

JURNAL ZEOLIT INDONESIA
Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 8 No. 2, November, Tahun 2009

ISSN 1411-6723

1. Performa Mencit Jantan (*Mus Musculus*) Umur 28-63 Hari pada Alas Kandang Sekam, Pasir, dan Zeolit Dengan dan Tanpa Sekat Alas (**Rakhmadi I., Muladno, H. C. H Siregar, P.H. Siagian**) 53
2. Modifikasi Zeolit Alam Melalui Penanaman Inhibitor Cu dengan Metode Batch sebagai Bahan Baku Obat *Antiseptic* (**Dewi Fatimah**) 66
3. Efek Takaran Zeolit terhadap Pertumbuhan Kadar Kadmium Pupus dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) pada Cekaman Logam Berat Kadmium (**Noertjahyani, Nunung Sondari**) 76
4. Pengaruh Pupuk *Slow Release* Urea-Zeolit-Asam Humat (UZA) terhadap Produktivitas Tanaman Padi Var. Ciherang (**Kurniawan Riau Pratomo, Suwardi, Darmawan**) 83
5. Pola Pelepasan Nitrogen dari Pupuk Tersedia Lambat (*Slow Release Fertilizer*) Urea-Zeolit-Asam Humat (**Ganda Darma Nainggolan, Suwardi, Darmawan**) 89
6. Modifikasi Zeolit Alam sebagai Material Molekular *Sieve* pada Proses Dehidrasi Bioetanol (**Khaidir, Dwi Setyaningsih, dan Hery Haerudin**) 97

Diterbitkan Oleh:

IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)

Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)

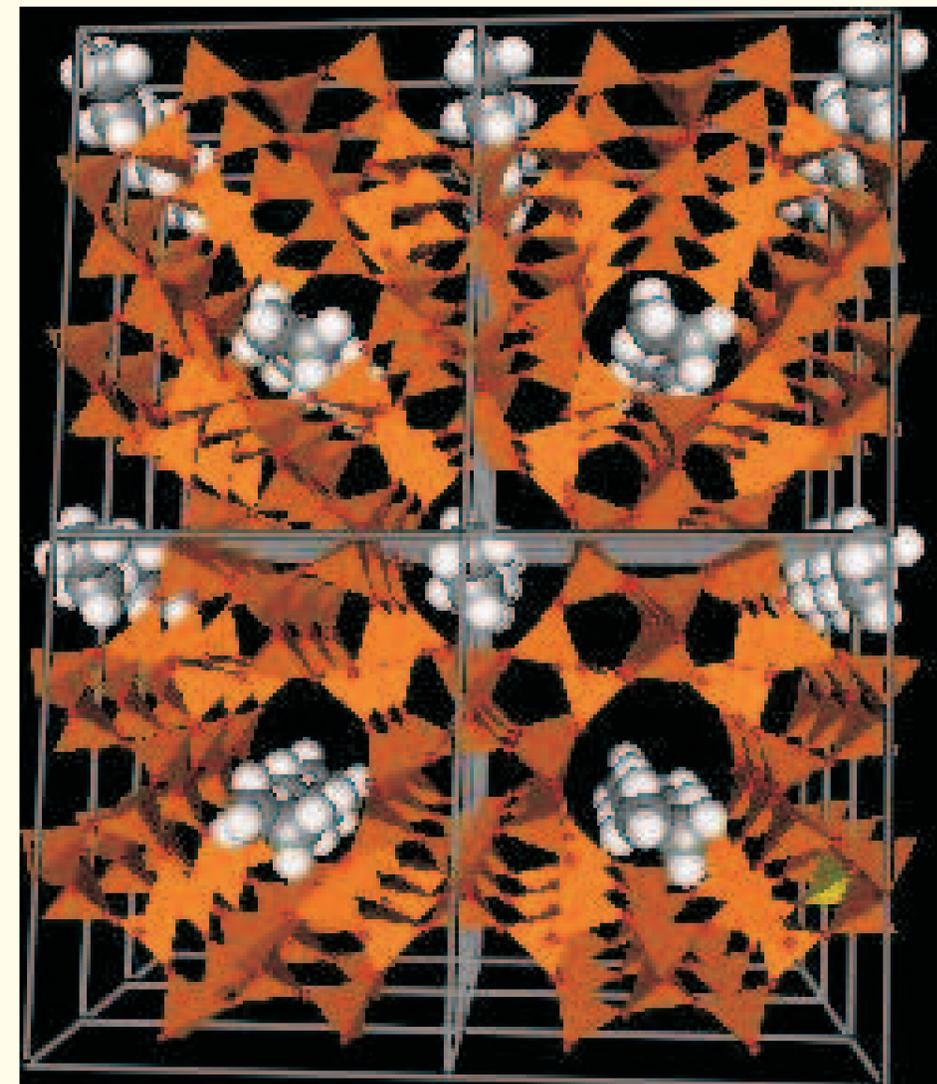
Alamat Redaksi:

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia
Telepon. (0251) 629357, Faksimili: (0251) 629357,
HP: 08129674021 email:
emails: sekretariat_izi@yahoo.com; suwardi_bogor@yahoo.com

JURNAL ZEOLIT INDONESIA
Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 8 No. 2, November, Tahun 2009

ISSN 1411-6723

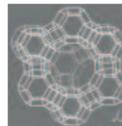


IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)
Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)



JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites



Vol. 8 No. 2, November, Tahun 2009

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
Dr. Supandi Suminta
Ir. Husaini MSc

PELAKSANA EDITOR:

Hesti Nurmayanti
Maesaroh

PIMPINAN REDAKSI/CHIEF EDITOR:

Dr. Suwardi

ALAMAT REDAKSI/ SECRETARIATE ADDRESS :

Suwardi
Departemen Ilmu Tanah dan
Sumberdaya Lahan, Fakultas
Pertanian, IPB
Jl. Meranti, Kampus IPB
Darmaga, Bogor, Indonesia
Telepon. (0251) 629357,
Faksimili: (0251) 629357,
HP: 08129674021 emails:
suwardi_bogor@yahoo.com
sekretariat_izi@yahoo.com

REKENING BANK/ BANK ACCOUNT:

BCA Cabang Bogor 0950698381

J. Zeolit Indonesia diterbitkan oleh IZI (Ikatlan Zeolit Indonesia) setahun dua kali setahun 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 bahan nanopori.

Pengantar Redaksi

Jurnal yang diterbitkan oleh asosiasi profesi seperti Jurnal Zeolit Indonesia ini memperoleh perhatian khusus dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Dalam penerbitannya kali ini merupakan hasil dari Seminar Nasional Zeolit Indonesia yang ke-6 dan mencakup makalah zeolit dalam hubungannya dengan bidang pertanian dan industri. Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan dana kepada Jurnal Zeolit Indonesia untuk pengembangan jurnal ini. Kami terus berusaha untuk meningkatkan kualitas jurnal dan mendistribusikannya kepada pembaca yang lebih luas. Terima kasih.

*Salam,
Redaksi*

Editorial

Journals published by professional association such as Indonesian Zeolite Journals obtain a special attention from Directorate General of Higher Education. In this publication is result of The National Seminar Zeolite Indonesia-6th and including zeolite papers and it is relation on Agriculture and Industry. We thank Directorate General of Higher Education for the relief fund for improvement of this journal. We endeavor for improvement of the quality and wider distribution of this journal. Thank you.

*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.

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.

- Judul** ditulis singkat dan informatif (huruf kapital, tebal, huruf Arial ukuran 12, di posisi tengah).
- 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.
- 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.
- Kata kunci** dan **key words** ditulis di bawah abstrak masing-masing, dengan huruf dan ukuran sama seperti isi abstrak.
- 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**.
- Gambar dan Tabel** ditulis menggunakan perangkat lunak yang kompatibel dengan *Microsoft Word*, dicetak dengan huruf **jelas** berkualitas tinggi, dan pada lembar terpisah.
- Daftar Acuan **Pustaka** ditulis berdasarkan nomor urut di dalam isi teks dengan angka dalam kurung [] dan sesuai dengan nomor daftar acuannya. Cara penulisan pustaka meliputi: Nama semua penulis, Tahun, Judul tulisan, Nama buku atau majalah, Volume, Nomor, dan Nomor halaman.
- 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.

- Title**, use a brief and informative (Capital Arial-12 **bold** font, and center).
- 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.
- 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.
- Key words** written using the same fonts as in Abstract.
- 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.
- Figures and Tables** should be done using the Microsoft Word compatible software, and printed with clearly high quality printing on separated sheets.
- 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.
- The accepted manuscript should be completed with document file and submitted to the Chief Editor.

PERFORMA MENCIT JANTAN (*MUS MUSCULUS*) UMUR 28-63 HARI PADA ALAS KANDANG SEKAM, PASIR DAN ZEOLIT DENGAN DAN TANPA SEKAT ALAS

Rakhmadi I.¹, Muladno², H.C.H. Siregar² dan P.H. Siagian^{2*}

¹ Alumni Fakultas Peternakan, Program Studi Teknologi Produksi Ternak, IPB

² Staf Pengajar Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, IPB
Email: pollung_siagian@yahoo.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis alas yang berbeda dengan dan tanpa sekat alas terhadap performa mencit jantan umur 28-63 hari serta mengetahui informasi kadar amoniak pada alas kandang yang berbeda. Peubah yang diamati yaitu konsumsi BK pakan, air minum, BB awal dan akhir, PBB, konversi pakan, mortalitas dan kadar amoniak dalam kandang. Rancangan yang digunakan adalah RAL dalam percobaan Faktorial 3 x 2, faktor pertama yaitu jenis alas (sekam, pasir dan zeolit) dan faktor kedua adalah penyekatan alas (tanpa penyekatan dan bersekat). Data yang diperoleh dianalisis dengan ANOVA, apabila terdapat hasil yang nyata, dilanjutkan dengan uji banding Tukey. Data yang tidak memenuhi asumsi parametrik, dianalisis dengan menggunakan uji statistik Kruskal-Wallis, sedangkan kadar amoniak dalam kandang dijelaskan secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis alas yang berbeda berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) pada konsumsi pakan dan nyata ($P < 0,05$) pada BB akhir mencit. Mencit yang dipelihara pada alas S memiliki konsumsi pakan dan BB akhir yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan jenis alas P dan Z. Sedangkan DS berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) pada konsumsi pakan dan nyata ($P < 0,05$) pada konsumsi air minum. Mencit yang dipelihara pada kandang TS memiliki konsumsi pakan yang lebih tinggi dan konsumsi minum yang rendah bila dibandingkan dengan kandang DS. Interaksi terjadi antara jenis alas dan penyekatan alas terlihat pada PBB dan konversi pakan minggu pertama hingga ketiga. Mencit pada kandang DSS dan DSP serta kandang TSZ memiliki konversi pakan dan PBB yang lebih baik bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kandang dengan alas S memiliki kadar amoniak yang tinggi bila dibandingkan dengan alas P dan Z. Kadar amoniak pada alas Z merupakan kadar yang terendah. Hasil perlakuan terbaik yang dapat dipilih dalam membudidayakan mencit adalah kandang dengan alas zeolit baik bersekat maupun tidak.

Kata kunci: Jenis alas, penyekatan alas, performa mencit

ABSTRACT

PERFORMANCE OF MALE MICE (*MUS MUSCULUS*) AGE 28-63 DAYS IN THE COTE WITH HUSK LAYER, SAND LAYER, AND ZEOLITE LAYER WITH PARTITION OR NOT. The study aimed to analyze the effect of different layer types with partition or not against performance male mice ages 28-63 days and to find out the information of ammonia on different layer cotes. The parameters measured were feed intake BK, drinking water, beginning and ending BW, ADG, feed conversions, mortality, and ammonia on cages. CRD designs was used in 3 x 2 factorial experiment, the first factor are types of layer (huks, sand, and zeolite) and the seconds factor are partition of layer (without insulation and section). The data obtained were analyzed with ANOVA if there are a real result, followed by Tukey test appeal. The data which not suitable with the parameters was analyzed with Kruskal-Wallis test, whereas the ammonia on cote described descriptively. The result showed that different types of layer most significant ($p < 0,01$) on feed intake, and significant ($p < 0,05$) on ending BW of mice. Mice that are kept at S layer type has higher feed intake and ending BW rather than P and Z layer type. DS most significant ($p < 0,01$) on feed intake and significant ($p < 0,05$) on water drinking consumption. Mice that are kept at TS cote has a feed intake higher and lower water drinking consumption rather than mice at DS cote. The interaction occurs between layer type and layer partition seen on ADG and feed conversions at first week until third week. Mice that are kept on DSS, DSP, and TSZ cote has better feed conversions and ADG rather than other treatments. Cote with S layer has a higher ammonia rather than cote with P and Z layer. Ammonia on Z layer is the lowers. Best treatment results in breed of mice can be choosen is the cote with zeolite layer with partition or not.

Keywords: layer type, partition layer, mice performance

PENDAHULUAN

Keuntungan mencit yang tinggi membuat hewan ini memiliki banyak fungsi diantaranya dimanfaatkan untuk hewan percobaan dalam model penelitian penyakit pada manusia, hewan peliharaan maupun pakan bagi hewan lain. Manfaat mencit yang tinggi menjadikan mencit harus selalu tersedia dalam jumlah yang banyak dengan produktivitas dan performa yang baik. Aspek perkandangan merupakan salah satu hal penting didalam manajemen pemeliharaan karena dengan menciptakan perkandangan yang baik dapat memberikan kenyamanan terhadap mencit sehingga performa menjadi meningkat. Umumnya pemeliharaan mencit di Indonesia menggunakan kandang berbentuk akuarium atau kotak dari plastik dengan alas serbuk kayu, gergaji, dan sekam padi.

Variasi yang dapat dilakukan berkaitan dengan perkandangan adalah memberikan jenis alas yang berbeda-beda, seperti sekam, pasir dan zeolit serta memberikan penyekatan alas kandang (kandang dengan sekat dan tanpa sekat alas). Alas kandang mencit biasanya digunakan sebagai tempat untuk bermain, tempat tidur dan membuang kotoran (urin serta feses). Feses dan urin yang bercampur dengan alas secara langsung akan membuat mencit menjadi kotor yang dapat mempengaruhi kesehatan mencit. Oleh karena itu, perlu dicari media dan tipe alas kandang yang tepat agar menghasilkan performa mencit yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis alas kandang yang berbeda (sekam, pasir dan zeolit) dengan dan tanpa penyekatan alas terhadap performa mencit. Performa mencit tersebut diukur dari peubah konsumsi pakan dan air minum, bobot akhir, PBB, konversi pakan, mortalitas mencit dan kadar amoniak pada jenis alas kandang yang berbeda-beda.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Lab. Lapang Kandang C Bagian Non Ruminansia dan Satwa Harapan Fakultas Peternakan, IPB selama 35 hari.

Materi

Penelitian ini menggunakan 42 ekor mencit (*Mus musculus*) jantan putih umur 28 hari. Kandang yang digunakan adalah kandang individu yang terbuat dari baki plastik berukuran 30 x 24 x 10 cm³ sebanyak 42 buah. Setengah dari jumlah kandang (21 buah) diberi penyekat alas yang terbuat dari kawat ram berukuran 0,5 cm. Jarak antara sekat alas dengan alas kandang adalah 0,5 cm, sedangkan sisanya (sebanyak 21 buah) tidak diberikan sekat alas, seperti terlihat pada Gambar 1. Alas kandang yang digunakan terdiri dari tiga macam yaitu alas sekam padi, pasir dan zeolit.

Komposisi pakan yang digunakan adalah 55% tepung jagung, 15% dedak padi, 15% bungkil kedelai, 10% tepung ikan, 4% minyak sayur dan 1% premix. Bahan-bahan tersebut diaduk hingga homogen dan dibentuk menjadi pelet.

Rancangan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dalam percobaan Faktorial 3 x 2 masing-masing dengan tujuh ulangan. Faktor pertama adalah jenis alas (sekam, pasir dan zeolit) dan faktor kedua adalah tanpa dan dengan sekat alas.

Model matematikanya menurut Gasperz (1995) adalah:

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

Keterangan:

Y_{ijk} = peubah pertumbuhan yang diamati pada ulangan ke-k dari faktor I ke-i dan faktor II ke-j.

μ = rata-rata umum.

α_i = pengaruh faktor I pada jenis alas ke-i, i = 3: (1). Sekam Padi, (2). Pasir dan (3). Zeolit

β_j = pengaruh faktor II pada jenis penyekatan alas ke-j; j = 2: (1). Kandang Tanpa Sekat Alas dan (2). Kandang dengan Sekat Alas

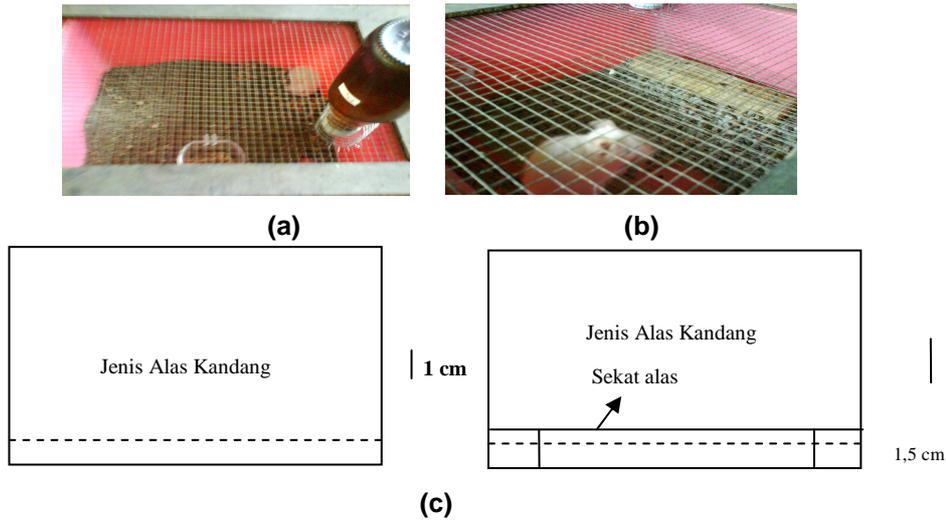
$(\alpha\beta)_{ij}$ = interaksi antara faktor I pada taraf ke-i dan faktor II pada taraf ke-j.

ϵ_{ijk} = galat percobaan pada ulangan ke-k dari faktor I ke-i serta faktor II ke-j;

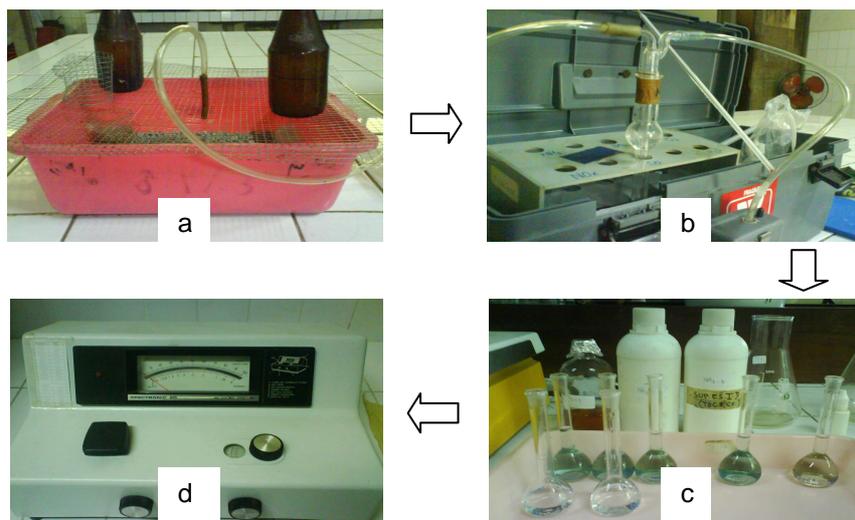
Peubah yang Diamati

1. Konsumsi Bahan Kering Pakan (gram BK/ekor/hari).
2. Konsumsi Air Minum (ml/ekor/hari).
3. Bobot Badan (gram/ekor).
4. Pertambahan Bobot Badan (gram/ekor/hari).
5. Konversi Pakan.
6. Persentase Mortalitas.
7. Kadar Amoniak (NH_3) dalam kandang

Pengukuran kadar amoniak dalam kandang dilakukan dengan menggunakan metode Nessler. Tahapan pengukuran kadar amoniak dapat dilihat pada Gambar 2. Pengukuran kadar amoniak dilakukan pada hari kedua dan keenam dengan satu kali ulangan untuk tiap perlakuan jenis alas.



Gambar 1. (a). Kandang Tanpa Sekat, (b). Kandang Bersekat dan (c). Rancangan Bangunan Kandang Mencit.



Gambar 2. Tahapan Pengukuran Kadar Amoniak

Keterangan: (a). Penampungan gas amoniak kandang yang dialirkan melalui pipa, (b). Pengaliran gas amoniak dari kandang menuju tabung uji melalui aerator, (c). Larutan yang akan diukur dengan spektrofotometer dan (d). Pengukuran larutan melalui spektrofotometer

Analisa Data

Analisis ragam dilakukan untuk melihat pengaruh tiap faktor dan interaksi dari data yang didapat. Jika hasil analisis menunjukkan nyata atau sangat nyata maka dilakukan uji perbandingan nilai tengah menggunakan uji Tukey. Jika data yang diperoleh tidak memenuhi asumsi untuk diuji secara parametrik, maka data yang diperoleh diuji secara non parametrik dengan menggunakan uji Kruskal-Wallis.

Data dikelompokkan menjadi enam taraf perlakuan, yaitu tanpa sekat dengan sekam (TSS), sekam dengan sekat (DSS), tanpa sekat dengan pasir (TSP), pasir dengan sekat (DSP), tanpa sekat dengan zeolit (TSZ) dan zeolit dengan sekat (DSZ). Rumus dari Kruskal-Wallis menurut Gasperz (1995), yaitu:

$$H = \frac{1}{s^2} \left[\sum_i \frac{R_i^2}{r_i} - \frac{N(N+1)^2}{4} \right]$$

Keterangan:

H = statistik uji Kruskal-Wallis

S^2 = ragam

R_i = jumlah pangkat dari perlakuan ke-i

r_i = jumlah ulangan pada perlakuan ke-i

N = jumlah pengamatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Penelitian

Rataan suhu dan kelembaban selama penelitian masing-masing adalah $26,56 \pm 1,46^\circ\text{C}$ dan $82,86 \pm 7,08\%$. Hasil suhu yang diamati selama penelitian merupakan suhu yang nyaman bagi mencit.

Rataan Kandungan protein kasar (PK) yang terdapat dalam pakan (15,79%) telah memenuhi kebutuhan nutrisi mencit. Kadar PK dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan, kadar amoniak urin, dan feses. Semakin tinggi kadar protein yang digunakan maka pertumbuhan mencit akan semakin baik (Sudono, 1981), namun kadar nitrogen yang dihasilkan dalam urin serta feses pun akan semakin tinggi (Parakkasi, 1995; Pilliang dan Djojosoebagio, 2006). Jika kadar protein yang dicerna dalam tubuh semakin tinggi, maka kadar urea yang berbahaya didalam tubuh akan semakin tinggi pula. Oleh karena itu, untuk mengurangi kadar urea yang tinggi

maka mencit akan mengencerkan dan mengeluarkan urea dari dalam tubuh dengan cara konsumsi air minum yang banyak.

Konsumsi air minum yang banyak menyebabkan urin yang terbuang dengan kandungan nitrogen dan urea tinggi. Kelembaban kandang yang tinggi (82,86%) menyebabkan uap air dalam tubuh yang membawa panas tubuh tidak dapat diserap udara melalui keringat. Oleh karena itu, mencit akan mengeluarkan panas dalam tubuhnya melalui saluran pencernaan yaitu urin dan feses. Sejumlah air yang hilang dalam tubuh harus diganti dengan cara mengkonsumsi air minum dalam jumlah yang banyak, sehingga jumlah urin semakin tinggi.

Kondisi kelembaban kandang yang tinggi ditambah dengan kondisi kandang yang becek akan memberi kesempatan bakteri urease untuk merubah urea menjadi amoniak sehingga kadar amoniak menjadi tinggi dan tidak menguap. Oleh karena itu, pengaruh pakan diusahakan seminimal mungkin dengan cara memberikan kadar PK pada taraf yang rendah tanpa mengganggu pertumbuhan mencit, sehingga tujuan dari penelitian ini, yaitu melihat pengaruh perlakuan (jenis alas dan penyekatan alas) terhadap pertumbuhan mencit dan kadar amoniak dapat terlihat.

Konsumsi Bahan Kering Pakan dan Air Minum Mencit

Rataan konsumsi bahan kering (BK) pakan mencit adalah 3,89 g BK/e/h seperti yang disajikan dalam Tabel 1.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsumsi pakan mencit sangat nyata ($P < 0,01$) dipengaruhi oleh jenis alas. Konsumsi pakan pada alas S, P dan Z berturut-turut adalah 4,21; 3,90 dan 3,55 g BK/e/h ketiganya berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) satu sama lain yang tampak diakibatkan oleh perbedaan tingkah laku mencit pada ketiga alas tersebut. Mencit pada alas kandang P dan Z lebih sering menggaruk badan bila dibandingkan dengan alas sekam. Keadaan ini mengurangi aktivitas makan, karena mencit lebih sering menggaruk badannya yang gatal (bahkan sampai bulu dibagian yang gatal rontok).

