urine yang lebih halus (< 60 mesh). Zeolit-urine dengan takaran 2000 ppm nyata meningkatkan tinggi tanaman, bobot kering bagian atas tanaman, serapan N akar, dan KTK tanah, tetapi interaksi antara ukuran dan takaran zeolit-urine tidak berpengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. Pada takaran zeolit-urine lebih dari 2000 ppm, semua parameter pertumbuhan tanaman cenderung menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggorodi, R. 1979. *Ilmu Makanan Ternak Umum*. PT Gramedia, Jakarta.
- Armbruster, T. 2001. Clinoptilolite-heulandite: application and basic research. In Galarnau, A., *et al.*, (Eds), Zeolites and mesoporous materials at the dawn of the 21st century. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 135: 13-27.
- Boeuf-Tremblay, V., S. Plantureux, and A. Guckert. 1995. Influence of mechanical impedance on root exudation of maize seedlings at two development stages. *Plant Soil*, 172: 279-287.
- Bonenfant, D., M. Kharoune, P. Niquette, M. Mimeault, and R. Hausler. 2008. Advances in principal factors

- influencing carbon dioxide adsorption on zeolite. *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 9.
- Dyer, A. and K.J. White. 1999. Cation diffusion in the natural zeolite clinoptilolite. *Thermochimica acta*, 340-41, 341-348.
- Forbes, J.C. and R.D. Watson. 1992. *Plants in Agriculture*. Cambridge University Press.
- Ferguson, G.A. and I.L. Pepper. 1987. Ammonium retention in sand amended with clinoptilolite. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51: 213-234.
- Groleau-Renaud, V., S. Plantureux, and A. Guckert. 1998. Influence of plant morphology on root exudation of maize subjected to mechanical impedance in hydroponic conditions. *Plant Soil*, 201: 231-239.
- Hanæus, Å., D. Hellström, and E. Johansson. 1996. Conversion of urea during storage of human urine. *Vatten*, 52: 263-270.
- Huang, H., X. Xiao, B. Yan, and L. Yang. 2010. Ammonium removal from aqueous solutions by using natural Chinese (Chende) zeolite as adsorbent. *J. Hazard Mater.*, 175: 247-252.
- Iijima, M., Y. Kono, A. Yamauchi, and J.R. Pardales. 1991. Effect of soil compaction on the development of rice and maize root systems. *Environ Exp Bot*, 31: 333-342.
- Kirchmann, H. 1998. Phosphorus flows in Swedish society. *KSLA Tidskr*, 137: 145-156.
- Kismolo, E., Nurimaniwathy, dan T. Suyatno. 2012. Karakterisasi kapasitas tukar kation zeolit untuk pengolahan limbah B3 cair. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah - Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 2012. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan – BATAN (Yogyakarta, 4 Juli 2012).
- Lewis, M.D., F.D. Moore and K.L. Goldsberry, 1984. Ammonium-Exchanged Clinoptilolite and Granulated Clinoptilolite with Urea as Nitrogen Fertilizers. In *Zeo Agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*, Pond, W.G. and F.A. Mumpton (Eds.). Westview Press, Boulder CO., pp: 105-112.
- Liu, C. 2000. A study on the utilization of zeolite for ammonia removal from composting leachate. Thesis for the degree of Master of Science, Department of Chemical & Biological Engineering, the University of British Columbia.
- Mercer, B.W. and L.L. Ames. 1976. *Ammonia Removal from Wastewater. Natural Zeolites-Occurrence, Properties, Use*. Pergamon Press, pp. 458-462.
- Misselbrook, T.H., M.A. Sutton, and D. Scholefield. 2004. A simple process - based model for estimating ammonia emissions from agricultural land after fertilizer applications. *Soil Use and Management*, 20: 365-372.
- Nguyen, M.L. and C.C. Tanner. 1998. Ammonium removal from wastewaters using natural New Zealand zeolites. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 41:427-446.
- Olczyk, T. 2005. Vegetarian newsletter. Horticultural Sciences Department a Vegetable Crops Extension Publication, Vegetarian 05-04 April 2005.
- Polat, E., K. Mehmet, D. Halil, and O. Naci, 2004, Use of natural zeolit (Clinoptilolite) in agriculture. *J. Fruit Ornament. Plant Res.*, 12 : 183-189.
- Pond, W.G. and F.A. Mumpton. 1984. *Zeo-Agriculture – Use Of Natural Zeolites In Agriculture And Aquaculture*. Westview Press.
- Rinsema, W.T. 1986. *Pupuk dan Cara Memupuk*. Penerbit Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- Rivera, A., G. Rodríguez-Fuentes, and E. Altshuler. 2000. Time evolution of natural clinoptilolite in aqueous medium: conductivity and pH experiments. *Microporous and mesoporous materials*, 40: 173-179.
- Sakadevan, K. and H.J. Bavor. 1998. Phosphate adsorption characteristics of soils, slags and zeolite to be used as substances in constructed wetland systems. *Water Research*, 32: 393-399.
- Sharma, A. 1986. *Text Book of Physical Chemistry*. India. Vikas Publishing House. P 603.
- Suyartono. 1986. Peranan kapur dan zeolit dalam pertanian. Terbitan Khusus/Penyuluhan No. 04. Ditjen Pertambangan.
- Trinchera, A., C.M. Rivera, S. Rinaldi, A.Salerno, E. Rea and P. Sequi. 2010. Granular size effect of clinoptilolite on maize seedlings growth. *The Open Agriculture Journal*, 4: 23-30.
- Turk, M., G. Bayram, E. Budakli, and N. Celik. 2006. A study on effects of different mixtures of zeolite with soil rates on some yield parameters of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *J. Agronomy*, 5: 118-121.
- Wen, D., Y.-S. Ho, and X. Tang. 2006. Comparative sorption kinetic studies of ammonium onto zeolite, *J. Hazard. Mater.*, 133: 252-256.
- Wild, D., H. Siegrist, and A. Kisliakova. 1996. P-fixation by Mg, Ca and zeolite-A during stabilization of excess sludge from enhanced biological P-removal. *Wat. Sci. Tech.*, 34: 391-398.