Tabel 1. Rataan Konsumsi Bahan Kering Pakan dan Air Minum Mencit pada Kandang Tanpa Sekat dan Bersekat dengan Alas yang Berbeda

Peubah	Jenis Alas	Penyekatan Alas				Rataan	KK
		Tanpa Sekat (TS)		Dengan Sekat (DS)			
		Rataan (g BK/e/h)	KK (%)	Rataan (g BK/e/h)	KK (%)		
Konsumsi Bahan Kering	Sekam (S)	4,33	2,17	4,08	3,51	4,21 ^A	4,21
	Pasir (P)	3,99	3,08	3,81	0,92	3,90 ^B	3,27
	Zeolit (Z)	3,59	1,31	3,52	1,37	3,55 ^C	1,64
	Rataan	3,97 ^P	8,18	3,80 ^Q	6,54	3,89	7,67
Konsumsi Air Minum		(ml/e/h)	(%)	(ml/e/h)	(%)	(ml/e/h)	(%)
	Sekam (S)	4,73	19,48	5,30	15,52	5,02	17,72
	Pasir (P)	4,05	31,67	5,05	27,62	4,55	30,50
	Zeolit (Z)	4,06	30,07	5,09	11,14	4,57	23,16
	Rataan	4,28 ^b	26,67	5,14 ^a	18,39	4,71	23,86

Keterangan: KK = Koefisien Keragaman
P,Q = Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menyatakan konsumsi berbeda pada tingkat kepercayaan 99%.
A,B,C = Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menyatakan konsumsi berbeda pada tingkat kepercayaan 99%.
a,b = Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menyatakan konsumsi berbeda pada tingkat kepercayaan 95%.

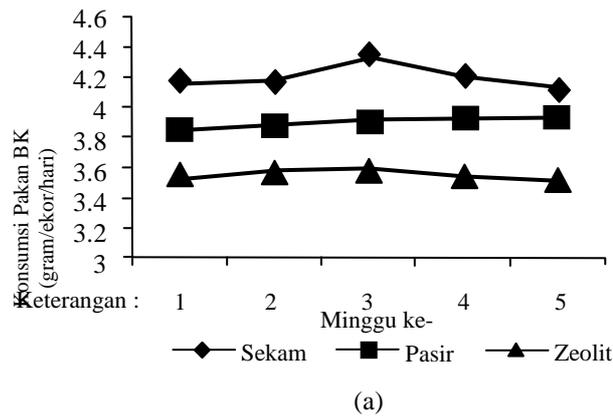
Konsumsi pakan mencit juga sangat nyata ($P < 0,01$) dipengaruhi oleh penyekatan alas. Konsumsi pakan pada kandang TS (3,97 g BK/e/h) sangat nyata ($P < 0,01$) lebih tinggi bila dibandingkan dengan konsumsi pakan pada kandang DS (3,80 g BK/e/h).

Konsumsi yang rendah ini disebabkan pada kandang DS, pakan yang jatuh ketika dimakan tidak dapat diambil kembali oleh mencit. Selain itu, konsumsi pakan yang rendah pada kandang DS disebabkan mencit lebih senang bermain. Aktivitas untuk bermain, berlari dan memanjat lebih banyak bila dibandingkan dengan aktivitas untuk makan.

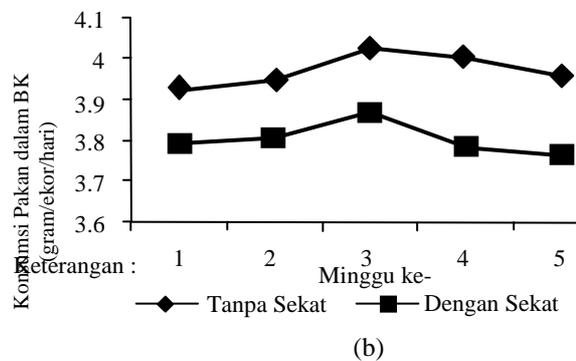
Konsumsi pakan pada setiap minggu mengalami kenaikan hingga minggu ketiga, kemudian mengalami penurunan pada minggu keempat dan kelima. Penurunan konsumsi ini disebabkan pakan berbau tengik akibat penyimpanan pakan yang terlalu lama sehingga palatabilitas pakan menjadi rendah. Secara umum, konsumsi pakan pada kandang dengan alas sekam selalu lebih tinggi daripada alas pasir dan zeolit (Gambar 3a). Begitu pula dengan konsumsi pakan pada kandang tanpa sekat selalu lebih tinggi daripada kandang bersekat pada semua minggu pengamatan (Gambar 3b).

Faktor faktor yang mempengaruhi konsumsi pakan antara lain suhu dan kelembaban kandang, kesehatan, kadar air dalam makanan (Malole dan Pramono, 1989) dan perbedaan fisiologis mencit dalam siklus kehidupan seperti pertumbuhan, reproduksi dan lain-lain (NRC, 1995).

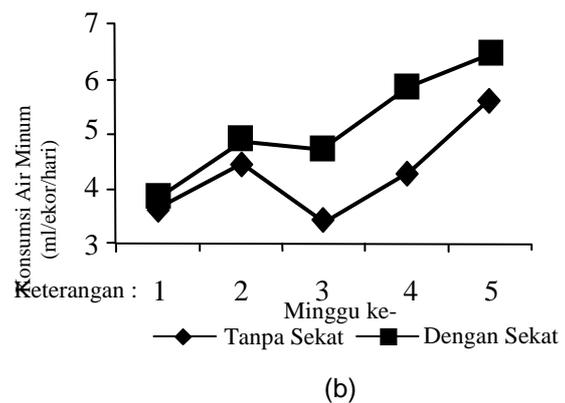
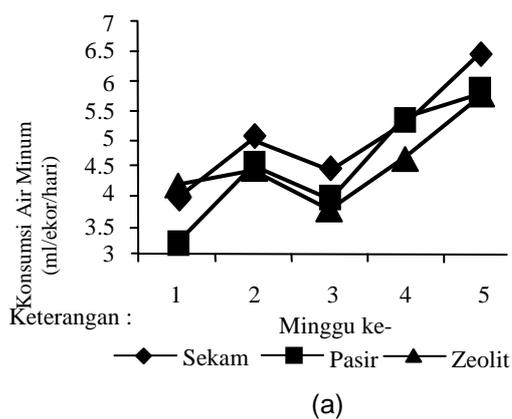
Rataan konsumsi air minum mencit adalah 4,71 ml/e/h seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Konsumsi air minum mencit nyata ($P < 0,05$) dipengaruhi oleh penyekatan alas. Konsumsi air minum pada kandang DS (5,14 ml/e/h) nyata lebih tinggi bila dibandingkan dengan konsumsi air minum pada kandang TS (4,28 ml/e/h). Konsumsi air minum yang tinggi ini disebabkan mencit pada kandang bersekat lebih agresif dan aktif bila dibandingkan dengan mencit pada kandang tidak bersekat. Mencit yang semakin aktif, artinya mencit akan semakin banyak bergerak sehingga cairan didalam tubuhnya akan berkurang pula. Oleh karena itu, untuk mengganti cairan tubuh yang hilang tersebut, maka mencit banyak mengkonsumsi air minum sehingga mengurangi konsumsi pakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3a. Konsumsi Pakan Mencit (gram BK/ekor/hari) pada Kandang dengan Alas Sekam, Pasir, dan Zeolit



Gambar 3b. Konsumsi Pakan Mencit (gram BK/ekor/hari) pada Kandang dengan atau Tanpa Sekat



Gambar 4. Konsumsi Air Minum Mencit (ml/ekor/hari) pada (a) Kandang dengan Alas Sekam, Pasir dan Zeolit serta (b) Kandang dengan atau Tanpa Sekat

Secara umum, konsumsi air minum mencit meningkat seiring dengan bertambahnya umur, namun penurunan konsumsi air minum terjadi pada minggu ketiga, kemudian meningkat kembali hingga minggu terakhir (Gambar 4). Hal ini mungkin disebabkan suhu dan kelembaban kandang yang tinggi. Suhu lingkungan yang tinggi ($26,83^{\circ}\text{C}$) seyogyanya meningkatkan konsumsi air minum, namun kelembaban kandang pada waktu yang sama sangat tinggi (86,33%), sehingga mencit mengurangi konsumsi air minum.

Amrullah (2003) menyatakan bahwa kelembaban yang tinggi menyebabkan uap air tubuh tidak dapat diserap oleh udara sekitar. Air dalam tubuh memiliki fungsi sebagai pengatur suhu tubuh, karena air dapat menyerap panas yang dihasilkan dari metabolisme tubuh. Untuk mengeluarkan panas tubuh tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya adalah pembuangan air melalui saluran pencernaan, melalui kulit serta melalui pernapasan. Untuk mengatasi hal ini maka mencit mengurangi konsumsi air minum dan mengkonsumsi pakan dalam jumlah yang cukup (sedikit naik, tetapi masih termasuk kedalam konsumsi pakan yang normal) sehingga pembuangan air dapat dilakukan melalui saluran pencernaan. Sejumlah air yang hilang tersebut harus diganti dengan cara mengkonsumsi air minum (Tillman *et al.*, 1989; Piliang dan Djojoseobagio, 2006). Faktor yang mempengaruhi konsumsi air minum adalah suhu dan kelembaban kandang, (NRC, 1995), lingkungan dan aktivitasnya (Inggris, 1980).

Bobot Badan dan Pertambahan Bobot Badan Mencit

Rataan total bobot badan awal mencit sebesar 15,38 g/e dengan koefisien keragaman 16,56% seperti yang tampak pada Tabel 2. Pertambahan bobot badan (PBB) merupakan laju pertumbuhan absolut dari mencit. Rataan PBB mencit selama penelitian berkisar antara 0,22-0,41 g/e/h dengan rataannya adalah 0,35 g/e/h (Tabel 2). Jenis alas dan penyekatan alas saling berinteraksi nyata ($P < 0,05$) mempengaruhi PBB mencit. Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa PBB mencit yang terbaik terlihat pada perlakuan DSS (0,41 g/e/h), DSP (0,39 g/e/h) dan TSZ (0,38 g/e/h).

Rataan PBB mencit terendah terlihat pada perlakuan TSP (0,28 g/e/h). Rataan PBB yang rendah ini disebabkan kondisi kandang dengan pasir yang tidak memberikan kenyamanan, seperti yang telah dikemukakan sebelumnya. Nutrisi pakan yang dikonsumsi oleh mencit tidak digunakan untuk penambahan bobot badannya, tetapi digunakan untuk energi menggaruk-garuk badannya serta pertumbuhan bulu yang rontok tersebut.

Mencit pada kandang DSS dan DSP memiliki PBB yang tinggi masing-masing 0,41 dan 0,39 g/e/h. Rataan PBB yang tinggi ini disebabkan mencit merasa nyaman dengan perlakuan tersebut. Pada kandang ini, mencit dapat bermain-main dan memiliki penampilan yang lebih baik serta bersih. Selain itu, mencit tidak perlu terganggu oleh kutu yang menyebabkan rasa gatal. Pakan yang dikonsumsi oleh mencit pada jenis kandang ini juga tidak terkontaminasi oleh jamur (bersih dan tidak bercampur dengan urin dan feses), sehingga pakan yang dikonsumsi benar-benar digunakan untuk penambahan bobot badan, bukan untuk menggaruk-garuk badan atau menumbuhkan kembali bulu yang rontok.

Mencit pada kandang TSZ pun memiliki PBB yang tinggi (0,38 g/e/h). Rataan PBB yang tinggi ini kemungkinan disebabkan adanya zeolit yang ikut dikonsumsi. Zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap zat makanan sehingga hanya sedikit saja yang terbuang dalam saluran pencernaan dan memperlambat laju digesta dalam saluran pencernaan yang memberikan kesan kenyang lebih lama dan daya serap makanan menjadi tinggi.

Rataan bobot badan akhir mencit (umur 63 hari) adalah 27,63 g/e. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa bobot badan akhir mencit nyata ($P < 0,05$) dipengaruhi oleh jenis alas. Bobot yang tinggi pada S dapat disebabkan konsumsi pakan pada alas sekam lebih tinggi bila dibandingkan dengan alas pasir dan zeolit. Selain itu, mencit pada alas ini memiliki aktivitas normal tetapi tidak agresif, sehingga aktivitas makan menjadi intensif.

Tabel 2. Rataan Bobot Badan Awal dan Akhir serta Pertambahan Bobot Badan Mencit pada Kandang Tanpa Sekat dan Bersekat dengan Alas yang Berbeda

Peubah	Jenis Alas	Penyekatan Alas				Rataan (g/e)	KK (%)
		Tanpa Sekat (TS)		Dengan Sekat (DS)			
		Rataan (g/e)	KK (%)	Rataan (g/e)	KK (%)		
Bobot Awal	Sekam (S)	16,78	15,13	15,60	13,40	16,19	14,31
	Pasir (P)	15,79	17,52	14,04	24,93	14,92	21,22
	Zeolit (Z)	14,74	11,68	15,31	15,32	15,03	13,31
	Rataan	15,77	15,34	14,99	17,81	15,38	16,56
Pertambahan Bobot Badan	Sekam (S)	0,33 ^{abq}	18,48	0,41 ^{ap}	19,65	0,37	22,04
	Pasir (P)	0,28 ^{bq}	21,85	0,39 ^{ap}	24,74	0,34	28,15
	Zeolit (Z)	0,38 ^{ap}	11,79	0,30 ^{aq}	25,34	0,34	21,17
	Rataan	0,33	20,28	0,37	25,43	0,35	23,64
Bobot Akhir	Sekam (S)	28,26	12,00	30,04	7,73	29,15 ^a	10,09
	Pasir (P)	25,76	5,64	27,66	9,02	26,71 ^b	8,22
	Zeolit (Z)	28,09	7,43	25,98	11,74	27,03 ^{ab}	10,14
	Rataan	27,37	9,50	27,89	10,87	27,63	10,14

Keterangan: KK = Koefisien Keragaman
a,b = Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menyatakan bobot akhir dan PBB berbeda pada tingkat kepercayaan 95%.
p,q = Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menyatakan PBB berbeda pada tingkat kepercayaan 95%

Konsumsi pakan pada alas Z lebih rendah bila dibandingkan dengan jenis alas lainnya, namun memiliki bobot akhir yang tidak berbeda dengan alas sekam. Ada kemungkinan zeolit sebagai alas kandang terikut dimakan oleh mencit. Zeolit memiliki kandungan mineral yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan sekam dan pasir. Kandungan mineral pakan dalam penelitian ini (7,03%) telah sesuai dengan yang direkomendasikan oleh Smith dan Mangkoewidjojo (1988) yaitu sebesar 5-6%, namun terdapat kemungkinan mencit membutuhkan mineral lain yang tidak terdapat di dalam pakan akan tetapi ada di dalam zeolit.

Oktaviana (2007) dan Panda (2007) didalam penelitiannya mendapatkan bahwa mencit yang diberikan zeolit dalam pakannya memiliki bobot badan akhir yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Zeolit dapat memperlambat laju digesta dalam saluran pencernaan sehingga memberikan kesan kenyang lebih lama dan daya serap makanan menjadi tinggi. Daya serap makanan menjadi tinggi terutama disebabkan zeolit memiliki rongga dengan ukuran antara 2-10 Å (Angstrom) sehingga zat-zat makanan seperti protein yang telah dipecah menjadi lebih kecil dalam bentuk rantai asam amino, yang ukuran molekulnya lebih kecil dengan jarak rongga dalam pilinan α -heliks berukuran maksimal 5,4 Å, dapat masuk kedalam

rongga zeolit dan mudah ditukarkan atau dilepaskan bila diperlukan (Oktaviana, 2007). Sifat ini dinamakan dengan *slow release*. Walaupun kondisi kandang alas zeolit yang agak lembab dan becek serta ada gangguan dari kutu dan belatung karena kelembaban sekitar kandang yang tinggi, mencit masih memiliki bobot akhir yang lebih baik karena pengaruh zeolit yang sedikit termakan.

Titik infleksi, yang merupakan suatu tahapan dimana hewan telah mencapai dewasa kelamin dan mengalami perlambatan laju pertumbuhan, pada faktor perlakuan jenis alas maupun penyekatan alas dicapai antara awal penelitian sampai dengan minggu pertama yaitu pada saat mencit berumur antara 28-35 hari. Dewasa tubuh mencit pada penelitian kemungkinan dicapai antara minggu keempat dan kelima (mencit berumur 56-63 hari) seperti ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 6.

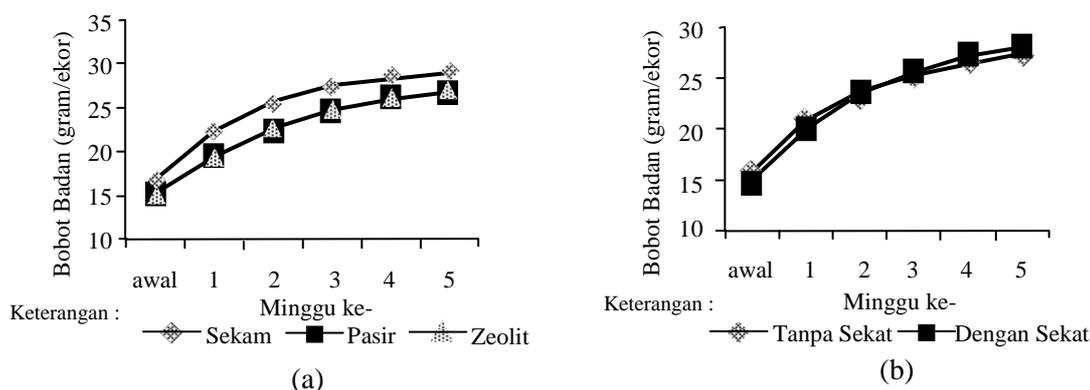
Konversi Pakan Mortalitas dan Kadar Amoniak dalam Kandang Mencit

Konversi pakan mencit tidak memenuhi asumsi untuk diuji secara parametrik, sehingga dilakukan uji non parametrik dengan menggunakan uji Kruskal-Wallis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konversi pakan tidak dipengaruhi oleh perlakuan. Rataan umum konversi pakan mencit selama lima minggu penelitian (umur 28-63 hari)

adalah 36,04 (Tabel 3). Rataan PBB yang rendah pada minggu keempat dan kelima (hampir mencapai konstan) dengan konsumsi yang relatif stabil menyebabkan nilai konversinya menjadi tinggi. Rataan PBB yang hampir konstan mengindikasikan bahwa mencit sudah mencapai dewasa tubuh, sehingga pakan yang dikonsumsi tidak dikonversi untuk pertumbuhan otot, jaringan dan tulang tetapi digunakan untuk pertumbuhan lemak dan organ-organ reproduksi. Selain itu, pada minggu keempat dan kelima ini, mencit mengkonsumsi air

minum dalam jumlah yang tinggi sehingga daya serap.

Seharusnya nilai konversi pakan mencit dalam penelitian sebesar 11,11. Nilai konversi ini pun masih lebih tinggi dari normal. Sudono (1981) menyatakan bahwa mencit memiliki konversi pakan yang tinggi karena sering makan dan minum sehingga sering melakukan urinasi dan defekasi yang mengakibatkan tingkat penyerapan nutrisinya menjadi rendah.



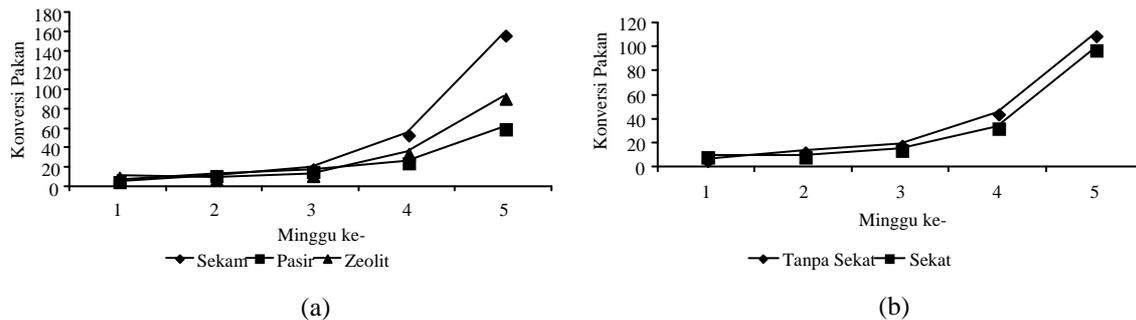
Gambar 6. Bobot Badan Mencit pada (a) Kandang dengan Alas Sekam, Pasir dan Zeolit serta (b) Kandang dengan atau Tanpa Sekat

Tabel 3. Rataan Konversi Pakan Mencit Selama Lima Minggu, Mortalitas dan Kadar Amoniak pada Kandang Tanpa Sekat dan Bersekat dengan Alas yang Berbeda

Peubah	Jenis Alas	Penyekatan Alas				Rataan	KK (%)
		Tanpa Sekat (TS)		Dengan Sekat (DS)			
		Rataan	KK (%)	Rataan	KK (%)		
Konversi Pakan	Sekam (S)	72,60	126,01	27,49	67,32	50,00	135,07
	Pasir (P)	28,47	29,36	21,68	54,95	25,07	41,86
	Zeolit (Z)	15,78	56,14	50,20	96,49	33,00	114,95
	Rataan	38,90	144,73	33,12	95,87	36,04	125,66
Mortalitas	Sekam (S)	0	0	0	0	0	0
	Pasir (P)	1	14,29	0	0	0,07	7,14
	Zeolit (Z)	0	0	1	14,29	0,07	7,14
	Rataan	0,05	4,76	0,05	4,76	0,048	4,76

Kadar Amoniak	Jenis Alas	Hari ke-2		Hari ke-6		Rataan	
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(ppm)
Kadar Amoniak	Sekam (S)	23,05	0,0304	28,25	0,0372	25,65	0,0338
	Pasir (P)	9,56	0,0126	8,19	0,0108	8,87	0,0117
	Zeolit (Z)	5,03	0,0066	4,34	0,0057	4,69	0,0062
	Rataan	12,58	0,0165	13,59	0,0179	13,07	0,0172

Keterangan: Hasil Analisis NBC di Laboratorium Analisis Kimia dan Bioaktif, Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi Institut Pertanian Bogor, Maret 2008



Gambar 7. Konversi Pakan Mencit pada (a) Kandang dengan Alas Sekam, Pasir dan Zeolit serta (b) Kandang dengan atau Tanpa Sekat

Rataan dan persentase kematian mencit yang terjadi selama penelitian disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa mortalitas mencit selama penelitian tidak dipengaruhi oleh jenis alas, penyekatan alas maupun interaksi antara keduanya. Kematian yang terjadi selama penelitian adalah 0,048 ekor atau 4,76%.

Kematian mencit pada penelitian ini hanya terjadi pada perlakuan kandang TSP dan DSZ masing-masing satu ekor atau 14,29%. Kedua mencit yang mati pada perlakuan ini kemungkinan disebabkan mencit tersebut sakit. Gejala yang muncul, yaitu tidak aktif (hanya diam pada salah satu tempat saja), jarang makan dan minum, bulunya kusam dan memiliki kerontokan bulu yang lebih parah. Mencit ini menjadi lemas dan gemeteran serta mengalami penurunan dalam bobot badan dan pada akhirnya mencit menjadi mati.

Rataan kadar amoniak dalam kandang mencit mencapai $13,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atau 0,0172 ppm seperti yang tampak pada Tabel 3. Kadar amoniak dalam kandang pada penelitian ini jauh lebih rendah daripada hasil penelitian Memarzadeh *et al.* (2004) yang mendapatkan rata-rata kadar amoniak dalam kandang mencit adalah 9,56 ppm. Perbedaan ini disebabkan perbedaan cara pengukuran sampel amoniak dalam kandang.

Victorian Government Department of Primary Industries (2007) menyatakan bahwa kadar amoniak yang boleh ada di dalam kandang mencit tidak boleh melebihi 25 ppm dalam kurun waktu lebih dari delapan jam karena dapat membuat iritasi saluran pernapasan dan dapat mengakibatkan penyakit pernapasan akut. Amoniak baru dapat dideteksi, jika kadarnya telah mencapai satu ppm. Berdasarkan analisis kadar amoniak, jumlah mencit yang dapat ditampung dalam sebuah bangunan, jika kadar amoniak

maksimum adalah 25 ppm, yaitu sebesar 1453,48 ekor atau 1454 ekor dengan syarat alas kandang yang digunakan harus diganti setiap hari.

Secara umum, alas S memiliki kadar amoniak yang lebih tinggi ($25,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atau 0,0338 ppm) kemudian P ($8,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atau 0,0117 ppm) dan Z ($4,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atau 0,0062 ppm). Alas sekam memiliki kadar amoniak yang tinggi karena kemampuannya menyerap (absorbansi) urin dan amoniak. Sekam memiliki pori-pori yang dapat mengikat urin dan amoniak. Selain itu, pada alas ini mencit mengkonsumsi pakan (4,65 gram BK/ekor/hari) yang tinggi sehingga metabolisme mencit tinggi. Metabolisme yang tinggi membutuhkan air minum untuk mengencerkan nitrogen (urea) yang dapat berbahaya bagi tubuh dan akan dikeluarkan melalui urin. Pada urin sudah terkandung amoniak dan beberapa bakteri urease yang dapat memecah protein pada urin ataupun pakan yang telah terjatuh untuk di ubah menjadi amoniak.

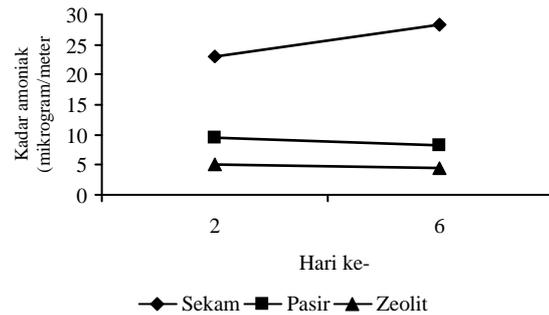
Berbeda dengan sekam, pasir tidak mempunyai kapasitas tukar kation (adsorbansi), ataupun kemampuan menyerap urin (absorbansi). Dengan sifat ini, pasir tidak mampu menyerap urin atau mengikat amoniak yang dihasilkan dengan baik, sehingga amoniak dengan mudah akan menguap ke udara dan kadar amoniaknya lebih rendah daripada sekam. Pasir memiliki ukuran yang kecil dan dalam jumlah yang padat, oleh karena itu aliran urin masih dapat tertampung di bagian tengah lapisan pasir. Urin yang tertampung ini masih terdapat kandungan protein dan bakteri urease yang dapat memecah protein tersebut menjadi amoniak. Hal ini menyebabkan pasir memiliki kandungan amoniak yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan alas zeolit. Selain itu metabolisme di dalam tubuh mencit masih

lebih rendah bila dibandingkan dengan alas sekam.

Kadar amoniak pada alas zeolit lebih rendah bila dibandingkan dengan alas sekam dan pasir, hal ini disebabkan zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap urin dan amoniak yang dihasilkan oleh mencit. Zeolit memiliki struktur pori dan memiliki muatan negatif yang mampu mengikat amoniak dengan kuat. Zeolit pun memiliki ukuran yang agak besar bila dibandingkan dengan pasir, sehingga urin dapat dengan mudah menerobos ke lapisan dasar kandang. Metabolisme tubuh mencit pun rendah karena konsumsi pakan dan air minum mencit yang lebih rendah, akibatnya urin dan feses yang dihasilkan pun akan lebih sedikit.

Keadaan kadar amoniak pada alas sekam cenderung meningkat setiap harinya, sedangkan pada alas pasir dan zeolit tidak naik bahkan cenderung menurun seperti yang tampak pada Gambar 8.

Pada alas sekam, metabolisme mencit meningkat setiap minggu seperti yang terlihat dari peningkatan konsumsi pakan dan air minum pada Gambar 3 dan 4. Jumlah urin dan bakteri urease yang dikeluarkan oleh mencit setiap harinya menjadi bertambah dan terus diserap oleh sekam, sehingga konsentrasinya menjadi jenuh. Berbeda dengan pasir dan zeolit yang mampu melepaskan amoniak ke dalam udara bebas, sehingga kadar amoniak dalam kandang pun konstan bahkan cenderung menurun.



Gambar 8. Rataan Kadar Amoniak Kandang Mencit pada Hari Kedua dan Keenam dalam Setiap Minggu

Perlakuan Terbaik

Perlakuan jenis alas dan penyekatan yang terbaik dapat menjadi alternatif pilihan bagi peternak mencit untuk dimanfaatkan dalam budidaya mencit. Perlakuan yang terbaik ini dipilih berdasarkan peubah-peubah yang diamati dalam penelitian ini dan disajikan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 memperlihatkan bahwa kandang sekat dengan berbagai jenis alas merupakan pilihan yang terbaik karena memiliki nilai yang tinggi bila dibandingkan dengan kandang tanpa penyekatan. Hal ini disebabkan karena mencit tidak perlu bersentuhan dengan alas yang kotor, urin, feses maupun memakan pakan yang telah terkontaminasi oleh jamur. Selain itu pada kandang bersekat, mencit tampak lebih senang bermain, aktif, memiliki bulu yang halus dan cerah.

Tabel 4. Perlakuan Alas yang Terbaik Berdasarkan Peubah yang Diamati

Peubah	Perlakuan					
	Sekam		Pasir		Zeolit	
	Tanpa Sekat	Sekat	Tanpa Sekat	Sekat	Tanpa Sekat	Sekat
Konsumsi Pakan	v	v	v	-	-	-
Konsumsi Minum	-	v	-	v	-	v
Bobot Akhir	v	v	-	-	v	-
PBB	-	v	-	v	v	v
Konversi Pakan	-	v	-	v	v	v
Mortalitas	v	v	-	v	v	v
Kadar Amoniak	-	-	-	-	v	v
Total	3	6	1	4	5	5

Keterangan: v = perlakuan terbaik
- = kurang baik

Penampilan mencit pun lebih baik bila dibandingkan dengan mencit pada kandang tanpa sekat (terlihat dari PBB yang tinggi dan konversi pakan yang efisien). Kelemahan yang muncul pada kandang bersekat ini adalah pakan lebih sering jatuh dan tidak dapat langsung diambil oleh mencit kembali. Sehingga, diusahakan untuk memberikan sekat dengan ukuran yang lebih rapat agar pakan dapat diambil kembali oleh mencit dan tidak terjatuh ke alas.

Kandang DSS dan DSZ serta TSZ memiliki nilai yang lebih baik bila dibandingkan dengan alas pasir. Hal ini dapat menjadi alternatif yang dapat digunakan oleh peternak mencit dalam membudidayakan mencit atau tikus. Pada alas sekam, mencit memiliki bobot akhir yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan alas zeolit. Kelemahannya adalah kadar amoniak yang tinggi sehingga alas sekam harus lebih sering diganti bila dibandingkan dengan zeolit. Hal ini tentu memerlukan tambahan tenaga kerja dan biaya. Berbeda dengan zeolit yang dapat dicuci dan digunakan kembali sehingga dapat menghemat tenaga kerja dan biaya yang dikeluarkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perlakuan terbaik yang dapat diterapkan dalam bidang pembudidayaan mencit adalah kandang dengan alas zeolit baik bersekat maupun tidak. Karena pada kandang ini mencit memiliki pertambahan bobot badan, konversi pakan, konsumsi minum, bobot akhir dan mortalitas yang lebih baik. Kadar amoniak dalam kandang pun lebih rendah bila dibandingkan dengan kandang lainnya.

Saran

Cara pengukuran konsumsi pakan sebaiknya dilakukan dengan cara menimbang bobot alas sebelum digunakan, kemudian alas yang telah digunakan dijemur, dipisahkan dengan feses dan ditimbang bobotnya. Bobot alas setelah dipisahkan dan dijemur dikurangi dengan bobot alas sebelum digunakan merupakan konsumsi pakan mencit.

Sekam dan zeolit masing-masing dapat memberikan performa yang baik bagi mencit. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terhadap komposisi campuran sekam dan zeolit yang mampu memberikan performa mencit terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gasperz, V. 1995. Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan. Jilid Pertama. Cetakan Ketiga. Tarsito, Bandung.
2. Sudono, A. 1981. Pengaruh interaksi antara genotip dan lingkungan terhadap pertumbuhan, keefisienan makanan, daya reproduksi, dan produksi susu mencit. Disertasi. Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
3. Parakkasi, A. 1995. Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Ruminan. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
4. Piliang, W. G. dan S. Djojosoebagio. 2006. Fisiologi Nutrisi. Volume I. IPB Press, Bogor.
5. Malole, M. B. M. dan U. Pramono. 1989. Penggunaan Hewan Percobaan di Laboratorium. Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
6. National Research Council. 1995. Nutrient Requirement of Laboratory Animals. Fourth Ed. National Academy Press, Washington.
7. Amrullah, I. K. 2003. Nutrisi Ayam Broiler. Cetakan Kedua. Lembaga Satu Gunung Budi, Bogor.
8. Tillman, A. D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebdoesoekojo. 1989. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
9. Inglis, J. K. 1980. Introduction to Laboratory Animal Science and Technology. Pergamon Press, Oxford, British.
10. Smith, J.B. dan S. Mangkoewidjojo. 1988. Pemeliharaan Pembiakan dan Penggunaan Hewan Percobaan di Daerah Tropis. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
11. Oktaviana, U. D. 2007. Pengaruh taraf penambahan zeolit dalam ransum terhadap performa mencit (*Mus musculus*) hasil induk litter size kedua. Skripsi. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
12. Panda, R. 2007. Pengaruh taraf penambahan zeolit dalam ransum terhadap performa produksi mencit (*Mus musculus*) lepas sapih hasil litter size pertama. Skripsi. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor.

13. Memarzadeh, F., P. C. Harrison, G. L. Riskowski dan T. Henze. 2004. Comparison of environment and mice in static and mechanically ventilated isolator cages with different air velocities and ventilation designs. *J. Contemporary Topics* 43 (1): 14-20.
14. Victorian Government Department of Primary Industries. 2007. Code of practice for the housing and care of laboratory mice, rats, guinea pigs and rabbits. http://www.dpi.vic.gov.au/animal_welfare [10 November 2007].

MODIFIKASI ZEOLIT ALAM MELALUI PENANAMAN INHIBITOR Cu DENGAN METODE BATCH SEBAGAI BAHAN BAKU OBAT ANTI-SEPTIK

Dewi Fatimah

Pusat Penelitian Geoteknologi - LIPI,
Komplek LIPI Jl. Sangkuriang Gd.70, Bandung 40135
Telp: (+62)-22-2503654
Email: dewi.fatimah@geotek.lipi.go

ABSTRAK

Zeolit alam dapat dikembangkan menjadi bahan baku alternatif produk industri farmasi, khususnya sebagai penyerap mikroba patogen dan banyak tersebar hampir di setiap Propinsi di Indonesia. Penelitian dilakukan dengan memodifikasi zeolit alam dengan cara penanaman inhibitor Cu, agar mineral industri tersebut berfungsi sebagai bahan dasar obat-obatan, khususnya sebagai *antiseptic carrier*. Proses penanaman Cu dilakukan terhadap zeolit-H dengan variasi waktu pengadukan 2, 4, 6 dan 8 jam pada suhu kamar. Proses penanaman inhibitor dengan cara batch dilakukan di dalam reaktor batch. Hasil penelitian memperlihatkan proses pemurnian mampu menurunkan kandungan oksida bebas dari unsur Si, Al, Ti, Ca dan Fe, yang menyelimuti struktur kristal dan tidak terjadi degradasi puncak mordenit dan klinoptilolit pada difraktogram XRD. Melalui analisis SEM dapat dilihat bentuk kristal mordenit dan klinoptilolit hasil pemurnian lebih jelas dan jernih. Analisis EDX memperlihatkan perubahan situs menjadi zeolit-Cu berhasil dilakukan dan dari AAS penyerapan tertinggi pada waktu pengadukan 6 jam dengan konsentrasi Cu 299,5 ppm. Uji oligo dinamik *antiseptic carrier* dari zeolit-Cu, dilakukan terhadap pertumbuhan *Candida albicans* dan *Escherichia coli*. Media yang digunakan adalah nutrisi agar, dalam berbagai konsentrasi pada suhu inkubasi 30°C selama 24-48 jam. Hasil analisis memperlihatkan zeolit-Cu secara signifikan dapat menurunkan pertumbuhan jamur *Candida Albicans* dan bakteri *Escherichia Coli*.

Kata Kunci: Modifikasi zeolit, Zeolit-H, zeolit-NH₄, zeolit-Cu, metoda batch

ABSTRACT

MODIFICATION NATURAL ZEOLIT BY PLANTING INHIBITOR OF Cu WITH BATCH METHOD AS RAW MATERIAL FOR ANTISEPTIC MEDICINE. Natural zeolite can be develop as alternative raw materials pharmaceutical product, particularly as an absorbent of microbial pathogens and it is widely spread in almost province at Indonesia. The study conducted by modifying natural zeolite by planting inhibitor of Cu which functions as raw materials for medicine, especially as an antiseptic carrier. Process of planting Cu was conducted on Zeolite-H with variation stirring time of 2,4 6, and 8 hours at room temperature. Inhibitor planting process by batch methods was conducted on batch reactor. The result showed that purification process could be reduce a free oxides from Si, Al, Ti, Ca, and Fe which covered crystal structure and there is not occurred a peaks degradation of modernite and clinoptilolite on XRD diffractogram. Through SEM analysis can be seen form of modernite and clinoptilolite crystal that result of purification process more clearer. The EDX analysis showed that conversion to zeolite-Cu was successfully done and highest absorption of ASS at stirring time of 6 hours with concentration Cu of 299,5 ppm. Dynamic oligo antiseptic carrier test from zeolite-Cu was conducted on *Candida albicans* and *Escherichia coli* Growth. The media used were gel nutrient on various concentrations at incubation time of 30°C for 24-48 hours. The result showed that Zeolite-Cu can significantly reduce a *Candida albicans* and *Escherichia coli* growth.

Keywords: Modification of zeolite, zeolite-H, zeolite-NH₄, zeoliet-Cu, batch method

PENDAHULUAN

Indonesia gagal menurunkan kandungan impor bahan baku obat dalam negeri, kandungan tersebut masih tetap berkisar 98%. Tingginya kandungan impor bahan baku obat membuat harga produk farmasi di Indonesia termasuk paling mahal di Asia. Nilai impor bahan baku farmasi Rp. 6 triliun per tahun (90% impor dari Cina), pembelian

menggunakan dolar AS. Ketika pemerintah negeri tirai bambu memperketat transportasi dan pengelolaan limbah industri farmasi, menyebabkan tersendatnya pasokan bahan baku. Sehingga awal tahun hingga Agustus 2008, harga bahan baku dari Cina meningkat rata-rata 50%-100%. Kebergantungan impor berdampak negatif terhadap kinerja industri farmasi nasional. Terpuruknya nilai tukar rupiah atas dolar AS diprediksi membuat

prospek bisnis BUMN farmasi pada tahun 2009 masih suram. Indonesia juga belum mempunyai kekuatan yang cukup di sektor industri bahan baku farmasi. Biaya untuk menemukan satu molekul sebagai bahan baku farmasi bisa mencapai 250-500 juta dolar, biaya yang sangat mahal di bidang riset dan pengembangan.^[2,3,4,5,6]

Untuk memutus salah satu mata rantai ketergantungan tersebut, telah dilakukan riset untuk memberdayakan mineral tekto-silikat alam (zeolit) sebagai substitusi impor sediaan bahan baku industri farmasi.

Secara geologi sumberdaya mineral zeolit tersebar hampir di setiap propinsi di Indonesia mulai dari Jawa, Sumatera, Kalimantan, hingga Sulawesi. Sehingga bisa diperkirakan jumlah cadangannya sangatlah melimpah. Zeolit mempunyai sifat *cation reversible*, *molecular sieve* dan sifat adsorpsi. Morfologi kristal terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah sehingga permukaan luas, mineral zeolit mempunyai luas permukaan beberapa ratus meter persegi untuk setiap gram berat. Molekul tamu (molekul teradsorpsi) akan berdifusi menyusuri saluran pori untuk mencapai permukaan dalam. Sehingga komoditi tersebut, pada dasarnya dapat dikembangkan menjadi bahan baku alternatif suatu produk industri farmasi (obat-obatan) khususnya sebagai penyerap mikroba patogen.

Ditinjau dari segi kualitasnya, zeolit alam tidak dapat secara langsung digunakan untuk keperluan industri farmasi, tetapi diperlukan pengolahan tertentu agar memenuhi syarat dan spesifikasi teknis dalam bidang kesehatan (sediaan obat). Umumnya jenis zeolit Indonesia adalah mordenit dan klinoptilolit, atau campuran keduanya, dengan mineral ikutan montmorilonit, apatit, kuarsa dan oksida bebas dari unsur Ca/Al/Si/Fe. Sifat dan pengotor ikutan zeolit alam sangat bergantung pada kondisi lingkungan pembentukannya sehingga proses pengolahan material tersebut sangat bergantung pada perolehan sampel zeolit di lapangan.

Salah satu metode untuk menekan pertumbuhan mikroba perusak atau jamur yang merugikan adalah dengan pelapisan inhibitor seperti Ag, Cu, Zn, Hg, Sn, Pb, Bi, Cd, Cr ataupun Ti yang mempunyai spektrum luas sebagai anti-mikroba, dimana dalam jumlah kecil saja dapat membunuh mikroba, karena daya oligodinamiknya

terhadap plasma sel mikroba^[13]. Bahan anti-septik dapat diperoleh melalui penanaman inhibitor, ke dalam struktur zeolit alam, dalam hal ini digunakan inhibitor Cu. Pemasukan tersebut tanpa merubah struktur kristal tetapi hanya merubah sifat fisko-kimia dari zeolit tersebut.^[10]

Endapan zeolit alam di Indonesia umumnya terdiri dari jenis mordenit dan klinoptilolit yang kadarnya bervariasi, biasanya bercampur dengan oksida pengotor dari jenis silika dan senyawa besi. Jenis mineral, mineral ikutan maupun pengotor zeolit alam, berbeda setiap daerah, sehingga *treatment* terhadap zeolit baik itu pemurnian, maupun aktivasi setiap singkapan zeolit mempunyai karakteristik yang spesifik pula.^[14]

Proses pemurnian dengan HF selain melarutkan oksida pengotor, juga dapat mengeluarkan logam alkali tanah. Lebih jauh lagi akan mengakibatkan terlarutnya sebagian Al pada kerangka dan kerusakan kerangka akan semakin meningkat bila konsentrasi asam bertambah, dimana aluminium dapat terekstrak dari kerangka (*Al framework*) pada situs asam Bronsted. Sehingga proses pemurnian material dikontrol agar sifat alamiah kristal zeolit tetap terjaga. Oksida silika bebas hanya dapat larut dalam asam fluorida (HF), tetapi penggunaan asam HF dihindarkan selain melarutkan oksida bebas, juga akan merusak struktur tetrahedral zeolit yang dibangun oleh senyawa silikat dan aluminat. Sehingga konsentrasi HF perlu dikontrol secara ketat, HF akan melarutkan SiO₂ amorf membentuk garamnya. Kondisi asam dengan larutan HCl bertujuan untuk melepaskan pengotor berupa oksida logam alkali bebas, yang terikat di sekitar kristal zeolit. Keberhasilan proses pemurnian diamati melalui analisis AAS, SEM, dan XRD.^[11]

Zeolit dibentuk oleh tetrahedral [SiO₄]⁴⁻ dan [AlO₄]⁵⁻ melalui jembatan oksigen (-Si-O-Al-), dengan struktur berongga. Kerangka tetrahedral merupakan bagian yang paling stabil, substitusi Si(IV) oleh Al(III) mengakibatkan muatan negatif dalam struktur, sehingga dinetralkan secara alamiah oleh proton gol I dan II (K, Na, Ca, Ba dan Mg) sebagai kation yang *reversible*.

Dalam kondisi netral (kristal zeolit) situs asam dari kation penetral, posisinya tidak mudah disubstitusi oleh kation Cu²⁺, karena Cu²⁺ termasuk asam madya (*Hard and Soft Acid Bases* dari Pearson). Akibatnya situs

asam dari rangka perlu diubah menjadi situs asam lunak melalui pembentukan H-zeolit.

Afinitas zeolit - RSH (2-merkaptobenzotiazol) terhadap campuran biner kation Cd/Cr, penarikan kation Cd²⁺ kurang lebih 10 kali lebih besar daripada Cr³⁺ [8]. Hal tersebut sesuai dengan konsep Pearson, modifikasi zeolit-RSH menjadi situs basa lemah akan mengikat kation Cd²⁺ (asam lemah) terlebih dahulu, dibandingkan terhadap kation Cr³⁺ (asam kuat). Berdasarkan konsep Lewis, asam lemah akan berikatan dengan basa lemah membentuk ikatan kovalen, sehingga kation Cr³⁺ kompetisinya menempati urutan berikutnya.

Pembentukan Cu-zeolit dari mordenit Cikancra [17] dengan kation tunggal yang di-impregnasikan pada kondisi asam, melalui proses tukar-kation zeolit ter-dealuminasi, pembentukan H-mordenit dan kalsinasi, perolehan Cu-mordenit mencapai 99.96%. Tetapi impregnasi dengan campuran biner Cu/Zn, jumlah Cu dan Zn yang masuk ke dalam struktur berturut-turut 12.54% dan 53.58% saja. Meskipun dari hasil penelitian tersebut belum diperoleh hasil optimal, namun paling tidak telah dapat memberikan gambaran nyata bahwa zeolit alam termodifikasi dapat di-impregnasi oleh logam inhibitor. [17]

Tetrahedral zeolit di alam Indonesia, biasanya berupa kation dari jenis K, Na, Ca, Ba dan Mg. Kation, bukan merupakan bagian kerangka zeolit dan terdistribusi di saluran rongga-rongga rangka, bersifat mudah bergerak, tetapi tidak mudah meninggalkan kristal, karena untuk mempertahankan kenetralan kristal. Berdasarkan sifat tersebut, maka dipilih teknik modifikasi melalui metoda *batch* (*wet impregnation*) terhadap H-zeolit oleh kation Cu. Teknik yang digunakan dilakukan berdasarkan sifat tukar-kation logam alkali tanah oleh gugus ammonium yang bersifat logam. Dilanjutkan dengan perlakuan termal untuk menguraikan ammonium menjadi H-zeolit, kemudian perlakuan dengan asam untuk menyempurnakan pembentukan zeolit-H [10]. Uji produk diwakili oleh spesies *Escherichia coli* dan *Candida albicans* di dalam media nutrisi agar. Pengujian tersebut akan memberikan gambaran berhasil tidaknya proses modifikasi dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan jamur dan bakteri.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik modifikasi zeolit alam dengan

metoda *batch* menjadi zeolit-Cu terhadap pertumbuhan jamur dan bakteri.

METODA PENELITIAN

Zeolit yang diambil dari alam, diseleksi dan dibersihkan dari pengotor non-zeolit seperti tanah, ranting ataupun lapukan organik, kemudian dilakukan pencucian dengan air. Pengeringan pada suhu 105°C, untuk mempermudah proses pengecilan ukuran. Batuan zeolit hasil sampling pada umumnya dalam bentuk bongkah sehingga perlu dipecah (*crushing*), digiling (*grinding*) dan disaring (*screening*), zeolit yang digunakan berukuran -8 +16 mesh.

Tahapan proses terbagi dalam 3 tahap sebagai berikut :

1. Pemurnian

Zeolit dengan ukuran 8+16 mesh sebanyak 200 gram ditambahkan 400 ml asam fluorida 0,1 N, diaduk selama 10 menit, kemudian disaring, selanjutnya diperlakukan dengan HCl 0,5 N dengan pengadukan selama 10 menit. Kemudian zeolit dicuci sampai bebas asam; pengeringan zeolit dilakukan pada suhu 105°C selama 1 jam, dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada suhu 300°C selama 2 jam. Selanjutnya dilakukan analisis AAS, SEM-EDX dan XRD.

2. Modifikasi

Zeolit hasil pemurnian, dimasukkan ke dalam reaktor *batch*, ditambahkan ammonium asetat 1N, diaduk selama 4 jam, kemudian disaring. Zeolit-NH₄ dikeringkan pada suhu 105°C 1 jam. Dilanjutkan proses kalsinasi pada suhu 300°C 2 jam. Kemudian bahan diperlakukan dengan HCl 0,5 N dengan pengadukan selama 2 jam. Dilakukan penyaringan, dan pengeringan suhu 105°C selama 1 jam. Dilanjutkan proses modifikasi, dengan Cu(NO₃)₂·3H₂O 0,0472 N, pengadukan pada variasi waktu 2, 4, 6 dan 8 jam, dalam reaktor *batch*. Campuran disaring dan dicuci dengan alkohol teknis sampai filtrat bebas Cu, produk dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam, dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada suhu 300°C selama 2 jam. Analisis dilakukan dengan AAS dan SEM-EDX.

3. Uji Produk

Uji Produk dilakukan terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* dan *Escherichia coli*

- a) Penentuan Pertumbuhan *Candida Albicans* ke dalam cawan petri steril yang sudah berisi 100 μ L suspensi biakan *C. albicans* ($A = 0,1$, λ_{650} nm, konsentrasi bakteri 10^7 sel/MI) ditambahkan 20 MI media nutrisi agar (Ekstrak sapi 3 g, pepton 3 g, NaCl 5 g, agar 18 g, air suling 1000 MI) yang dicairkan. Setelah agar memadat, di atas permukaan agar diteteskan 100 μ L sediaan sampel dengan berbagai variasi konsentrasi (10%-30%). Cawan Petri kemudian diinkubasi pada 30°C selama 24-48 jam. Selanjutnya dilakukan perhitungan pertumbuhan *C. albicans* pada sediaan sample tersebut.
- b) Penentuan Pertumbuhan *Escherichia coli* ke dalam cawan petri steril yang sudah berisi 100 μ L suspensi biakan *E. Coli* ($A = 0,1$, λ_{650} nm, konsentrasi bakteri 10^7 sel/mL) ditambahkan 20 mL media nutrisi agar (Ekstrak sapi 3g, pepton 3g, NaCl 5g, agar 18g, air suling 1000 ml) yang dicairkan. Setelah agar memadat, di atas permukaan agar diteteskan 100 μ L sediaan sampel dengan berbagai variasi konsentrasi (10%-30%). Cawan Petri kemudian diinkubasi pada 30°C selama 24-48 jam. Selanjutnya dilakukan perhitungan pertumbuhan *E. Coli* pada sediaan sample tersebut.

putih abu-abu hingga abu-abu kehijau-hijauan. Potensi cebakan zeolit belum diketahui secara pasti, namun demikian telah dilakukan penambangan oleh penduduk setempat dengan menggunakan peralatan sederhana seperti cangkul, linggis, blincong. Zeolit termasuk batuan yang relatif lunak dan mudah kering, dan tersingkap di permukaan sehingga mudah dilakukan penambangan secara terbuka tanpa menggunakan bahan peledak.

Proses Pemurnian dengan HF/HCl

Penambahan HF 0.1N ke dalam zeolit hasil pencucian dengan air, dimaksudkan untuk melepaskan pengotor SiO_2 dalam bentuk amorf yang berada di sekitar kristal, sehingga oksida silika akan larut sebagai garamnya. Larutan HCl 0.5N bertujuan untuk mengeluarkan oksida bebas dari logam-logam Fe, Mg, Al, dan zat lain yang terikat di sekitar kristal zeolit yang tidak terlepas oleh pencucian dengan air maupun HF.

Analisis dengan AAS (Atomic Absorption Spectrofotometer)

Hasil analisis AAS (Tabel 1), komposisi utama dari zeolit didominasi oleh silikon (SiO_2 68.49%) dan aluminium (Al_2O_3 12.10%), sebagaimana rangka utama pembentuk zeolit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Zeolit Alam Cikancra

Di daerah Cikancra, banyak di jumpai zeolit alam dalam cebakan batuan lava, dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklastik berbutir halus (tufa) (Gambar 1 & 2). Secara fisik mineral zeolit alam ini relatif mudah diamati di lapangan, seperti warna zeolit dari

Tabel 2. Konsentrasi ion Cu^{2+} yang terserap oleh zeolit

Pengadukan (jam)	Cu^{2+} (ppm)
Zeolit Raw	ttd
2	281,5
4	284,3
6	299,5
8	161,9



Gambar 1. Cebakan Zeolit Cikancra



Gambar 2. Bongkah zeolit abu-abu kehijau hijauan

Tabel 1. Hasil Analisa Kimia Zeolit Alam, Zeolit Hasil Pencucian dan Zeolit Hasil Impregnasi dengan Cara *Batch*

Oksida	Zeolit Alam	Zeolit Hasil Pencucian	Zeolit-Cu (2 jam)	Zeolit-Cu (4 jam)	Zeolit-Cu (6 jam)	Zeolit-Cu (8 jam)
SiO ₂	68,49%	68,29%	72,81%	72,38%	69,32%	68,72%
TiO ₂	0,44%	0,24%	0,30%	0,37%	0,35%	0,40%
Al ₂ O ₃	12,10%	11,96%	10,91%	11,00%	11,11%	11,25%
Fe ₂ O ₃	0,78%	0,77%	0,95%	0,85%	0,97%	0,90%
MnO	0,0005%	0,0005%	0,0002%	0,0002%	0,0004%	0,0004%
MgO	0,10%	0,11%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%
CaO	0,12%	0,11%	0,034%	0,03%	0,031%	0,03%
K ₂ O	1,24%	1,54%	1,03%	1,09%	1,03%	1,08%
Na ₂ O	1,50%	1,50%	0,17%	0,18%	0,15%	0,16%
P ₂ O ₅	0,52%	0,59%	0,56%	0,58%	0,56%	0,56%
H ₂ O ⁻	1,69%	1,56%	0,97%	0,96%	1,08%	0,94%
H ₂ O ⁺	3,72%	3,89%	4,02%	3,92%	5,30%	5,31%
LOI	14,31%	14,89%	12,89%	12,99%	16,05%	16,32%

Setelah proses pemurnian terjadi penurunan konsentrasi Si, Ca, Fe, Ti dan Al, ini memperlihatkan bahwa oksida bebas yang terdapat dalam zeolit alam Cikancra dari jenis logam tersebut. Menurut Ames, deret selektivitas pertukaran ion adalah sebagai berikut:

- H>NH₄>Na>Ca>Mg (1)
- Mordenit: Cs>K>Rb>Na>Li (2)
- Heulandit: K>Rb>Na>Li>Sr>Ba>Ca (3)
- Klinoptilolit: K>NH₄>Na>Ca>Mg (4)

Zeolit alam Cikancra merupakan Mordenit alam, mordenit alam hasil pemurnian dimodifikasi menjadi mordenit-ammonium, melalui proses substitusi dengan cara mendesak ion-ion logam K⁺, Na⁺, Ca⁺ dan Mg⁺ keluar dari struktur mordenit oleh ion ammonium. Mordenit- ammonium yang terbentuk diubah menjadi Zeo-H dengan perlakuan termal, gas amoniak yang terbentuk akan terlepas ke udara sehingga terbentuklah Zeo-H. Untuk menyempurnakan bentuk Zeo-H, dilakukan penambahan asam klorida. Pada proses pertukaran ion ini, kation-kation yang bervalensi besar akan dipertukarkan terlebih dahulu. Sehingga terjadi perbedaan interaksi antara kation-kation, yang menyebabkan terjadi kompetisi antar kation tersebut.

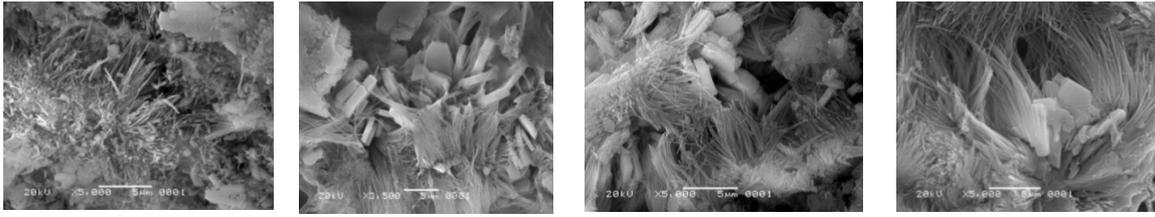
Proses penanaman ion Cu²⁺ ke dalam struktur zeolit dengan metode *batch* dilakukan pada kecepatan pengadukan yang konstan. Sumber ion Cu²⁺ dari larutan tembaga nitrat. Ion H⁺ di dalam rangka digantikan oleh ion Cu²⁺ yang memiliki medan elektrostatik yang kuat dan dapat berinteraksi dengan molekul yang memiliki kepolaran yang tinggi seperti air. Jumlah Cu yang terikat oleh struktur

zeolit lebih besar pada waktu pengadukan 6 jam yaitu 299.5 ppm, sedang pada 8 jam terjadi penurunan menjadi 161.9 ppm, hal ini mungkin disebabkan terjadi kembali pendesakan Cu²⁺ oleh H⁺ yang berasal dari larutannya. Dimana menurut konsep *Pearson* Cu termasuk asam madya dan H merupakan asam kuat, sehingga terjadi pencucian Cu disekitar kristal oleh asam, sedangkan Cu yang terikat dalam tetrahedral menggantikan posisi kation tetrahedral struktur zeolit stabil sebagai penetral tetrahedral.

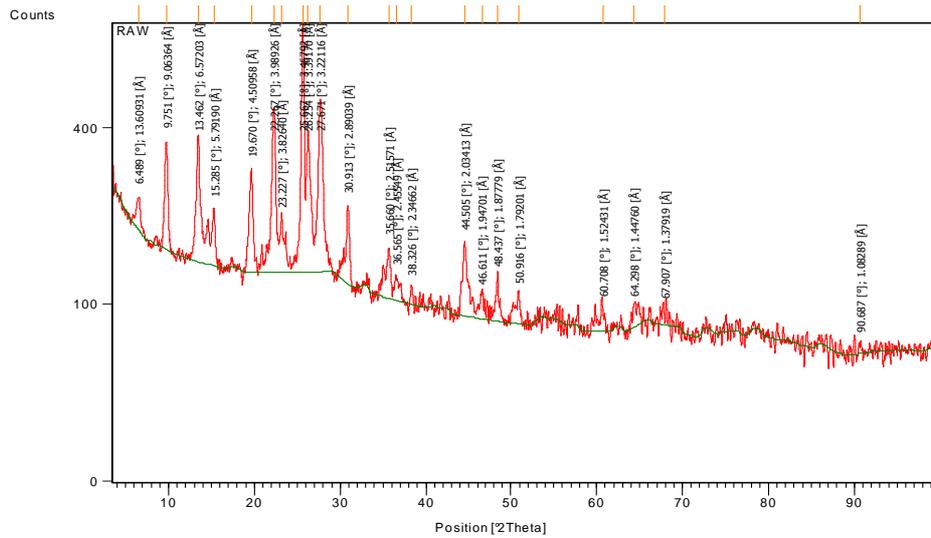
Dari **Tabel 1** dapat diketahui konsentrasi ion Cu setelah pengadukan selama 2, 4, 6, dan 8 jam, yang terukur sebelum pengadukan lebih besar dibandingkan dengan filtrat setelah pengadukan. Hal ini menunjukkan penanaman ion Cu²⁺ ke dalam struktur mordenit berhasil dilakukan. Waktu pengadukan 2, 4, dan 6 jam konsentrasi ion Cu²⁺ dalam struktur mordenit terus meningkat, sedangkan dengan waktu pengadukan 8 jam konsentrasi Cu menurun. Hal ini menunjukkan bahwa dengan pengadukan lebih lama, akan mengakibatkan ion Cu yang tidak terikat di tetrahedral terdesak kembali keluar.

Hasil Analisis SEM, XRD dan EDX

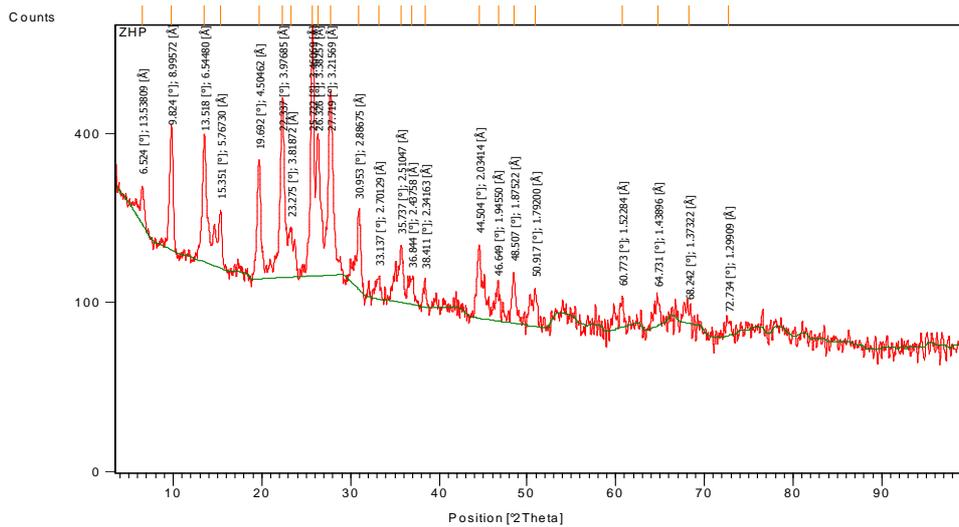
Dari hasil SEM (gambar 3 & 4) dapat diamati, bahwa zeolit hasil pemurnian terlihat bentuk kristalnya jelas dan bersih dari pengotor dibandingkan dengan zeolit yang belum mengalami pencucian (*raw*). Hal ini menunjukkan proses pemurnian cukup sempurna menghilangkan pengotor non-zeolit, baik bentuk oksida maupun pengotor organik lain dan tidak terlihat adanya kerusakan bentuk kristal zeolit.



Gambar 3. Zeolit raw, **Gambar 4.** Zeolit Hasil Pemurnian dengan HF/HCl, **Gambar 5.** Zeolit-Cu metoda *Batch*



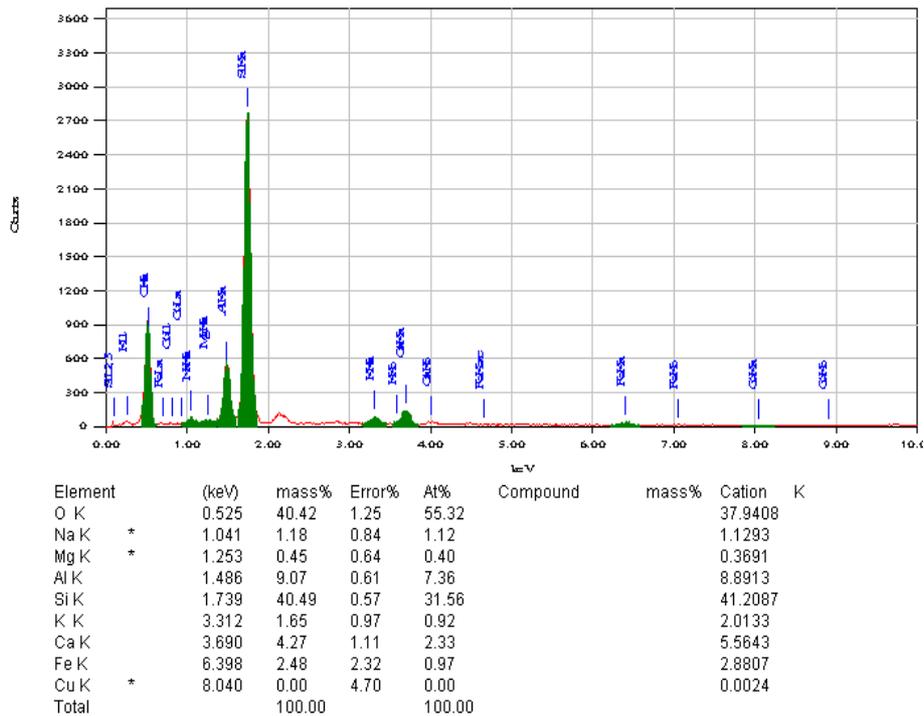
Kurva 1. XRD Zeolit Raw



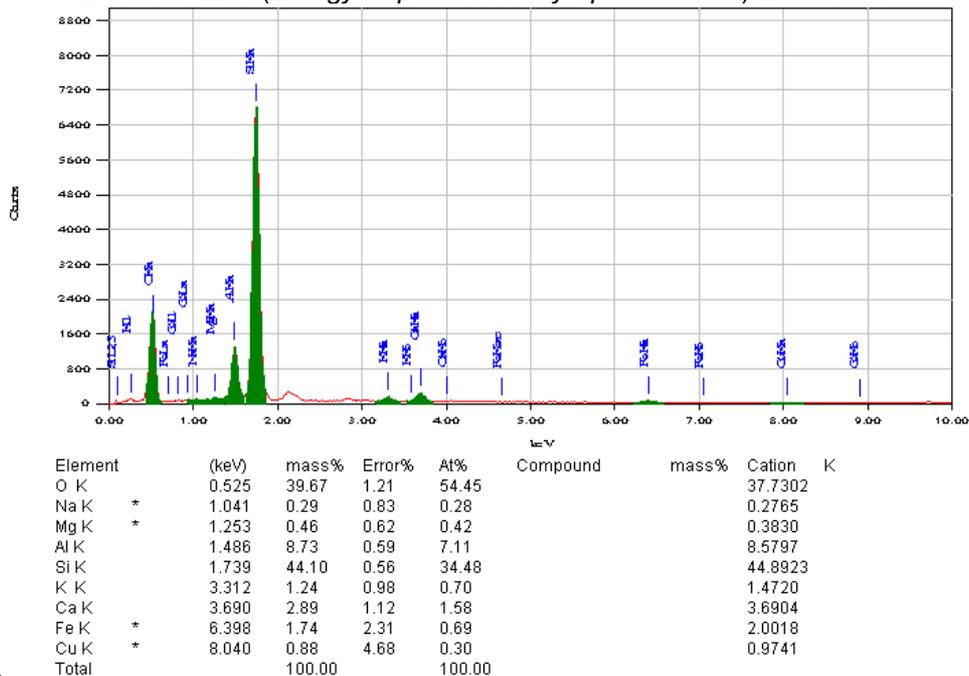
Kurva 2. ZHP (Zeolit Hasil Pemurnian)

Perubahan situs zeolit alam menjadi zeo-Cu, dilakukan dengan menggunakan zeolit yang telah mengalami pencucian, modifikasi dengan ammonium dan pengasaman. Dari gambar 4 dan 5 hasil analisis dengan SEM, dapat diamati zeolit/mordenit alam tidak mengalami perubahan bentuk kristal pasca proses modifikasi menjadi zeo-Cu. Dan dari hasil XRD (kurva 1 dan 2) proses

pemurnian dengan larutan kimia HF/HCl pada konsentrasi 0.1 N dan 0.5 N, tidak terjadi degradasi puncak mordenit. Dari kurva 3 dapat diamati secara kualitatif, tidak terdeteksi adanya Cu, tetapi dari kurva 4, terdeteksi adanya Cu sebanyak 0.3%, ini membuktikan bahwa penanaman Cu berhasil dilakukan.



Kurva 3. EDX (Energy dispersive X-Ray Spectrometer) Zeolit Alam



Kurva 4. EDX zeolite Cu-6

Hasil Uji Mikrobiologi

Hasil pengukuran *optical density*, tabel 3, dapat diamati bakteri *Eschericia coli* yang terikat pada zeolit raw lebih besar dibandingkan dengan Zeo-Cu, hal ini membuktikan bahwa Cu yang terikat dalam zeolit dapat menghambat penyerapan bakteri,

yang bekerja pada sistem ini adalah daya adsorpsi kristal. Dengan adanya Cu ruang adsorpsi semakin kecil, dimana kation tetrahedral zeolit alam adalah K,Na mempunyai nomor atom dan berat atom yang lebih kecil dibandingkan Cu, akibatnya daya adsorpsi zeo-Cu lebih kecil daripada zeolit murni.

Tabel 3. Hasil *Optical Density*³⁾ *Eschericia coli* pada zeolit raw dan zeolit-Cu

No.	Kode	Cu dalam Zeolit (ppm)	Absorban E-Coli	Absorban Zeolit dgn E-Coli	% E-Coli Terikat (%)
1.	Zeolit Raw	ttd	1.126	0.334	70.34
2.	Zeo-Cu 6	299.5	1.816	0.832	54.19
3.	Zeo-Cu 8	161.9	1.619	0.893	44.84

³⁾*Optical Density* diukur pada 600 nm, waktu kontak 1 jam dan konsentrasi bakteri 0.1 g/10ml

Tabel 4. Hasil perhitungan pertumbuhan *Candida albicans*

Sampel	Pertumbuhan <i>C. albicans</i> pada berbagai konsentrasi sampel		
	10%	20%	30%
Zeolit	110 x 10 ⁷	75 x 10 ⁷	53 x 10 ⁷
Zeo-Cu6	95 x 10 ⁷	65 x 10 ⁷	50 x 10 ⁷
Zeo-Cu8	80 x 10 ⁷	50 x 10 ⁷	39 x 10 ⁷

Tabel 5. Pertumbuhan dan daya hambat *Candida Albicans*

Jenis Material	Pertumbuhan dan Daya Hambat					
	Jml Pertumbuhan	Daya hambat (%)	Jml Pertumbuhan	Daya hambat (%)	Jml Pertumbuhan	Daya hambat (%)
	Konsentrasi 10%		Konsentrasi 20%		Konsentrasi 30%	
Zeolit	110 x 10 ⁷	26.67	75 x 10 ⁷	50	53 x 10 ⁷	64.67
Zeo-Cu-6	95 x 10 ⁷	36.67	65 x 10 ⁷	56.67	50 x 10 ⁷	66.67
Zeo-Cu8	80 x 10 ⁷	46.67	50 x 10 ⁷	66.67	39 x 10 ⁷	74
Kontrol negatif (<i>C. albicans</i>)	-----150 x 10 ⁷ -----					

Tabel 6. Hasil Analisis Pertumbuhan *Escherichia Coli*

Sampel	Cu dalam Zeolit (ppm)	Pertumbuhan <i>E. coli</i> pada berbagai konsentrasi sampel		
		10%	20%	30%
Zeolit	ttd	122 x 10 ⁷	100 x 10 ⁷	70 x 10 ⁷
Zeolit-Cu (6jam)	299.5	115 x 10 ⁷	91 x 10 ⁷	60 x 10 ⁷
Zeolit-Cu (8 jam)	161.9	109 x 10 ⁷	75 x 10 ⁷	51 x 10 ⁷

Tabel 7. Pertumbuhan dan Daya hambat *Escherichia Coli*

Jenis Material	Pertumbuhan dan Daya Hambat					
	Jml Pertumbuhan	Daya hambat (%)	Jml Pertumbuhan	Daya hambat (%)	Jml Pertumbuhan	Daya hambat (%)
	10%		20%		30%	
Zeolit	122 x 10 ⁷	22.29	100 x 10 ⁷	36.31	70 x 10 ⁷	55.41
Zeo-Cu6	115 x 10 ⁷	26.75	91 x 10 ⁷	42.04	60 x 10 ⁷	61,78
Zeo-Cu8	109 x 10 ⁷	30.57	75 x 10 ⁷	52.23	51 x 10 ⁷	67.52
Kontrol neg. (E-Coli)	-----157 x 10 ⁷ -----					

Bila dibandingkan antara Zeo-Cu6 dengan Zeo-Cu-8, penyerapan Zeo-Cu8 lebih kecil dibandingkan dengan Zeo-Cu-6, walaupun konsentrasi Cu di dalam Zeo-Cu-6 lebih besar daripada Zeo-Cu-8. Demikian pula halnya antara zeo-Cu 6 dan zeo-Cu-8, pertumbuhan jamur dan bakteri semakin dihambat oleh zeolit-Cu dengan waktu pengadukan lebih lama, walaupun dari hasil analisis AAS konsentrasi Cu dalam zeo-Cu-6 lebih tinggi daripada zeo-Cu-8, yaitu sebesar 299.5 ppm dan 161.9 ppm. Kedua fenomena tersebut baik terhadap jamur maupun bakteri, mirip dengan hasil penyerapan *Escherichia coli* oleh material tersebut seperti dapat dilihat dalam Table 3 di atas. Mengapa hal itu terjadi? Hal itu terjadi mungkin disebabkan karena pengaruh waktu penanaman inhibitor, dimana Cu terikat di dalam tetra hedral zeolit menggantikan posisi gol I dan II sebagai penetral rangka yang bersifat reversible, dengan waktu pengadukan optimum 8 jam. Ketika kontak dengan plasma sel yang mengandung kation Ca terjadi pertukaran ion secara reversible, ketika itu terjadi Cu akan menghambat pertumbuhan selnya. Tetapi pada Zeo-Cu-6, sebagian Cu masih berada di dalam ruang pori dan tidak terikat pada tetrahedralnya. Sehingga pada saat kontak dengan mikroba, yang terjadi adalah pelepasan Cu yang berada di luar tetra hedral tersebut yang jumlahnya lebih kecil. Ketika hal itu terjadi, ruang pori yang ditinggalkan oleh Cu diisi oleh partikel jamur dan bakteri yang sudah mengalami kontak dengan Cu, sehingga pelepasan Cu dari tetrahedral zeolit terhalang. Akibatnya daya oligo dinamik Zeo-Cu-6 lebih rendah daripada Zeo-Cu-8. Demikian juga mekanisme yang terjadi pada proses penyerapan diatas.

KESIMPULAN

Pemurnian zeolit Tasikmalaya dengan metoda HF/HCL dapat melarutkan silika

amorf, oksida bebas dari aluminium, titanium dan senyawa besi yang menyelimuti kristalnya, kristal lebih jelas dan jernih, tanpa terjadi degradasi struktur. Modifikasi zeolit alam menjadi zeot-Cu dapat dilakukan melalui pemurnian, tukar kation ammonium, dilanjutkan dengan proses termal dan pembentukan zeo-H, kemudian modifikasi menjadi zeo-Cu dengan metoda batch. Kemampuan zeolit alam menyerap Cu sebesar 299,5 ppm dengan waktu pengadukan 6 jam, dan kemampuan pertukaran kation tetrahedral oleh inhibitor terjadi pada waktu pengadukan selama 8 jam. Proses modifikasi tidak merubah bentuk kristal zeolit alam. Daya serap zeolit alam terhadap jamur *Candida albicans* dan bakteri *Escherichia coli* lebih tinggi daripada daya serap zeo-Cu. Modifikasi zeolit alam menjadi zeo-Cu dengan metoda batch secara signifikan dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur, pada waktu pengadukan selama 8 jam, daya hambat pertumbuhan *E.Coli* dan *C. Albicans* sebesar 67.52% dan 74%. Diharapkan zeo-Cu dapat dijadikan bahan dasar obat khususnya sebagai *antiseptic carrier*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Puslit Geoteknologi-LIPI atas kesempatan yang diberikan untuk melakukan penelitian ini, juga kepada rekan-rekan Analis di laboratorium Kimia Mineral Puslit Geoteknologi LIPI yang telah membantu analisis AAS, kepada GeoLabs-Pusat Survei Geologi (Geology Laboratories) yang telah membantu analisis SEM , EDX maupun XRD, serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, http://www.castingimpregnation.net/Pages/Impregnation_
2. Anonim, www.wartaekonomi.com/
3. Anonim, www.pdpersi.co.id/
4. Anonim, www.depkes.go.id/
5. Anonim, Info Medika, 2007, Juni.
6. Anonim, 2008, Kadin Indonesia.
7. Ames Jr., L. L., 1965, *Zeolite Cation Selectivity, The Can Mineral*; December 1965; v. 8; no. 3; p. 325-333.
8. Amun Amri dkk, 2004, Kestimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-Merkaptobenzotiazol, *Jurnal Natur Indonesia* 6(2): 111-117 (2004) ISSN 1410-9379.
9. Bowen Li, Shuhui Yu, J Y Hwang, Shangzhao Shi, 2002, *Antibacterial Vermiculite Nano- Material*, Michigan Technological University, Houghton, 49931, USA, *Journal of Minerals and Materials Characterization & Engineering* vol.1 No.1 pp.61-68, 2002. Printed in the USA All Rights Reserve.
10. Dewi Fatimah, 2008, *Rekayasa Mineral Tektosilikat (zeolit) Dengan Teknik Wet Impregnation Logam Inhibitor Sebagai basis Material Antiseptik*, DIPA Puslit Geoteknologi- 2008.
11. Dewi Fatimah., 2008 "Meningkatkan ratio Si/Al Zeolit Alam Cikancra", Prosiding Lokakarya UPT Jampang, Cipanas-Garut 19 Agustus, Hal.171-175. ISBN : 978-979-18694-0-9.
12. D.Setyawan P.Handoko, "The Effect of Acid, Hydrothermal and Supp. Chromium treatments of Natural Zeolite in Catalyst Prep.", Jurusan Kimia FMIPA Univ. Jember
13. Dietrich H.Nies. Microbial heavy metal resistance : *Molecular biology and utilisation for biotech. processes*, Inst.fur Mikrobiologie, Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg.
14. Harun, M.S., 1999, *Genesa Zeolit Daerah Cikancra, Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. Bandung* : Dep. Pertambangan dan Energi Dirjen Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Teknologi Mineral.
15. Kusumaningtyas, E., 2005, Mekanisme Infeksi *Candida albicans* pada Permukaan Sel, Prosiding Lokakarya Nasional Penyakit Zoonosis.
16. Lenny M.Estiaty, Yoshiaki Gotto, Dewi Fatimah et al., 2002, *Zeolite From Cikancra Tasikmalaya, West Java : A Review of Its Properties*, Seminar Iptek Nuklir dan pengelolaan Sumberdaya Tambang, Pusat Pengembangan bahan Galian dan Geologi Nuklir, BATAN, Jakarta 2 Mei ISBN 979-8769-11-2.
17. Roocyta H. et al., 2005, *Sintesa Zeolit Katalis Berbahan baku Mordenit*, Laporan Penelitian Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK, Puslit Geoteknologi-LIPI.

EFEK TAKARAN ZEOLIT TERHADAP PERTUMBUHAN KADAR KADMIUM PUPUS DAN HASIL TANAMAN SELADA (*LACTUCA SATIVA L.*) PADA CEKAMAN LOGAM BERAT KADMIUM*

Noertjahyani* dan Nunung Sondari

Staf Pengajar Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti

Email: noertjahyani@yahoo.com*

ABSTRAK

Kadmium adalah logam berat non-esensial yang dapat meracuni tanaman. Logam berat ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman bahkan dapat menyebabkan kematian sel. Selada merupakan salah satu tanaman sayuran yang biasa dikonsumsi dalam bentuk segar. Tanaman ini menyerap Cd dari dalam tanah dan terakumulasi di daun lebih besar daripada di akar. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh takaran zeolit terhadap pertumbuhan, kadar kadmium pupus dan hasil selada (*L. sativa L.*) pada kondisi cekaman Cd. Percobaan dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan April 2009 di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti, Tanjungsari-Sumedang dengan ketinggian tempat 850 m di atas permukaan laut. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan dan diulang enam kali. Perlakuan takaran zeolit terdiri atas : 0 ton ha⁻¹, 2 ton ha⁻¹, 4 ton ha⁻¹, dan 6 ton ha⁻¹ zeolit. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian zeolit dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tanaman, bobot kering pupus, nisbah pupus akar dan dapat menurunkan kadar Cd pupus tanaman selada. Aplikasi zeolit 6 ton ha⁻¹ memberikan pengaruh terbaik terhadap tinggi tanaman umur 14 hari setelah tanam (hst), 21 hst, dan 28 hst, jumlah daun per tanaman, bobot segar per tanaman, bobot kering pupus, nisbah pupus akar, dan dapat menurunkan kadar Cd pupus tanaman selada sebesar 25,14%.

Kata kunci : takaran zeolit, kadar Cd pupus, selada

ABSTRACT

THE EFFECT OF ZEOLITE RATES ON GROWTH Cd SHOOT CONTENT AND YIELD OF THE LETTUCE (*LACTUCA SATIVA L.*) UNDER HEAVY METAL CADMIUM STRESS. Cadmium is a non-essential heavy metal which can poison the plants. It can inhibit the growth of plants moreover cause cell death. The lettuce is one of vegetables that are usually consumption on fresh. This plant adsorbing Cd from soil and accumulate on leaf greater than root. The study aimed to study the effect of zeolite rates to growth, cadmium shoot content, and lettuce (*L. sativa*) under Cd stress condition. The experiment was conducted on February until April 2009 at greenhouse of Agriculture Faculty, Winaya Mukti University Tanjungsari-Sumedang with elevation of 850 asl. The experiment design was using a Randomized Block Design (RBD) with 4 treatments and repeated six times. Zeolite rates treatments are 0 ton ha⁻¹, 2 ton ha⁻¹, 4 ton ha⁻¹, and 6 ton ha⁻¹ of zeolite. The result showed that given zeolite is not only could increase a plant height, leaf number, plant fresh weight, dry weight fade, root fade ratio, but also could reduce a Cd shoot content of lettuce. Application of 6 ton ha⁻¹ zeolite not only gave the best effect to plant height age of 14 days after planting (dap), 21 dap, and 28 dap, leaf number/plant, fresh weight/plant, dry weight fade, root fade ratio, but also reduce a Cd shoot content of lettuce at 25,14%.

Keywords: zeolite rates, Cd shoot content, lettuce

PENDAHULUAN

Secara alami tanah mengandung Kadmium (Cd) dengan konsentrasi tergantung dari batuan induk, cara terbentuknya tanah dan translokasi logam berat di tanah (Alloway, 1995a). Kegiatan pemupukan fosfat alam dan pupuk kandang antara lain juga merupakan sumber pencemar Cd di lahan pertanian. Kadmium yang terakumulasi di dalam tanah merupakan sumber utama Cd yang diserap tanaman.

Kadmium merupakan logam berat yang bersifat toksik bagi sebagian besar makhluk termasuk manusia. Jika Cd terakumulasi pada ginjal melebihi 200 mg Kg⁻¹ berat badan dapat menyebabkan demineralisasi tulang dan disfungsi ginjal (Bhattacharyya, *et al.*, 1988). Menurut FAO dan WHO dikutip Alloway (1995b), Cd yang dapat ditoleransi tubuh manusia per orang adalah 400-500 µg per minggu atau 7 µg Kg⁻¹ berat badan. Pada tanaman, Cd yang terakumulasi berlebih dapat menyebabkan penurunan pertum-

bahan, produktivitas tanaman bahkan kematian.

Keberadaan Cd pada lahan pertanian perlu dicermati, karena Cd bersama Ni dan Zn adalah logam berat yang paling akhir diadsorpsi tanah sehingga lebih tersedia bagi tanaman dibandingkan beberapa logam lain, seperti Cu, Pb, dan Cr (Gomes, *et al.*, 2001). Hal ini berarti bahwa tanaman lebih mudah menyerap Cd dibandingkan logam lainnya seperti Pb karena Cd terikat lemah oleh tanah. Selanjutnya Cd yang diserap akar tanaman, umumnya akan terakumulasi di dalam akar, akan tetapi pada tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) Cd lebih banyak terakumulasi di dalam daun.

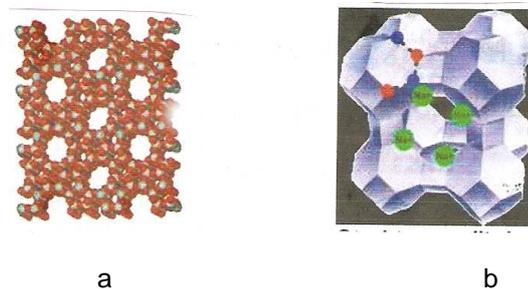
Agar penyerapan Cd oleh tanaman dapat ditekan, antara lain dapat digunakan zeolit. Zeolit memiliki muatan negatif dengan struktur tiga dimensi dari SiO_4 dan AlO_4 tetrahedra memungkinkan untuk mengadsorpsi kation-kation, seperti Cd (Zeolite Australia PTY, LTD, 2004). Hasil penelitian Kapetanios dan Loizidou (1992) menunjukkan bahwa aplikasi zeolit alam (Clinoptilolite) bersama dengan kompos dan tanah memberikan kandungan logam berat pada tanaman tomat lebih rendah dan akan lebih rendah lagi jika zeolit diberikan dengan proporsi yang lebih tinggi. Zeolit alam ini sangat potensial dalam mengurangi ketersediaan Ni dan Cd pada limbah lumpur (Ouki dan Ward, 2003). Aplikasi zeolit untuk meremediasi tanah tercemar logam berat dipengaruhi oleh kondisi tanah tersebut, zeolit yang digunakan baik jenis maupun takarannya.

Berdasarkan hal tersebut, percobaan dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh takaran zeolit terhadap pertumbuhan, kadar kadmium pupus dan hasil tanaman pada cekaman kadmium serta mencari takaran zeolit berapakah yang dapat mengurangi penyerapan Cd tertinggi. Sebagai tanaman indikator digunakan tanaman selada, karena selada memiliki kemampuan menyerap Cd cukup tinggi tanpa memperlihatkan gejala keracunan, seperti klorosis dan tanaman layu (Alloway, 1995b). Selain itu, tanaman ini dikonsumsi manusia dalam bentuk segar sehingga dapat dijadikan pertimbangan dalam keamanan pangan.

TINJAUAN PUSTAKA

Zeolit berasal dari bahasa Yunani yang berarti *boiling stones*, yaitu asal kata dari zeo (*boil*) dan lithos (*stone*). Istilah ini dikemukakan pertama kali oleh seorang ahli mineralogi Swedia, Axel Fredrik Cronstedt sekitar tahun 1756. Zeolit mulai diproduksi dan mulai digunakan secara komersial di dunia pada tahun 1960, tetapi di Turki pertama ditemukan tahun 1971. Hingga sekarang telah ada lebih dari 40 tipe zeolit yang dilaporkan oleh kelompok peneliti yang berbeda. Analcite, clinoptilolite, erionit, chabazite, mordenite dan philipsite merupakan mineral-mineral yang telah banyak dikenal. Juga telah lebih dari 150 zeolite yang telah disintesis, diantaranya adalah zeolit A, X, Y dan ZMS-5 (Polat *et al.*, 2004; Wikipedia, 2005)

Zeolit tersusun dari pori-pori dan bagian pojok tetrahedral aluminosilikat (AlO_4 dan SiO_4) yang bergabung membentuk rangka 3 dimensi (Gambar 1a). Adanya struktur aluminosilikat ini, zeolit memiliki muatan negatif yang diseimbangkan dengan menarik kation bermuatan positif (Gambar 1b).



Gambar 1. Ilustrasi struktur 3 dimensi dari zeolit (a) dan zeolit dengan kation yang dijerap (Wikipedia, 2005)

Zeolit secara komersial biasanya digunakan sebagai *absorbent* (Amethyst Galleries, Inc., 1995). Dalam bidang pertanian, zeolit digunakan sebagai pembaik tanah (*soil amendment*). Zeolit dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, terutama N dan K, mengadsorpsi gas sehingga dapat menghilangkan bau, pengabsorpsi air yang tinggi sehingga dapat melindungi akar dari kekeringan, meningkatkan pertukaran ion terutama kation dan melepaskannya secara perlahan (*slow released*), memelihara aerasi kelembaban tanah dalam waktu lama (Polat, *et al.*, 2004).

Aplikasi zeolit pada tanaman sorghum sudangrass di Universitas Colorado dapat meningkatkan hasil 65% dan meningkatkan penyerapan hara di jaringan tanaman contoh. Demikian juga hasil percobaan yang dilakukan di Barooga, New South Wales pada tanaman Barley, aplikasi zeolit 125 kg ha⁻¹ disertai dengan pemupukan P (diamonium fosfat) dapat meningkatkan hasil 18%. Pada tanaman tomat dapat meningkatkan hasil 10% dan meningkatkan kualitas vitamin (Zeolite Australia PTY, LTD., 2004).

Zeolit dapat mengadsorpsi ion metal, seperti Pb, Cd, Cu, Ni sehingga digunakan dalam mengurangi kadar logam berat pada air limbah. Zeolit yang disintesa (MCM-22) memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi dibandingkan zeolit alam (Terdkiatburana, *et al.*, 2009). Berdasarkan kemampuan tersebut zeolit juga digunakan guna mengurangi penyerapan logam berat oleh tanaman.

Kadmium pertama kali ditemukan tahun 1817 oleh seorang ilmuwan Jerman, Friedric Strochmeyer. Logam ini ditemukan dalam batuan Calamine (Seng karbonat). Kadmium diambil dari kata latin "calamine", yaitu cadmia. Logam ini merupakan salah satu dari tiga logam berat yang memiliki tingkat bahaya yang tinggi pada kesehatan manusia, karena beresiko tinggi pada pembuluh darah, terakumulasi pada hati dan ginjal dan terlihat pengaruhnya setelah jangka waktu lama (Wikipedia, 2008).

Jumlah Cd normal di tanah kurang dari 1 µg Kg⁻¹ dan tertinggi 1700 µg Kg⁻¹, yaitu pada tanah yang diambil dari pertambangan seng. Pemupukan fosfat dan pupuk kandang memiliki kontribusi terhadap peningkatan Cd pada lahan pertanian. Batuan fosfat mengandung Cd 10-980 mg Kg⁻¹ (Alloway, 1995b) dan karena itu kandungan Cd di dalam pupuk fosfat bervariasi. Menurut Roechan, *et al.*, (1995) pupuk fosfat mengandung Cd 30-60 mg Kg⁻¹. Penggunaan pupuk fosfat secara terus-menerus akan menyumbang Cd ke dalam tanah sebesar 2,0-7,2 g ha⁻¹tahun⁻¹ (Alloway, 1995b). Demikian pula aplikasi pupuk fosfat dan pupuk mikro selama 34 tahun di California dilaporkan dapat meningkatkan kadar Cd juga logam lainnya seperti Pb, As dan Zn di lahan pertanian (Chen, *et al.*, 2008).

Kadmium merupakan logam berat non-esensial bersifat toksik bagi tanaman. Logam ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman

atau bahkan menyebabkan kematian sel. Tanaman eceng gondok menunjukkan gejala keracunan Cd di akar pada konsentrasi Cd 1 ppm, yang ditunjukkan dengan berkurangnya jumlah dan ketebalan lapisan sel hypodermal, jumlah lapisan sel korteks (Iriawati dan Fitriana, 2006).

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan melakukan percobaan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Sumedang pada bulan Februari sampai dengan April 2009. Bahan yang digunakan dalam percobaan adalah benih selada varietas Grand Rapids, tanah Andisol dari Lembang, zeolit yang telah diaktivasi, larutan CdCl₂, pupuk Urea (45%N), pupuk SP-36 (36% P₂O₅), pupuk KCl (60%K₂O), pupuk kotoran domba, pupuk daun, insektisida Curacron.

Rancangan lingkungan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok terdiri atas empat perlakuan takaran zeolit dan tiap perlakuan diulang enam kali. Takaran zeolit terdiri atas : tanpa pemberian zeolit, 2 t ha⁻¹ zeolit, 4 t ha⁻¹ zeolit dan 6 t ha⁻¹ zeolit. Tiap perlakuan terdiri dari 10 tanaman dan empat tanaman ditentukan secara acak sederhana untuk dijadikan sebagai tanaman contoh.

Respons tanaman yang diamati akibat perlakuan meliputi : tinggi tanaman, jumlah daun dilakukan pada 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam (hst), bobot segar tanaman, bobot kering pupus dan akar, nisbah pupus akar dan kadar Cd pupus dilakukan saat panen atau setelah panen. Analisis tanah sebelum percobaan dilakukan untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah. Pengujian ada atau tidaknya keragaman pada perlakuan digunakan uji F taraf nyata 5 %. Apabila terdapat keragaman, untuk mengetahui beda rata-rata perlakuan digunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

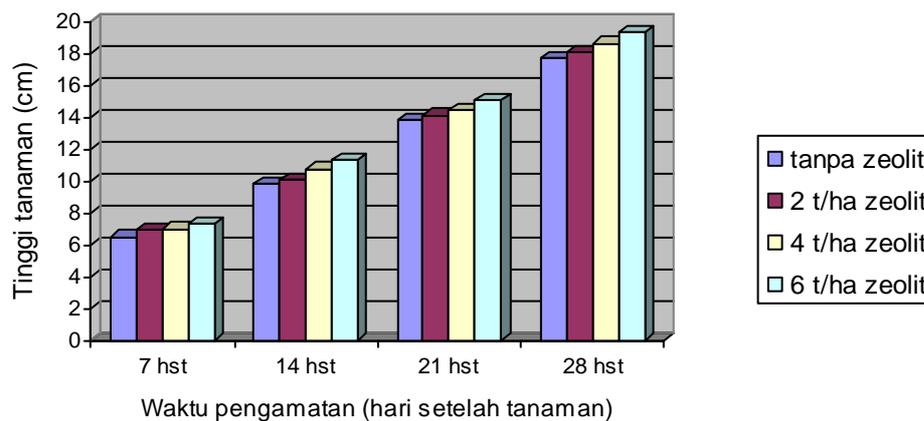
Media tanam menggunakan tanah Andisol Lembang yang telah bertahun-tahun ditanami sayuran dan dari hasil analisis tanah mengandung Cd 0,85 mg kg⁻¹. Media tanam diberi pupuk kandang 10 ton ha⁻¹ (50 gr per polibag). Tiga hari sebelum penanaman, tanah diberi larutan CdCl₂ 10 mg kg⁻¹ sebanyak 10 ml dengan maksud untuk melihat peran zeolit dalam mempengaruhi

pertumbuhan dan hasil tanaman serta dalam menurunkan kandungan Cd pada pupus selada.

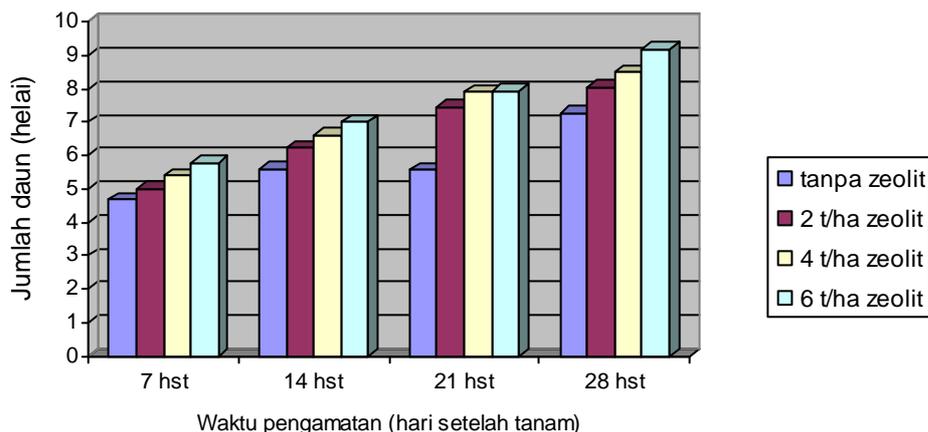
Aplikasi zeolit dilakukan satu hari sebelum pindah tanam benih selada yaitu dengan cara menaburkan zeolit pada lubang tanam. Pemupukan Urea, SP-36 dan KCl. dengan takaran masing-masing 50 kg ha^{-1} , 60 kg ha^{-1} dan 50 kg ha^{-1} . Setengah dosis dari masing-masing pupuk diberikan pada saat tanam dan sisanya setelah tanaman berumur 14 hst. Pemberian pupuk dengan cara dibenamkan ke dalam tanah di lubang tanam. Pupuk KCL dan SP-36 diberikan dalam satu lubang sedangkan untuk pupuk Urea diberikan pada lubang yang berbeda 3 cm di sisi tanaman. Pemeliharaan lainnya yaitu pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan memperhatikan konsep pengendalian hama terpadu. Panen dilakukan ketika tanaman berumur 29 hari setelah tanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi zeolit dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman selada pada tiap waktu pengamatan (Gambar 2 dan 3). Hal ini diduga dengan adanya pemberian zeolit pada media tanam menyebabkan hara yang diberikan ke dalam tanah teradsorpsi dan akan dilepaskan secara perlahan-lahan. Pelepasan hara secara perlahan akan menjamin terpenuhinya kebutuhan hara tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Takaran zeolit 6 t ha^{-1} memberikan pertumbuhan lebih baik pada akhir pengamatan. Menurut Polat, *et al.* (2004), zeolit yang ditambahkan bersama pupuk membantu menahan hara pada zone perakaran, mengurangi pencucian hara seperti N, K sehingga kemampuan absorpsi akar meningkat, dan zeolit dapat melepaskan hara ketika dibutuhkan tanaman.



Gambar 2. Tinggi Tanaman Selada Varietas Grand Rapids pada Tiap Waktu Pengamatan sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit



Gambar 3. Jumlah Daun Tanaman Selada Varietas Grand Rapids pada Tiap Waktu Pengamatan sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit

Tabel 1. Bobot Segar Tanaman Selada Varietas Grand Rapids sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit pada Tanah Andisol

Perlakuan	Bobot Segar Tanaman (g)
0 ton ha ⁻¹ zeolit	14,74 a
2 ton ha ⁻¹ zeolit	16,37 a
4 ton ha ⁻¹ zeolit	18,99 b
6 ton ha ⁻¹ zeolit	20,88 b

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf sama pada setiap kolom yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.



Gambar 4. Tanaman Selada pada Pemberian Perlakuan Takaran Zeolit (A-D : tanpa zeolit, 2, 4, dan 6 t ha⁻¹ zeolit)

Pengaruh aplikasi zeolit terhadap bobot segar tanaman tertera pada Tabel 1 dan Gambar 4. Bobot segar tanaman antara tanpa pemberian zeolit dan yang diberi 2 t ha⁻¹ zeolit berbeda tidak nyata. Keadaan ini menunjukkan bahwa takaran 2 t ha⁻¹ belum mampu untuk menciptakan kondisi yang sesuai dalam penyediaan hara dan air di zone perakaran yang dapat memberikan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.

Bobot segar tanaman terlihat lebih baik jika dalam penanaman diberikan zeolit 4 dan 6 t ha⁻¹.

Efek takaran zeolit terhadap bobot kering akar, pupus dan nisbah pupus akar tertera pada Tabel 2. Bobot kering akar tanaman selada berbeda tidak nyata antara tanaman yang diberi zeolit dengan tanpa zeolit maupun antar takaran zeolit. Hal ini berarti bahwa

takaran zeolit yang semakin meningkat memberikan pengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan akar. Kondisi ini terjadi karena media tanam memiliki kesuburan tanah cukup baik, yaitu C organik 3,52% (tinggi), N 0,27% (sedang), P tersedia 55,3 mg kg⁻¹ (tinggi), K potensial 56 mg 100 g⁻¹ (tinggi) dan tekstur tanah lempung. Kondisi kimia tanah yang cukup subur dan fisik tanah cukup baik ini menyebabkan perkembangan akar yang cukup baik sehingga efek aplikasi zeolit dengan takaran berbeda tidak terlihat secara nyata.

Pengaruh takaran zeolit terhadap bobot kering pupus sedikit berbeda. Bobot kering pupus meningkat jika zeolit diberikan 4 dan 6 t ha⁻¹. Hal ini berarti bahwa untuk meningkatkan hasil tanaman selada sebaiknya zeolit diberikan dengan takaran minimal 4 t ha⁻¹. Bobot kering pupus yang meningkat secara nyata terdapat pada takaran 6 t ha⁻¹ dan hal ini akan memberikan NPA (nisbah pupus akar) yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Aplikasi zeolit yang diberikan dengan takaran yang berbeda memberikan efek yang berbeda terhadap kadar Cd pupus tanaman selada (Tabel 3). Tanpa pemberian zeolit, penyerapan Cd oleh tanaman tertinggi (ditunjukkan melalui kadar Cd pupus) dibandingkan perlakuan lainnya. Kadar Cd pada pupus menurun dengan aplikasi zeolit yang meningkat, dan penurunan yang nyata terjadi pada pemberian zeolit mulai 4 t ha⁻¹. Pada pemberian zeolit 4 dan 6 t ha⁻¹, kapasitas media tanam khususnya di zone perakaran untuk menyerap Cd lebih tinggi sehingga penyerapan.

Cd oleh tanaman menurun dan kadar Cd pupus menjadi lebih rendah. Ouki dan Ward (2003) menyatakan bahwa penambahan zeolit ke dalam tanah akan menurunkan mobilitas Cd karena terikat kuat dengan tanah dan menjadi kurang tersedia bagi tanaman.

Tabel 2. Bobot Kering Akar, Pupus, Nisbah Pupus Akar Tanaman Selada Varietas Grand Rapids sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit pada Tanah Andisol

Perlakuan	Bobot kering (g)		Nisbah Pupus akar
	Akar	Pupus	
0 ton ha ⁻¹ zeolit	0,40 a	1,92 a	4,94 a
2 ton ha ⁻¹ zeolit	0,40 a	2,07 a	5,37 ab
4 ton ha ⁻¹ zeolit	0,41 a	2,24 ab	5,56 b
6 ton ha ⁻¹ zeolit	0,41 a	2,41 b	6,18 c

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti huruf sama pada setiap kolom yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Tabel 3. Kadar Kadmium Pupus dan Persentase Penurunan Kadar Kadmium pada Tanaman Selada Varietas Grand Rapids sebagai Efek Pemberian Beberapa Takaran Zeolit pada Tanah Andisol

Perlakuan	Kadar Cd pupus (mg kg ⁻¹)	% penurunan kadar Cd
0 ton ha ⁻¹ zeolit	7,28 c	0,00
2 ton ha ⁻¹ zeolit	7,15 c	1,78
4 ton ha ⁻¹ zeolit	6,62 b	9,07
6 ton ha ⁻¹ zeolit	5,45 a	25,14

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti huruf sama pada setiap kolom yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan:

1. Aplikasi zeolit dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun, bobot segar tanaman, nisbah pupus akar serta dapat mengurangi kadar Cd pupus tanaman selada.
2. Pemberian zeolit dengan takaran 6 t ha⁻¹ memberikan tinggi tanaman, jumlah daun, nisbah pupus akar tertinggi dan hasil (bobot segar tanaman) lebih baik, serta dapat mengurangi kadar Cd pupus tanaman selada sebesar 25,14 %.

Agar pertumbuhan dan hasil tanaman selada lebih baik dan kadar Cd yang diserap tanaman menurun, dianjurkan untuk memberikan zeolit dengan takaran 6 t ha⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alloway, B.J. 1995a. The origin of heavy metals in soil. In Alloway, B.J. (ed.). *Heavy Metal in Soils*. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
2. Bhattacharyya, M.H., B.D. Whelton, P.H. Stern, and D.P. Peterson. 1988. Cadmium Accelerates Bone Loss in Ovariectomized Mice and Fetal Rat Limb Bones in Culture. *Proc.Natl.Acad.Sci. USA*.
3. Alloway, B.J. 1995b. Cadmium. In Alloway, B.J. (ed.). *Heavy Metal in Soils*. Blackie Academic & Professional, Glasgow.
4. Gomes, P.C., M.P.F. Fontes, A.G. da Silva, E. de S. Mendonca, and A.R. Netto. 2001. Selectivity sequences and competitive adsorption of heavy metals by Brazilian Soil. *Soil Sc. Soc. Am. J.* 65:1115-6842.
5. Zeolite Australia PTY, LTD. 2004. Zeolite in Agriculture. Melalui <Http://www.zeolite.com.au/product/crop ping.html.> [7/29/2009].
6. Kapetanios, E.G. and M. Loizidou. 1992. Heavy Metal Removal by Zeolite in Tomato Cultivation Using Compost. *International Symposium on Compost Recycling of Wastes. ISH Acta Horticulturae 302*.
7. Ouki, K and N. Ward. 2003. In-situ Containment of Heavy Metal Contaminated Soil Using Zeolites Conditioned Sewage Sludge. Melalui <Http://www.surrey.ac.uk> [7/29/2009].
8. Polat, E., M. Karaca, H. Demir, and A.N. Onus. 2004. Use of Natural Zeolite (Clinoptilolite) in Agriculture. *J. Fruit and Ornam. Plant Res. Special Ed. Vol. 12* :182-189.
9. Wikipedia. 2005. Zeolit. Melalui <Http://id.wikipwdia.org > [7/29/2009].
10. Amethyst Galleries, Inc. 1995. The Zeolite Group of Minerals. Melalui <Http://www.galleries.com> [7/29/2009].
11. Terdkiatburana, T., S. Wang, and M.O tade. 2009. Adsorption of heavy metal ions by natural and synthesised zeolites for wastewater treatment. *International J.Environment and Waste Management. Vol. 3-4*.
12. Wikipedia. 2008. Bahaya Logam Berat terhadap Kesehatan. Melalui <Http://id.wikipwdia.org > [11/15/2008].
13. Roechan, S., I. Nasution, L. Sukarno, dan A.K. Makarim. 1995. Masalah Pencemaran Kadmium pada Padi Sawah. Dalam Syam, M dkk (Penyunting). *Kinerja Penelitian Tanaman Pangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
14. Chen, W., N.N. Krage, L. Wu, G. Pan, M. Khosrivafard, and A.C. Chang. 2008. Arsenic, Cadmium, and Lead in California Cropland Soils: Role of Phosphate and Micronutrient Fertilizer. *J. Envirol Qual.* 37:689-695.
15. Iriawati dan R. Fitriana. 2006. Cadmium Toxicity on Root Growth of Water Hyacinth [*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms]. *International Conference on Mathematics and Natural Sciences*.

PENGARUH PUPUK SLOW RELEASE UREA-ZEOLIT-ASAM HUMAT (UZA) TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI VAR. CIHERANG

Kurniawan Riau Pratomo, Suwardi*, dan Darmawan

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga
Email: suwardi_bogor@yahoo.com*

ABSTRAK

Slow Release Fertilizer (SRF) merupakan salah satu modifikasi pupuk yang ditujukan untuk meningkatkan efisiensi unsur-unsur yang terdapat di dalam pupuk dengan mengatur pelepasannya secara lambat atau bertahap. Metode yang dipergunakan dalam membuat pupuk SRF ada bermacam-macam diantaranya dengan memperbesar ukuran, memperhalus permukaan pupuk, mencampurnya dengan bahan lain yang sukar larut, dan menyelimuti pupuk tersebut dengan bahan tertentu sehingga pelepasan pupuk di dalam tanah menjadi lambat. Beberapa bahan yang dapat dipergunakan sebagai bahan pembuat SRF adalah zeolit dan asam humat. Zeolit merupakan mineral silikat yang memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang sangat tinggi (bervariasi antara 80-180 meq/100g), berongga yang sesuai dengan ukuran ion amonium sehingga mempunyai daya jerap yang tinggi terhadap ion ammonium. Sementara itu, asam humat yang diekstrak dari bahan organik juga memiliki KTK yang sangat tinggi. Dalam penelitian ini, pupuk urea mempunyai sifat mudah hilang karena pencucian dan penguapan dilakukan dengan penyelimutan dengan zeolit dan asam humat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari dosis yang paling tepat dari pupuk campuran urea, zeolit, dan asam humat (UZA) untuk tanaman padi dan mencari cara yang tepat aplikasi UZA pada padi sawah. Percobaan dilakukan di rumah kaca dengan tanaman indikator padi var. Ciherang. Padi dipupuk dengan dosis standar pupuk N berasal dari UZA dengan kadar asam humat 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Pupuk UZA dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman padi. Pupuk UZA dengan dosis asam humat 1% merupakan dosis terbaik untuk tanaman padi. Pemberian pupuk UZA dengan cara ditebar ternyata lebih baik jika dibandingkan dengan cara dibenamkan ke dalam lumpur.

Kata kunci : *Slow release fertilizer, zeolit, asam humat, padi*

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF SLOW RELEASE FERTILIZER UREA-ZEOLITE-HUMIC ACID (UZA) TO PADDYS PRODUCTIVITY VARIETY CIHERANG. *Slow Release Fertilizer (SRF) is a modification fertilizer which aims to improving substances efficiency on fertilizers by organizing the release slowly or gradually. The methods which used to made a SRF has any variety such as enlarging size, smoothing fertilizer surface, mixing with another difficult soluble materials, and covering fertilizer with certain ingredients so releasing fertilizer under soil more slowly. Some materials can be used as SRF materials are zeolite and humic acid. Zeolite is a silicate mineral which have a high cation exchange capacity (CEC) (varying between 80-180 meq/100g), fit hollow space to ammonium ion size so it have high adsorption capacity to ammonium ion. Meanwhile, humic acid which extracted from inorganic materials has a high CEC too. In this study, urea fertilizer has easily lost characteristics because of leaching and evaporation was conducted by covering zeolite and humic acid. The study aimed to find a proper dosage from combinations of urea, zeolite, and humic acid (UZA) for the paddy and to find proper applications of UZA for paddy. The experiment was conducted in green house with paddy variety Ciherang as an indicator plant. Paddy was fertilized with a standard dosage of N fertilizer from UZA with humic acid value of 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%. UZA fertilizer can improving paddy growth and productivity. UZA fertilizer with 1% humic acid dose is a the best dosage for paddy. The spread distribution of UZA was better than buried on the mud.*

Keywords: *Slow release fertilizer, zeolite, humic acid, paddy*

PENDAHULUAN

Nitrogen merupakan salah satu unsur yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ .

Kebutuhan nitrogen tanaman diperoleh dari beberapa sumber diantaranya dari pupuk dan secara alami melalui proses simbiosis antara tanaman dengan organisme tanah. Di pasaran terdapat berbagai macam pupuk yang mengandung nitrogen, diantaranya pupuk yang berbahan dasar amonium, nitrat

dan amida. Pupuk nitrogen yang paling sering ditemui di pasaran di Indonesia adalah urea. Permasalahan yang sering dihadapi di lapang dalam penggunaan pupuk urea adalah ketidakefisienan pupuk. Kehilangan nitrogen di dalam tanah dapat terjadi melalui proses pencucian, menguap ke udara dalam bentuk N_2 , dinitrogen oksida (N_2O), nitrogen oksida (NO), gas amoniak (NH_3), dan berubah menjadi bentuk-bentuk lain yang tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Karena proses-proses inilah pupuk urea yang diberikan ke dalam tanah tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman secara optimal.

Berbagai cara dilakukan untuk meningkatkan keefisienan pupuk urea adalah dengan memodifikasi pupuk tersebut menjadi *slow release fertilizer* (SRF). Salah satu cara adalah dengan mencampurkan urea dengan bahan yang mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) tinggi seperti zeolit dan asam humat. Dengan membuat pupuk berbahan dasar urea, zeolit, dan asam humat (UZA) diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen. Menurut Suwardi (1999) penambahan zeolit pada pupuk nitrogen akan menjerap amonium yang dikeluarkan oleh pupuk. Pada saat konsentrasi nitrat dalam tanah menurun amonium yang telah dijerap oleh zeolit akan dilepaskan kembali ke dalam larutan tanah.

Zeolit merupakan mineral silikat berongga yang mempunyai KTK bervariasi antara 80 sampai 180 meq/100g (Suwardi, 1995). KTK yang tinggi menyebabkan zeolit mempunyai kemampuan yang tinggi pula untuk menukarkan kation-kationnya dengan kation lain. Kation-kation dalam zeolit yang penting bagi tanaman adalah kalsium dan kalium. Disamping itu, rongga-rongga di dalam zeolit mempunyai ukuran yang sesuai dengan ukuran ion amonium sehingga zeolit mempunyai daya jerap yang tinggi terhadap amonium. Aplikasi zeolit sebagai bahan pendukung untuk *slow release substance* adalah dengan memanfaatkan luas permukaan zeolit dan kemampuan adsorpsinya (Senda *et al.*, 2009). Penambahan asam humat yang diharapkan dapat menjadi perekat antara urea dan zeolit dalam modifikasi pupuk urea dapat meningkatkan kandungan unsur yang terdapat di dalam *slow release fertilizer* (SRF) tersebut. Menurut Alimin *et al.* (2005), asam humat merupakan bahan makromolekul polielektrolit yang memiliki gugus fungsional seperti $-COOH$, $-OH$ fenolat maupun $-OH$ alkoholat sehingga asam humat memiliki

peluang untuk membentuk kompleks dengan ion logam karena gugus ini dapat mengalami deprotonasi pada pH yang relatif tinggi. Peluang asam humat untuk membentuk kompleks dengan ion logam diharapkan juga dapat membentuk kompleks dengan ion yang dilepaskan oleh pupuk nitrogen, sehingga pola pelepasan dari *slow release fertilizer* UZA menjadi lebih stabil.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk (1) mencari dosis yang paling tepat dari pupuk campuran urea, zeolit, dan asam humat (UZA) untuk tanaman padi, (2) mencari cara yang tepat aplikasi UZA pada padi sawah.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Pupuk UZA

Pembuatan pupuk SRF UZA dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah dan Laboratorium Pengembangan Sumberdaya Fisik Lahan, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor. UZA merupakan campuran antara urea, zeolit, dan asam humat. Urea yang dipergunakan adalah urea prill yang memiliki kadar N_2O 41%, dan zeolit yang dipergunakan adalah zeolit berukuran 1 (ukuran terkecil yang dapat ditemukan di pasaran). Dalam pembuatan pupuk UZA, urea dan zeolit terlebih dahulu dihaluskan, hal ini bertujuan untuk memperbesar luas permukaan keduanya. Urea dihaluskan dengan mempergunakan mortar, dan zeolit dihaluskan menggunakan alat penghancur batu sampai lolos ayakan 149 mikron (100 mesh). Perbandingan urea:zeolit yang diperlukan untuk pembuatan pupuk UZA adalah 70% : 30% dan penambahan asam humat dilakukan dengan dosis berturut-turut 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%.

Pengujian Pupuk UZA dengan Tanaman Padi Var. Ciherang

Percobaan ini dilakukan di rumah kaca Cikabayan, Institut Pertanian Bogor mulai bulan Maret sampai Agustus 2009. Pupuk UZA yang telah dibuat sebelumnya dipergunakan sebagai pupuk dasar ketika dilakukan aplikasi di rumah kaca bersamaan dengan pupuk dasar yang lain yaitu SP-18, dan KCl. Dosis pupuk dasar yang dipergunakan SP-16 300 kg/ha (50 kg P_2O_5), KCl 200 kg/ha (112 kg K_2O /ha), pupuk UZA setara urea 200 kg/ha. Tanah yang akan dipergunakan sebagai media tanam di dalam

rumah kaca diambil dari tanah sawah di Darmaga, Bogor. Tanah diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm. Benih padi yang digunakan adalah varietas Ciherang, tanaman padi tersebut ditanam dalam pot yang di dalamnya terdapat tanah sebanyak 12,5 kg BKM. Tiap pot ditanam 2 buah tanaman dengan jarak tanam setara 25 x 25 cm, kemudian jarak antar pot kurang lebih 50 x 50 cm. Parameter pertumbuhan tanaman padi yang diukur adalah tinggi tanaman dan jumlah anakan, pengukuran ini dilakukan dari 1 minggu setelah tanam (MST) sampai 10 MST. Ketika tanaman siap panen dilakukan pengamatan jumlah anakan produktif, panjang malai, bobot per malai, jumlah bulir per malai, bobot 1000 bulir, bobot padi per pot dan biomasa jerami padi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan anakan dan tinggi tanaman mulai terlihat berbeda ketika tanaman memasuki 4 MST, dan ketika tanaman memasuki fase generative yang ditandai pertumbuhan jumlah anakan dan tinggi tanaman konstan. Terdapat perbedaan antara tinggi tanaman yang mendapat perlakuan UZA dibenam dan UZA ditebar. Pada perlakuan pupuk UZA dibenam terdapat tren yang menunjukkan semakin tinggi dosis pupuk UZA sampai dosis tertentu yang diberikan maka pertumbuhan tinggi tanaman semakin baik (Tabel 1). Dan pada perlakuan UZA ditebar, tren yang terlihat adalah semakin tinggi dosis pupuk UZA yang diberikan maka pertumbuhan tinggi tanaman semakin turun.

Untuk jumlah anakan tren yang terlihat pada perlakuan pupuk UZA ditebar, semakin tinggi dosis asam humat yang diaplikasikan semakin menurun jumlah anakannya dan pada aplikasi UZA 5% yang ditebar terdapat tren peningkatan jumlah anakan. Pada pemberian pupuk UZA dibenamkan trend pertumbuhan jumlah anakan semakin banyak sejalan dengan penambahan dosis asam humat dan sampai dengan dosis tertentu pertumbuhan jumlah anakan akan menurun. Ketika tanaman akan memasuki fase generatif terdapat pengurangan jumlah

anakan, pengurangan jumlah anakan ini disebabkan karena anakan-anakan tersebut memiliki potensi untuk tidak menghasilkan malai dan pada akhirnya nutrisi akan dialirkan kepada tanaman yang berpotensi untuk menghasilkan malai, dan akhirnya anakan tersebut akan mati. Menurut Ismunadji d.k.k, dalam buku Padi 1 (1988) setelah anakan maksimal tercapai, sebagian dari anakan akan mati dan tidak menghasilkan malai, anakan yang mati disebut dengan anakan tidak efektif.

Perbedaan tren yang terlihat pada tinggi tanaman dan jumlah anakan selama fase vegetatif yang diberi pupuk UZA dibenam dan ditebar karena perbedaan dari pola pelepasan kedua pupuk tersebut. Pupuk UZA yang merupakan campuran dari pupuk dasar urea, zeolit, dan asam humat yang diharapkan dapat memperlambat pola pelepasan dari pupuk UZA tersebut, sehingga tanaman lebih efisien dalam memanfaatkan pupuk. Pupuk UZA yang dibenamkan, pola pelepasannya menjadi lebih stabil karena pengaruh dari penguapan dan pencucian bisa dikatakan lebih kecil. Pupuk yang terserap oleh tanaman lebih optimal dan pola pelepasan pupuk tersebut menjadi lebih stabil. Pada aplikasi pupuk UZA yang ditebar pengaruh dari luar menjadi lebih besar. Disamping terserap oleh tanaman, kehilangan pupuk juga diakibatkan karena penguapan dan pencucian, sehingga bisa dikatakan pelepasan dari pupuk UZA ditebar menjadi kurang stabil.

Menurut Leiwakabessy F.M, U.M Wahjudin, dan Suwarno (2003) pemberian unsur N yang banyak kepada tanaman akan menyebabkan pertumbuhan vegetatif tanaman akan menjadi lebih baik, memperpanjang umur tanaman, dan memperlambat proses pematangan karena ada ketidakseimbangan antara unsur-unsur lainnya yang ada di dalam tanah seperti P, K, dan S. Dari pola pelepasan UZA dibenamkan yang lebih stabil mengakibatkan ketersediaan pupuk tersebut lebih lama pada fase vegetatif, sehingga pertumbuhan fase vegetatif lebih baik dan selanjutnya juga mempengaruhi fase generatif.

Tabel 1. Pengaruh UZA dengan berbagai kadar asam humat terhadap jumlah anakan dan tinggi tanaman 8 MST, serta anakan produktif tanaman padi

No	Perlakuan	Jumlah Anakan (buah)	Tinggi Tanaman (cm)	Anakan Produktif (buah)
1	UZA (B*) 0%	16,0	102,8	16,8
2	UZA (B*) 1%	17,7	102,6	16,1
3	UZA (B*) 2%	17,7	104,2	16,7
4	UZA (B*) 3%	18,3	103,2	18,2
5	UZA (B*) 4%	17,7	103,0	16,2
6	UZA (B*) 5%	17,0	105,4	17,0
7	Kontrol (B*)	15,0	101,8	15,0
8	UZA (T*) 0%	18,7	107,6	17,2
9	UZA (T*) 1%	17,8	104,4	17,7
10	UZA (T*) 2%	15,2	100,6	14,2
11	UZA (T*) 3%	14,8	104,3	14,7
12	UZA (T*) 4%	13,7	102,4	14,0
13	UZA (T*) 5%	14,8	98,9	15,0
14	Kontrol (T*)	13,8	98,8	14,0

Keterangan : B*: Dibenam
T*: Ditebar

Selain mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah anakan, pola release dari pupuk UZA juga mempengaruhi pada waktu pembungaan. Bunga pertama kali muncul pada tanaman yang diberi aplikasi pupuk UZA ditebar ketika tanaman memasuki 9 MST, tetapi sebagian besar tanaman mulai menunjukkan munculnya bunga ketika memasuki 10 MST dan hanya sebagian kecil berbunga di awal 11 MST.

Pengaruh UZA terhadap Produktivitas Tanaman Padi

Secara keseluruhan panjang malai tanaman padi yang diberikan perlakuan pupuk UZA dibenam maupun ditebar dengan tanaman kontrol lebih besar dibandingkan tanaman kontrol, tetapi perbedaan panjang malai tersebut tidaklah terlalu jauh, hanya terpaut 0,1-1.3 cm. Panjang malai pada plot-plot percobaan berkisar antara 23.63 – 25.03 cm (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk UZA tidak terlalu mempengaruhi panjang malai tanaman padi.

Anakan produktif yang terlihat ketika panen menunjukkan tren jumlah anakan hampir sama dengan tren jumlah anakan terakhir yang diamati pada masa vegetatif yaitu pada 11 MST. Untuk jumlah anakan produktif tren yang terlihat pada perlakuan pupuk UZA ditebar, semakin tinggi dosis asam humat yang ditambahkan pada UZA semakin

menurun jumlah anakannya. Pada pemberian pupuk UZA dibenamkan tren pertumbuhan jumlah anakan semakin banyak sejalan dengan penambahan dosis asam humat dan sampai dengan dosis tertentu pertumbuhan jumlah anakan produktif menurun.

Perbedaan jumlah anakan produktif yang terdapat pada perlakuan pupuk UZA yang dibenamkan dan ditebar disebabkan oleh pola pelepasan dari pupuk itu sendiri. Pada perlakuan yang dibenamkan pola pelepasannya dari pupuk itu menjadi lebih stabil, karena pengaruh dari penguapan dan pencucian bisa dikatakan lebih kecil, sehingga pada tanaman yang mendapat perlakuan pupuk UZA yang di benamkan memiliki fase pertumbuhan vegetatif yang lebih baik, hal ini dapat terlihat pada jumlah anakan produktif yang dimiliki tanaman dengan perlakuan pupuk UZA yang dibenamkan jumlahnya lebih seragam. Sedangkan pada perlakuan pupuk UZA yang ditebar, pengaruh pupuk UZA dari penguapan dan pencucian menjadi lebih besar, sehingga fase pertumbuhan vegetatif dari tanaman yang mendapat perlakuan pupuk UZA yang ditebar menjadi kurang baik. Hal ini dapat terlihat dari jumlah anakan produktif yang terdapat pada ulangan 1 yang pertumbuhannya kurang baik jika dibandingkan dengan ulangan kedua dan ketiga. Tetapi jika dilihat dari segi kepraktisan maka aplikasi pupuk UZA yang

Tabel 2. Pengaruh UZA dengan berbagai kadar asam humat terhadap panjang malai, bobot padi, dan bobot jerami tanaman padi

No	Perlakuan	Panjang Malai (cm)	Bobot Padi (gram)	Bobot Jerami (gram)
1	UZA (B*) 0%	24,4	29,4	52,2
2	UZA (B*) 1%	24,0	27,8	48,1
3	UZA (B*) 2%	24,7	33,8	51,7
4	UZA (B*) 3%	23,8	27,9	51,4
5	UZA (B*) 4%	25,0	33,1	54,4
6	UZA (B*) 5%	24,0	29,0	50,7
7	Kontrol (B*)	23,7	29,1	51,6
8	UZA (T*) 0%	24,0	32,2	54,7
9	UZA (T*) 1%	23,6	37,5	50,5
10	UZA (T*) 2%	24,8	31,4	42,1
11	UZA (T*) 3%	23,9	30,5	37,8
12	UZA (T*) 4%	24,3	30,4	41,7
13	UZA (T*) 5%	23,8	31,5	44,2
14	Kontrol (T*)	23,6	25,4	44,8

Keterangan : B*: Dibenam
T*: Ditebar

ditebar menjadi lebih praktis, karena dalam aplikasinya tidak perlu membenamkan pupuk ke dalam tanah.

Pada produktivitas perlakuan pupuk UZA yang dibenamkan bobot padi setelah panen paling baik terdapat pada perlakuan UZA 2% dan 4%, sedangkan pada perlakuan pupuk UZA yang ditebar bobot padi yang paling baik terdapat pada perlakuan pupuk UZA 1%. Pada perlakuan pupuk UZA yang ditebar bobot padi sejalan dengan anakan produktif, trend data yang terlihat juga sama yaitu kondisi terbaik terdapat pada UZA tebar 1%, dan pada perlakuan UZA dibenamkan berbeda dengan data anakan produktif.

Perbedaan yang terjadi pada kedua perlakuan ini karena pengaruh dari pola release dari kedua pupuk UZA tersebut, perbedaan pola release dari kedua pupuk ini seperti yang telah dibahas sebelumnya menyebabkan perbedaan dalam pertumbuhan tanaman padi. Pupuk UZA yang dibenamkan menyebabkan keterlambatan dalam pertumbuhan jumlah anakan, menurut Ismunadji d.k.k, dalam buku Padi 1 (1988) tanaman padi memiliki pola anakan berganda (anak-beranak). Dari batang utama akan tumbuh anakan primer yang sifatnya heterotropik sampai anakan tersebut memiliki 6 daun, dan dari anakan primer ini akan muncul anakan sekunder, dan selanjutnya dari anakan sekunder ini akan muncul anakan tersier. Tetapi pertumbuhan anakan tersier ini tidak begitu diharapkan, karena disamping pertumbuhannya yang terlambat dan hanya akan menghasilkan pertumbuhan malai yang

terlambat, sehingga dapat diasumsikan karena pola release yang lebih stabil pada UZA yang dibenamkan perlakuan UZA yang dibenamkan akan mengalami fase vegetatif yang cenderung lebih lama dari perlakuan yang ditebar, sehingga fase pembungaan pada tanaman padi pada perlakuan UZA yang dibenam akan sedikit lebih terlambat dari perlakuan yang ditebar.

KESIMPULAN

Pupuk UZA dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman padi. Dosis UZA dengan dosis asam humat 1% merupakan dosis terbaik untuk tanaman padi. Pemberian pupuk UZA dengan cara ditebar ternyata lebih baik jika dibandingkan dengan cara dibenamkan ke dalam lumpur.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suwardi. 1999. "Penetapan Kualitas Mineral Zeolit dan Prospeknya di Bidang Pertanian" dalam seminar pembuatan dan pemanfaatan zeolit agro untuk meningkatkan produksi industry pertanian, tanaman pangan, dan perkebunan, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung 23 Agustus 1999.
2. Suwardi. 1995. "Pemanfaatan Zeolit sebagai Media Tumbuh Tanaman Hortikultura", dalam Proceeding Temu Ilmiah IV, PPI-Jepang, Tokyo, 1-3 September 1995.

3. Senda, P. Saputra H. Ade S. Mochamad R. 2009. 125.163.204.22/download/ebookskimia/makalah/Produk%20Berbasis%20Zeolit.pdf. pukul 10.12. 30 September 2009.
4. Alimin, dkk. 2005. "Fraksinasi Asam Humat dan Pengaruhnya pada Kelarutan Ion Logam Seng (II) dan Kadmium (II)", *Jurnal Ilmu Dasar*, 6, no. 1.
5. Ismunadji, d.k.k. 1988. *Padi buku 1*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan: Bogor.
6. Leiwakabessy F.M, U.M Wahjudin, dan Suwarno. 2003. *Kesuburan Tanah*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.

POLA PELEPASAN NITROGEN DARI PUPUK TERSEDIA LAMBAT (SLOW RELEASE FERTILIZER) UREA-ZEOLIT-ASAM HUMAT

Ganda Darmono Nainggolan, Suwardi*, dan Darmawan

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Email: suwardi_bogor@yahoo.com*

ABSTRAK

Nitrogen merupakan unsur hara esensial bagi tanaman sehingga kekurangan unsur tersebut menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh dengan normal. Nitrogen mudah hilang dari tanah sehingga perlu dikurangi kehilangannya dengan membentuk pupuk dalam bentuk tersedia lambat (*slow release*). Beberapa bahan yang dapat digunakan untuk membuat *slow release* diantaranya adalah yang memiliki kapasitas tukar kation (KTK) tinggi. Zeolit dan asam humat merupakan bahan yang memiliki KTK sangat tinggi sehingga memungkinkan digunakan sebagai bahan *slow release*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju dan pola pelepasan nitrogen dari formula *slow release fertilizer* (SRF) campuran urea, zeolit dan asam humat (UZA) dan membandingkan laju pelepasan nitrogen dengan pupuk urea pril. Penelitian dilakukan di laboratorium dengan uji inkubasi selama 14 minggu. Penetapan kadar amonium dan nitrat dilakukan dengan mengekstrak tanah dengan metode destilasi ekstrak KCl 1N + HCl 0.1N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam humat yang diberikan pada pupuk mengakibatkan pelepasan nitrogen menjadi amonium dan nitrat semakin lambat. Dari 5 jenis formula *slow release fertilizer* (SRF) yang mengandung asam humat, SRF H5 (urea:zeolit, 70%:30% dengan kandungan humat 5%) mempunyai laju pelepasan nitrogen paling lambat. Namun, dari 5 jenis pupuk SRF yang mengandung humat tersebut, pupuk SRF H1 dan H3 (dengan kandungan humat 1% dan 3%) mempunyai laju pelepasan nitrogen yang paling efisien.

Kata kunci: Asam humat, *slow release fertilizer*, zeolite, padi

ABSTRACT

THE PATTERN OF NITROGEN RELEASE FROM SLOW RELEASE FERTILIZER UREA-ZEOLITE-HUMIC ACID. Nitrogen is essential nutrient for plants, deficiency of nutrient causes plants could not growth normally. Nitrogen is easily lost from soil so to reduce his lost by forming fertilizers available in slow form (*slow release*). Some materials can be used to create a slow release of which having high cation exchange capacity (CEC). Zeolite and humic acid are materials which have a highest CEC so it make possible to use as a slow release materials. The study aimed to determine the rate and pattern of nitrogen release from mixture formulas Slow Release Fertilizer (SRF) and urea-zeolite and humic-acid (UZA) and comparing rate of nitrogen release with urea pril. The study conducted in laboratory with incubation experiment during 14th weeks. Determination ammonium and nitrate was conducted by extracting the soil with extractant hydrodistillation 0.1 N HCl + 1 N KCl. The result showed that a higher humic acid concentration was given on fertilizer causes a nitrogen release become ammonium and nitrate more slowly. SRF H5 (urea:zeolit, 70%:30% with humic acid of 5%) have a slowest nitrogen release rate rather than five types of Slow Release Fertilizer (SRF) formulas which containing a humic acid. However, SRF H1 and H3 fertilizer (with humic acid of 1% and 3%) have a most efficiency nitrogen release rate rather than five types of Slow Release Fertilizer (SRF) which is containing a humid acid.

Keywords: Humic acid, *slow release fertilizer*, zeolite, and paddy

PENDAHULUAN

Nitrogen merupakan unsur hara esensial bagi tanaman sehingga kekurangan nitrogen menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh dengan normal. Nitrogen merupakan salah satu unsur pupuk yang diperlukan dalam jumlah paling banyak, namun keberadaannya dalam tanah sangat mobil sehingga mudah hilang dari tanah melalui pencucian maupun penguapan. Nitrogen merupakan unsur hara

penentu produksi atau sebagai faktor pembatas utama produksi (Sanchez,1979). Jumlah nitrogen dalam tanah bervariasi, sekitar 0.02% sampai 2.5% dalam lapisan bawah dan 0.06% sampai 0.5% pada lapisan atas (Alexander, 1997).

Nitrogen sangat penting karena merupakan penyusun utama protein dan beberapa molekul biologik lainnya, nitrogen diperlukan baik oleh tumbuhan maupun hewan dalam

jumlah yang besar. Lagipula sejumlah besar nitrogen hilang dari dalam tanah karena tanah mengalami pencucian oleh gerakan aliran air dan kegiatan jasad renik. Banyaknya nitrogen yang tersedia langsung bagi tumbuhan sangatlah sedikit (Nasoetion, 1996). Unsur ini sangat penting bagi tumbuhan dan dapat disediakan manusia melalui pemupukan. Bentuk N yang diadsorpsi oleh tanaman berbeda-beda. Unsur hara NH_4^+ dan NO_3^- mempengaruhi kualitas tanaman sehingga ada tanaman yang lebih baik tumbuh bila diberi NH_4^+ , ada yang lebih baik bila diberi NO_3^- dan adapula tanaman yang tidak berpengaruh oleh bentuk-bentuk N ini. Nitrogen yang diserap dalam tanaman dirubah menjadi -N, -NH-, -NH₂. Bentuk reduksi ini kemudian dirubah menjadi senyawa yang lebih kompleks dan akhirnya menjadi protein. Pemberian N menyebabkan pertumbuhan vegetatif sangat hebat sekali dan warna daun menjadi hijau tua. Kelebihan N dapat memperpanjang umur tanaman dan memperlambat proses kematangan karena tidak seimbang dengan unsur lain seperti P, K, dan S.

Usaha memperlambat pelepasan nitrogen dari pupuk dapat menurunkan pencemaran lingkungan karena nitrogen dalam bentuk nitrat yang masuk ke perairan merupakan salah satu sumber pencemar air. Nitrogen dalam bentuk anorganik (nitrat, nitrit, dan amoniak) merupakan indikator pencemar air. Nitrifikasi banyak berpengaruh terhadap kualitas lingkungan karena oksidasi dari NH_4^+ yang stabil menjadi NO_3^- yang mudah larut dapat menyebabkan pencemaran nitrat terhadap air tanah. Konsentrasi nitrat yang tinggi dalam air dapat memacu pertumbuhan mikroba, alga, plankton, enceng gondok, dan tumbuhan air lainnya akibat proses penyuburan air oleh nitrat (Hardjowigeno, 2003).

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 menjadi lebih kecil (Astiana, 2004).

Salah satu usaha untuk mengurangi kehilangan nitrogen adalah dengan membuat

pupuk tersebut dalam bentuk *slow release*. Zeolit merupakan salah satu bahan yang dapat mengikat nitrogen sementara. Zeolit memiliki nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi (antara 120-180 me/100g) yang berguna sebagai pengadsorpsi, pengikat dan penukar kation (Suwardi, 2000). Pupuk dalam bentuk *slow release* dapat mengoptimalkan penyerapan nitrogen oleh tanaman karena SRF dapat mengendalikan pelepasan unsur nitrogen sesuai dengan waktu dan jumlah yang dibutuhkan tanaman, serta mempertahankan keberadaan nitrogen dalam tanah dan jumlah pupuk yang diberikan lebih kecil dibandingkan metode konvensional. Cara ini dapat menghemat pemupukkan tanaman yang biasanya dilakukan petani tiga kali dalam satu kali musim tanam, cukup dilakukan sekali sehingga menghemat penggunaan pupuk dan tenaga kerja (Suwardi, 1991).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju dan pola pelepasan nitrogen dari formula *slow release fertilizer* (SRF) campuran urea, zeolit dan asam humat dan membandingkannya dengan pupuk urea pril.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilakukan dari bulan Maret 2009 sampai dengan bulan September 2009. Pupuk *slow release* yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dari campuran Urea, Zeolit dan Asam Humat. Pupuk UZA menggunakan urea dan zeolit dengan perbandingan 70:30. Sedangkan untuk asam humat digunakan dengan jumlah yang berbeda-beda yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%.

Tanah yang digunakan untuk penelitian adalah tanah yang biasa digunakan untuk menanam padi sawah di daerah Situ Gede, Bogor. Tanah diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm kemudian dikeringudarkan. Untuk analisis sifat-sifat kimia di laboratorium, tanah ditumbuk dan diayak sampai lolos saringan 2 mm.

Urea dan zeolit dipersiapkan dalam bentuk bubuk (*powder*) dengan ukuran 60-100 mesh. Urea yang sudah berbentuk bubuk diberi asam humat sesuai konsentrasi kemudian diaduk hingga homogen. Adapun zeolit yang telah berbentuk bubuk dicampur dengan pati sebagai perekat pupuk. Keempat bahan

tersebut dicampur secara homogen. Setelah itu SRF dibuat dengan metode konvensional menggunakan nampian dan berdasarkan pada gaya sentrifugal.

Pengukuran laju pelepasan nitrogen pupuk dilakukan dengan metode inkubasi di ruang terbuka di laboratorium. Tanah kering udara sebanyak 113.79 g atau setara 100 g (berat kering mutlak/BKM) dimasukkan kedalam wadah plastik berbentuk tabung silinder dengan diameter 6.00 cm dan tinggi 6.70 cm. Setiap perlakuan diulang 3 kali.

Pupuk UZA dibuat dengan cara melapisi pupuk campuran Urea-Zeolit dengan asam humat. Pupuk campuran urea-zeolit dengan perbandingan 70:30 merupakan perbandingan yang paling baik dibuat dengan bantuan *pelletizer*. Pupuk UZA (Urea-Zeolit-Asam Humat) ditimbang sesuai dengan perlakuan kemudian dimasukkan kedalam wadah plastik yang telah berisi tanah setara 100 gram BKM. Tanah dan pupuk dicampur merata lalu tanah dilembabkan sampai mencapai kadar air kapasitas lapang (57.34%). Tanah dalam wadah plastik ditutup dengan plastik *polyethelene* kemudian di inkubasi. Inkubasi dilakukan pada suhu kamar dalam Inkubator terbuka selama 14 minggu.

Tiap periode waktu tertentu yaitu pada minggu ke 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 dan 14, selama masa inkubasi dilakukan analisis konsentrasi amonium dan nitrat (%), pH, EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$) dan kadar air tanah. Tiap perlakuan diulang 3 kali dengan mengeluarkan seluruh isi tanah dari dalam wadah plastik dan dilakukan pengadukan sampai merata, lalu sampel diambil untuk ditimbang sebanyak 5 gram (analisis amonium dan nitrat). Karena jumlah

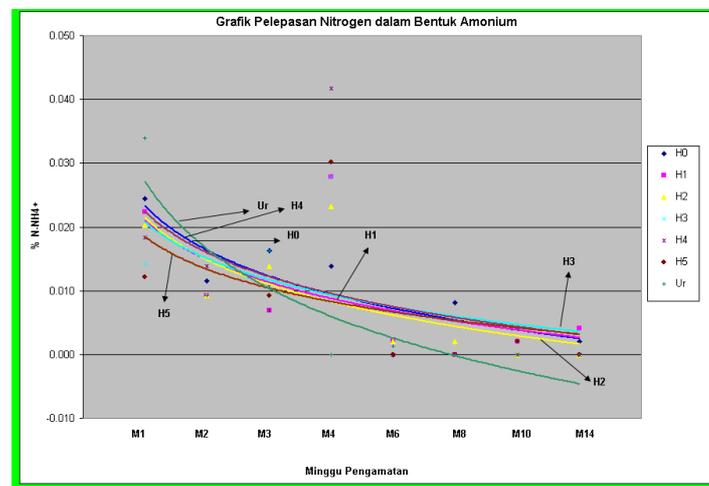
perlakuan ada 7, maka jumlah wadah plastik yang digunakan sebanyak $8 \times 3 \times 8 = 192$.

Penetapan kadar amonium dan nitrat dilakukan dengan mengekstrak tanah dengan metode destilasi menggunakan ekstrak KCl 1N+ HCl 0,1N, lalu hasil ekstrak dianalisis dengan metode Destilasi. Seluruh contoh tanah pada minggu ke 14 dianalisis pH, EC, amonium, nitrat, kadar air, P, K, KTK, dan basa-basa.

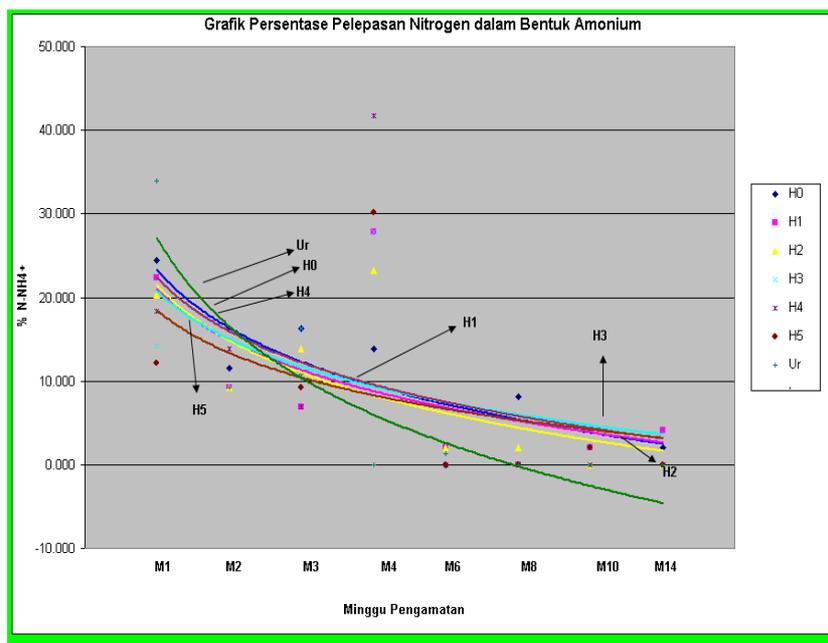
HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Pelepasan Amonium dan Nitrat dari Pupuk SRF dan Urea Prill

Dari hasil penelitian selama masa inkubasi 14 minggu dapat dilihat bahwa jumlah amonium pada minggu pertama masih tinggi, sejalan dengan masa inkubasi jumlah amonium berkurang, hal ini disebabkan oleh proses amonifikasi. Perbandingan laju pelepasan nitrogen dari pupuk SRF dan urea prill menjadi amonium selama 14 minggu waktu inkubasi disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Berbeda dengan amonium, produksi nitrat mengalami peningkatan sejalan dengan waktu inkubasi (Gambar 3 dan 4). Aktivitas nitrosomonas dan nitrobakter (golongan bakteri obligat autotrof) meningkatkan jumlah nitrat dalam tanah yang dibentuk melalui proses nitrifikasi yaitu perombakan amonium menjadi nitrat. Jumlah nitrat dalam tanah erat kaitannya dengan konsentrasi amonium dalam tanah. Jumlah nitrat dalam tanah cenderung meningkat dengan meningkatnya konsentrasi amonium.



Gambar 1. Grafik Pelepasan Nitrogen dalam Bentuk Amonium (%) Selama 14 Minggu Inkubasi



Gambar 2. Grafik Persentase Pelepasan Nitrogen dalam Bentuk Amonium (%) Selama 14 Minggu inkubasi

Efek dari peningkatan jumlah amonium adalah peningkatan jumlah nitrat dalam tanah. Proses pembentukan nitrat disebut nitrifikasi yang dilakukan oleh nitrosomonas dalam perubahan amonium menjadi nitrit dan nitrobakter yang berperan dalam perubahan nitrit menjadi nitrat.

Pupuk yang dianalisis dapat digunakan atau diaplikasikan sesuai dengan kebutuhan tanaman atau keperluan lain dengan memperhitungkan efisiensi yang dilihat dari *release* setiap pupuk dalam perubahan nitrogen menjadi amonium maupun perubahan amonium menjadi nitrat, hal ini dilakukan untuk mengatasi ketidaktersediaan nitrogen baik untuk tanaman maupun keperluan lain yang disebabkan oleh faktor-faktor penghambat diantaranya volatilisasi dan pencucian. Berdasarkan hasil analisis ini juga dapat dilihat peran zeolit dan asam humat dalam membantu memperlambat laju pelepasan nitrogen menjadi amonium dan dapat ditemui adanya kecenderungan yang jelas bahwa semakin tinggi konsentrasi asam humat yang diberikan, maka laju pelepasan nitrogen semakin lambat.

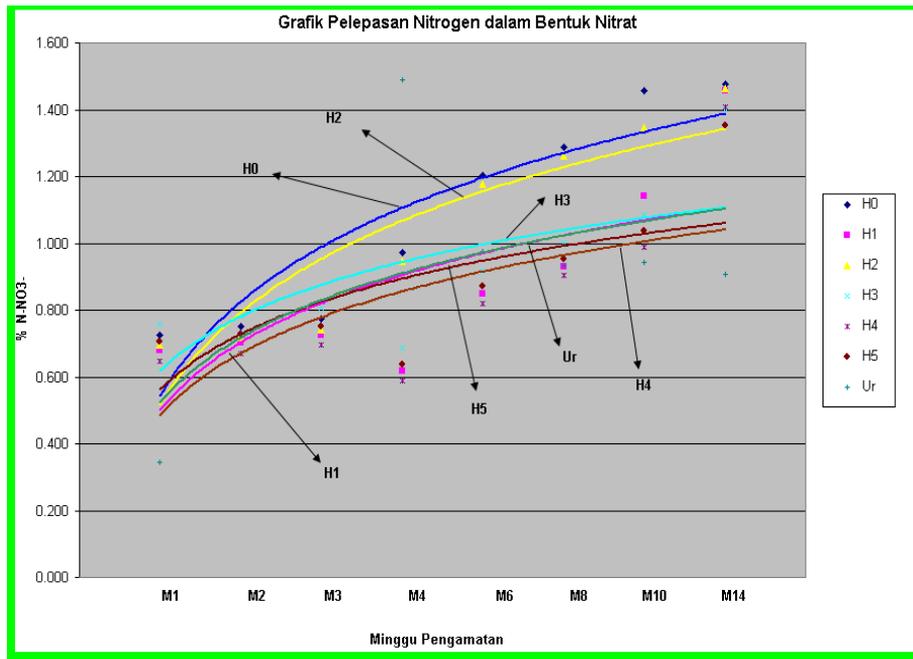
Dari grafik dapat dilihat bahwa pupuk Urea melepaskan amonium pada minggu pertama sampai minggu ketiga dalam jumlah yang cukup besar. Pada minggu ke 4 pupuk urea telah melepaskan nitrogen dalam bentuk

nitrat hampir mencapai 100% dari kesuruhan nitrat yang terakumulasi.

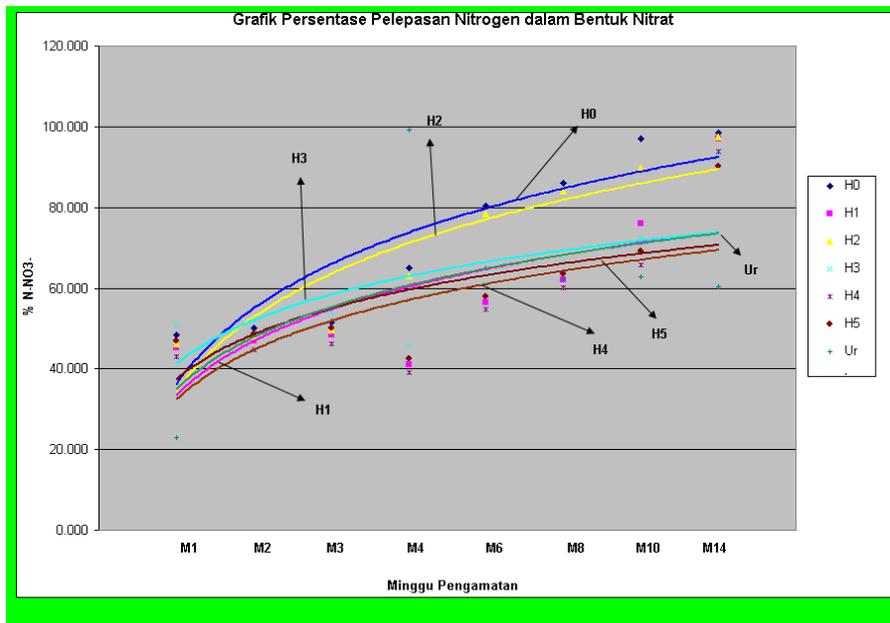
Berbeda dengan urea, Formula SRF Urea, zeolit dan asam humat maupun Formula urea, zeolit tanpa asam humat melepaskan nitrogen dalam bentuk amonium secara perlahan, sampai minggu ke 14 akumulasi nitrat dari hasil analisis menunjukkan bahwa formula tersebut melepaskan nitrogen dalam bentuk nitrat mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa formula ini mampu mengikat atau memegang amonium sehingga dapat memperlambat proses perubahan nitrat secara biologik.

Pola Pelepasan Amonium dan Nitrat dari Pupuk *Slow Release* UZA Dibandingkan dengan Pupuk Urea Prill

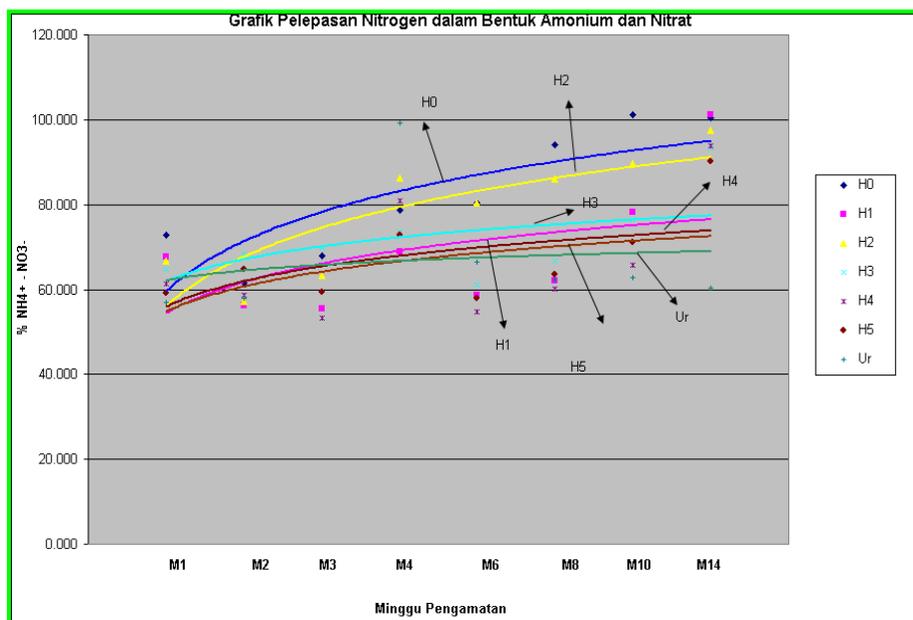
Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa pola pelepasan nitrogen selama 14 minggu adalah sebagai berikut : Pupuk *slow release* yang dibuat dari formula urea, zeolit dan asam humat memiliki pelepasan nitrogen yang lebih lambat dibandingkan dengan Urea Prill. Semakin tinggi konsentrasi asam humat yang diberikan maka laju pelepasan nitrogen semakin lambat.



Gambar 3. Grafik Pelepasan Nitrogen dalam Bentuk Nitrat (%) Selama 14 Minggu Inkubasi



Gambar 4. Grafik Persentase Pelepasan Nitrogen dalam Bentuk Nitrat (%) Selama 14 Minggu Inkubasi



Gambar 5. Grafik Pelepasan Nitrogen dalam Bentuk Amonium dan Nitrat (%) Selama 14 Minggu Inkubasi

Pelepasan nitrogen dari pupuk UZA pada umumnya menurun selama masa inkubasi. Walaupun pada minggu-minggu awal pupuk melepaskan nitrogen dalam jumlah yang besar jika dibandingkan dengan urea. Efisiensi pelepasan nitrogen ke dalam tanah juga sangat bergantung pada aktivitas fauna tanah, kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman terhadap unsur nitrogen itu sendiri.

Perubahan pH, EC dan Sifat-Sifat Kimia Tanah Selama Inkubasi

Hasil pengukuran pH selama 14 minggu inkubasi menunjukkan secara umum pH tanah cukup tinggi pada awal inkubasi dan kemudian menurun sejalan dengan waktu inkubasi. Hal ini sangat berkaitan dengan produksi amonium (bersifat basa) pada awal inkubasi menyebabkan peningkatan pH. Sejalan dengan waktu inkubasi terjadi penurunan jumlah amonium dan peningkatan jumlah nitrat. Karena nitrat bersifat asam, maka sejalan dengan waktu inkubasi pH tanah menurun. Perubahan pH tergantung dari proses amonifikasi dan nitrifikasi dari nitrogen menjadi amonium dan nitrat.

Jumlah nitrifikasi sangat dekat dan secara langsung berhubungan dengan pH, dan reaksi optimum dari tanah sangat banyak dan mungkin sebagian besar dari pengoksidasian amonium menyebabkan pH berada pada titik netral sampai diatas netral, sementara pengoksidasian nitrit sampai nitrat

menyebabkan pH berada dibawah titik netral. (Morris dan Dawson, 1962). Reaksi pembentukan nitrat akan membebaskan H⁺ merupakan sebab terjadinya pengasaman tanah (Leiwakabessy, 1988). Pemberian pupuk nitrogen kedalam tanah dapat meningkatkan reaksi nitrifikasi dalam tanah dengan membebaskan ion hidrogen sehingga menurunkan pH tanah dan menyebabkan nitrat yang terbentuk tinggi.

Sebaliknya nilai daya hantar listrik (EC) pada awal inkubasi rendah dan meningkat sejalan dengan waktu inkubasi. Perubahan EC juga tergantung dari proses nitrifikasi dari nitrogen menjadi amonium dan nitrat. Nitrat yang merupakan anion dari asam kuat bila berada dalam jumlah yang tinggi dapat menghantarkan listrik yang ditunjukkan dengan nilai EC yang tinggi.

Mekanisme Slow Release Pada Slow Release Fertilizer yang dibuat dari Urea, Zeolit dan Asam Humat

Efisiensi yang tinggi pada pemanfaatan nitrogen tersedia bergantung pada pengendalian erosi, memperkecil pencucian pada tanah dan yang terakhir adalah pada pencegahan terhadap sifat nitrogen yang mudah menguap (Volatile). Volatilisasi merupakan salah satu penyebab kehilangan nitrogen tanah yang dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu penguapan melalui sistem kapiler tanah dimana NH₄⁺ yang terlarut

dalam air bergerak kelapisan atas dan hilang melalui proses evaporasi dan kedua disebabkan penempatan pupuk amonium yang kurang tepat di permukaan tanah menyebabkan penguapan secara langsung akibat suhu yang tinggi. Pelepasan dari pupuk urea yang diberikan ke dalam tanah dapat mencapai 10%-15% (leiwakabessy, 1988). Dengan demikian hilangnya N melalui volatilisasi salah satunya dapat dikurangi dengan menggunakan pupuk lepas terkendali (*slow release*).

Adapun *slow release fertilizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah pupuk yang dibuat dari bahan urea, zeolit dan asam humat. Pupuk ini diberi nama UZA. Adapun mekanisme *slow release* dari pupuk ini merupakan pengaruh dari adanya kandungan zeolit dan asam humat pada pupuk tersebut. Zeolit yang merupakan salah satu bagian pupuk dapat mengikat amonium yang dilepaskan pupuk urea pada saat penguraian. Pengikatan akan lebih efektif jika jumlah zeolit yang dicampurkan kedalam pupuk semakin banyak, karena kompleks jerapan yang dapat menangkap amonium semakin banyak. Pupuk campuran urea-zeolit dengan perbandingan 70:30 merupakan perbandingan yang paling baik dibuat dengan bantuan *pelletizer*. Zeolit yang digunakan berasal dari tasikmalaya dengan ukuran 100 mesh dicampur dengan urea dengan perbandingan urea:zeolit 70:30, bahan campuran kemudian dibuat pelet dengan bantuan *pelletizer*.

Amonium yang dijerap zeolit tidak segera dilepas kedalam larutan tanah selama jumlah amonium dalam tanah masih tinggi. Setelah amonium dalam tanah berubah menjadi nitrat, persediaan amonium dalam rongga zeolit dilepaskan ke dalam larutan tanah. Jadi zeolit memperlambat proses perubahan amonium menjadi nitrat. Zeolit dapat mencegah terjadinya nitrifikasi karena mineral zeolit dapat menjerap NH_4^+ pada kisi-kisinya (diameter rongga klinoptilolit 3.9-5.4 A° sedangkan diameter NH_4^+ 1.4 A°), sehingga bakteri nitrifikasi tidak dapat masuk karena ukuran tubuh dari bakteri tersebut 1000 kali lebih besar dari diameter rongga zeolit (Alexander,1997).

Zeolit juga memiliki nilai KTK yang tinggi, yang berguna sebagai pengadsorpsi dan pengikat dan penukar kation, karena memiliki KTK yang tinggi maka semakin banyak jumlah kisi-kisi pertukaran didalam zeolit, sehingga semakin banyak jumlah NH_4^+ yang

berasal dari formula SRF dan pupuk urea yang telah mengalami hidrolisis menjadi amonium dapat dijerap oleh kisi-kisinya. Penjerapan NH_4^+ ini di dalam rongga/ kisi-kisi zeolit, hanya bersifat sementara dan dengan mudah akan diberikan kepada tanaman pada saat diperlukan (Suwardi, 1991).

Berdasarkan sifat pertukaran zeolit yang tinggi, zeolit dapat mengikat dan menyimpan sementara unsur-unsur hara dalam tanah kemudian melepaskan kembali ke tanah saat tanaman membutuhkan khususnya N karena sifat selektivitas adsorpsi zeolit yang tinggi terhadap ion amonium. Kemampuan zeolit dalam menyerap amonium, menghambat perubahan amonium menjadi nitrat sehingga kehilangan N dalam bentuk nitrat yang mudah tercuci air hujan dapat ditekan. Jika kadar N dalam larutan tanah berkurang, N yang diadsorpsi oleh zeolit akan dilepaskan secara perlahan untuk keperluan tanaman (Suwardi, 2002).

Adapun dalam penelitian ini digunakan bahan asam humat. Dari hasil pengamatan selama 14 minggu dapat dilihat pengaruh asam humat terhadap mekanisme *slow release* dari SRF bahwa semakin tinggi konsentrasi asam humat yang diberikan pada pupuk dapat mengakibatkan pelepasan nitrogen menjadi amonium dan amonium menjadi nitrat semakin lambat.

Asam humat dapat berfungsi memperbaiki pertumbuhan tanaman secara langsung dengan meningkatkan permeabilitas sel atau melalui kegiatan hormon pertumbuhan (Tan, 1992). Tan dan Napamornbodi (1979 *dalam* Tan, 1992). Memaparkan bahwa asam humat bermanfaat bagi pertumbuhan akar dan bagian atas tanaman. Selain itu, terdapat peningkatan yang nyata dalam kandungan N bagian atas semai dan produksi bahan kering dari pemanfaatan asam humat.

Chen dan Aviad (1990 *dalam* Andalasari, 1997) mempelajari penggunaan asam humat untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Pengaruh asam humat pada tanaman baik di laboratorium maupun di lapangan adalah pada tinggi, berat basah, dan berat kering tunas dan akar, jumlah akar lateral, inisiasi akar, pertumbuhan bibit, penyerapan hara dan pembungaan.

Bersama dengan lempung tanah, bahan-bahan humat bertanggung jawab atas sejumlah aktivitas kimia dalam tanah. Mereka terlibat dalam reaksi kompleks dan dapat

mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung asam humat diketahui memperbaiki kesuburan tanah dengan mengubah kondisi fisik, kimia, dan biologi dalam tanah. Secara langsung, asam humat telah dilaporkan merangsang pertumbuhan tanaman melalui pengaruhnya terhadap metabolisme dan terhadap sejumlah proses fisiologi lainnya. Senyawa humat juga berperan serta dalam pembentukan tanah dan memainkan peranan penting khususnya dalam translokasi atau mobilisasi lempung, aluminium dan besi, yang menghasilkan perkembangan horison spodik dan horison argilik (Tan, 1992).

Pengaruh spesifik dari asam humat pada pertumbuhan tanaman mencakup: (1) kelarutan dari unsur hara mikro (Fe, Zn, Mg) dan beberapa hara makro (K, Ca, P); (2) menurunkan tingkat aktivitas racun dari bahan yang beracun; (3) meningkatkan populasi mikroba; dan (4) berpengaruh terhadap agregasi mineral tanah (Andalasari, 1997).

KESIMPULAN

1. Semakin tinggi konsentrasi asam humat yang diberikan pada pupuk UZA mengakibatkan pelepasan nitrogen menjadi amonium dan nitrat semakin lambat.
2. Dari 5 jenis ormulat SRF yang mengandung asam humat, SRF H5 (urea:zeolit, 70%:30% dengan kandungan humat 5%) mempunyai laju pelepasan nitrogen paling lambat. Namun, dari 5 jenis pupuk SRF yang mengandung humat tersebut, pupuk SRF H1 dan H3 (dengan kandungan humat 1% dan 3%) mempunyai laju pelepasan nitrogen yang paling efisien.
3. Dengan penambahan zeolit sebagai bahan campuran pupuk yang dibuat dalam bentuk granul, nyata dapat memperlambat laju pelepasan nitrogen.
4. Pupuk dalam bentuk *Slow Release Fertilizer* (SRF) dapat mengoptimalkan penyerapan hara oleh tanaman, karena SRF dapat mengendalikan pelepasan hara sesuai dengan waktu dan jumlah yang dibutuhkan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sanchez, P. A. 1979. Properties and Management of Soil in Tropics. Jhon Wiley and Sons. New York.
2. Alexander, M, 1997. Introduction to Soil Microbiology. 2nd ed. Jhon Wiley and Sons. Inc. New York.
3. Nasoetion. Andi Hakim. 1996. Pengantar ke Ilmu-ilmu Pertanian. Pustaka Literatur Antar Nusa. 133 hal.
4. Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Jakarta: Akademika Pressindo.
5. Astiana. S. 2004. Penggunaan Bahan Mineral Zeolit Sebagai Campuran Pupuk Zeolit-Urea Tablet. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
6. Suwardi. 2000. Pemamfaatan Zeolit sebagai Media Tumbuh Tanaman Hortikultura. Departemen Tanah, Fakultas Pertanian IPB, Prosiding, Temu ilmiah IV. PPI. Tokyo, Jepang; 1-3 September 1995.
7. Suwardi. 1991. *The Mineralogical and Chemical Properties of Natural Zeolite and Their Application Effect for Soil Amandement*. A Thesis for the Degree of Master. Laboratory of Soil Science. Departemen Of Agriculture Chemistry, Tokyo University of Agriculture.
8. Suwardi. 2002. Pemamfaatan Zeolit Sebagai Media Tumbuh Tanaman Pangan, Peternakan, dan Perikanan. Makalah Disampaikan pada Seminar Teknologi Aplikasi Pertanian Bogor IPB.
9. Morrill, L.G., and Dawson, J. E. 1962. Growth rates of nitrifying chemoautotrophs in soil. J. Bacteriol. 83:206-206.
10. Leiwakabessy, F. M. 1988. Kesuburan Tanah. Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
11. Tan, K.H. 1992. Dasar-dasar Kimia Tanah. Edisi ketiga (Terjemahan). Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta. 295pp.
12. Andalasari, T.D. 1997. Regenerasi tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) pada beberapa media dengan asam humat. [Tesis]. Bogor; Institut Pertanian Bogor. 78 pp. (Tidak dipublikasikan).

MODIFIKASI ZEOLIT ALAM SEBAGAI MATERIAL MOLEKULAR SIEVE PADA PROSES DEHIDRASI BIOETANOL

Khaidir¹, Dwi Setyaningsih², dan Hery Haerudin³

¹Mahasiswa Pascasarjana Departemen TIP FATETA IPB

²Staff Pengajar Departemen TIP FATETA IPB

³Kepala R & D Pertamina Pulo Gadung

Email: ¹khaidirsufi77@yahoo.com; khaidir.tip07@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode modifikasi struktur zeolit alam sehingga memiliki ukuran pori yang sesuai untuk digunakan pada proses dehidrasi bioetanol dan memperoleh bioetanol dengan kadar yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Metode yang digunakan adalah dengan cara pemanasan campuran azeotropik etanol-air dalam labu destilasi yang dilewatkan melalui kolom yang telah diisi dengan zeolit molekular sieve. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zeolit modifikasi (ZMS) memiliki karakteristik yang lebih baik untuk digunakan pada proses dehidrasi bioetanol dibandingkan dengan zeolit alam murni. Hasil yang diperoleh pada proses dehidrasi dengan menggunakan ZMS relatif lebih baik jika dibandingkan dengan zeolit komersil 3A dan zeolit alam. Konsentrasi bioetanol yang diperoleh dengan menggunakan ZMS mengalami peningkatan sebesar 3,41 %.

Kata Kunci: bioetanol, zeolit, dan dehidrasi bioetanol

ABSTRACT

MODIFICATION OF NATURAL ZEOLITE AS MOLECULAR SIEVE MATERIAL ON BIOETHANOL DEHYDRATION. This study aimed to find a method of modification zeolite structure so it has a fit pore size to used on bioethanol dehydration process and acquiring bioethanol quality for fuel. The method used by heating the mixture of ethanol azeotropic and water at distillation flask which passed through on the column filled by zeolite molecular sieve. The result showed that zeolite modifications (ZMS) have a better characteristic for used on bioethanol dehydration process than natural zeolite. The result which obtained on dehydration process using ZMS was better rather than commercial zeolite 3 A and natural zeolite. Concentration of bioethanol obtained by using ZMS has increased 3,14%.

Keywords: bioethanol, zeolite, and bioethanol dehydration

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil telah banyak memberikan dampak yang kurang baik terhadap lingkungan. Pelepasan gas rumah kaca (karbon dioksida) ke atmosfer yang dihasilkan melalui pembakaran bahan bakar fosil berkontribusi terhadap pemanasan global. Di samping itu, karbon dioksida juga merupakan sumber utama polusi udara. Salah satu bahan bakar fosil yang banyak digunakan sebagai bahan bakar pada mesin kendaraan adalah bensin yang memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap pencemaran udara. Beranjak dari hal tersebut di atas, maka perlu dicari sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca di udara. Di antara berbagai sumber energi alternatif yang tersedia, bioetanol merupakan salah satu pilihan yang tepat karena di samping

dapat menurunkan emisi gas rumah kaca, juga bersifat *renewable*.

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Proses destilasi hanya mampu menghasilkan etanol dengan persentase 95% yang dinamakan campuran azeotropik. Secara teoritis kita tidak akan bisa mendapatkan bioetanol murni dengan kadar lebih besar dari 97,2% melalui proses destilasi (Onuki, 2006).

Besarnya *grade* bioetanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan haruslah betul-betul kering dan "*anhydrous*" supaya tidak korosif, sehingga diperlukan bioetanol yang mempunyai *grade* sebesar 99,5-100% volume (*fuel grade bioethanol*). Permasalahan yang timbul jika bioetanol yang dihasilkan masih mengandung air sebesar (4-5%) adalah dapat

mempengaruhi kinerja mesin pembakar dan dapat menyebabkan terjadinya korosi pada mesin. Untuk memperoleh etanol dengan kadar lebih besar dari 99%, dapat dilakukan melalui proses dehidrasi (Nurdyastuti, 2005).

Campuran azeotropik tersebut dapat dipisahkan melalui beberapa metode yang telah umum dikenal, diantaranya destilasi azeotropik, dehidrasi melalui adsorpsi dan penyaring molekular (*molecular sieve*).

Destilasi azeotropik melibatkan penambahan bahan kimia ketiga yang disebut *entrainer* ke dalam sistem selama proses destilasi. Metode ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya : (1) Memerlukan input energi yang tinggi; (2) Memerlukan sistem yang kompleks dari kolom untuk regenerasi bahan pengisi (*entrainer*); (3) Ada kecenderungan etanol terkontaminasi dengan bahan *entrainer*; (4) Bermasalah dengan keamanan tempat penyimpanan bahan kimia yang mudah terbakar dan karsinogenik (misal benzena) (Kohl, 2004). Metode lain yang dapat digunakan dan lebih baik dari metode destilasi azeotropik adalah dengan menggunakan penyaring molekular (*molecular sieve*) yang dalam hal ini adalah zeolit.

Beberapa keuntungan menggunakan *molecular sieve* pada proses dehidrasi etanol antara lain :

1. Proses yang sangat sederhana, sehingga mudah diotomatisasi.
2. Proses inert, karena tidak menggunakan bahan kimia tambahan yang memerlukan penanganan tertentu yang mungkin dapat membahayakan para pekerja.
3. *Molecular sieve* dapat dengan mudah memproses etanol yang mengandung kontaminan dan dapat juga digunakan untuk dehidrasi bahan-bahan kimia lainnya.
4. Memiliki umur simpan yang lama (lebih dari 5 tahun).
5. Dapat diatur sebagai sistem yang berdiri sendiri atau terintegrasi dengan sistem destilasi (Anonymous, 2002).

Hal terpenting dari dehidrasi bioetanol adalah mengeluarkan air yang masih bercampur dengan bioetanol yang dihasilkan dari proses destilasi. Jika digunakan sebagai bahan bakar (*biofuel*) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut *fuel grade ethanol* (FGE). Untuk memperoleh etanol dengan kadar 99%, dapat dilakukan

melalui pemisahan air yang masih terkandung di dalam campuran azeotropik etanol-air.

Beberapa keuntungan dari penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar antara lain :

- Mengurangi pengikisan lapisan ozon melalui penurunan emisi oksida karbon di udara.
- Sepenuhnya dapat diperbaharui.

Menekan laju peningkatan CO₂ di udara melalui fotosintesis oleh tumbuhan; sementara jika menggunakan bahan bakar fosil akan terjadi penambahan jumlah karbon di udara akibat pengeluaran sumber karbon yang selama ini ada di dalam perut bumi.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan dehidrasi/pengeringan bioetanol yang dihasilkan dari proses destilasi dengan menggunakan metode penyaringan molekular dengan memanfaatkan *zeolite molecular sieve* (ZMS) alam Indonesia yang diambil di daerah Kecamatan Bayah Provinsi Banten yang telah dimodifikasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan April–September 2009 di Laboratorium SBRC-LPPM IPB Bogor. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah NaOH, HCl, Al(NO₃)₃, Al₂O₃, zeolit alam, zeolit 3A, etanol, dan aqua DM. Peralatan yang digunakan adalah alat destilasi, oven, tanur, *Stirer-heater*, pompa vakum, GC, Autosorb-6B, XRF.

Modifikasi Zeolit. Zeolit yang akan digunakan diperoleh dari Daerah Bayah Provinsi Banten, dimana komposisi utama dari zeolit meliputi campuran klinoptilolit dan mordenit. Bentuk dan ukuran zeolit yang digunakan adalah pasir (3 mm) dan powder (150 mesh). Proses modifikasi dilakukan dalam dua tahap: (1) Acidifikasi menggunakan asam, (2) Pengkayaan ion Al³⁺ ke dalam struktur zeolit alam yang digunakan.

Acidifikasi. Proses ini dilakukan dengan memanaskan zeolit alam ukuran 150 mesh pada suhu 50°C menggunakan larutan HCl 1,5 M dengan perbandingan 150 gram zeolit/1500 mL HCl selama 5 jam sambil diaduk (Hertzengerg *et al* 1991). Hasil yang diperoleh kemudian disaring, dicuci dengan aqua DM, lalu dikeringkan semalam pada suhu 120°C. Hasil yang diperoleh dianalisis

komposisi kimianya terutama kandungan logam-logam yang tidak diinginkan serta dilakukan pengujian terhadap luas permukaan, volume pori, dan diameter pori rata-ratanya.

Pengkayaan ion Al³⁺. Zeolit yang diperoleh pada tahap I dikalsinasi pada 500°C selama 2 jam. Zeolit yang telah dikalsinasi tersebut ditimbang sebanyak 100 gram, di-slurry dalam 2L aqua DM. Kemudian ditambahkan 60 gram NaOH (dalam 100 mL Aqua DM) dan dipanaskan pada suhu 50°C selama 40 menit. Selanjutnya ditambahkan Al₂O₃ 34 gram (dalam 50 mL Aqua DM) dan Al(NO₃)₃ 250 gram (dalam 100 mL Aqua DM). Lalu dipanaskan lagi pada suhu 95°C (± 4 jam) (Leonard 1981; Sun 1983; Narayana *et al* 1992; Kuznicki *et al* 2002) . Hasil yang diperoleh disaring menggunakan penyaring vakum, dicuci dengan aqua DM (sebanyak 2000 mL), dikeringkan semalam pada suhu 110°C, dan terakhir dikalsinasi kembali selama 3 jam pada 500°C. Hasil yang diperoleh dianalisis komposisi kimianya serta dilakukan pengujian terhadap luas permukaan, volume pori, dan diameter pori rata-ratanya.

Dehidrasi Bioetanol. Bahan baku bioetanol yang digunakan dalam penelitian ini adalah etanol komersil yang ada di pasaran dengan konsentrasi yang disesuaikan dengan produk bioetanol yang umum disintesis di laboratorium. Etanol yang digunakan dipanaskan sampai membentuk fase uap. Selanjutnya dilewatkan melalui kolom yang berisi zeolit alam (ZA) yang telah diaktivasi dan dimodifikasi (ZMS) serta zeolit komersil 3A. Pada penelitian ini diharapkan molekul-molekul air yang berukuran lebih kecil akan masuk ke dalam pori-pori zeolit tersebut,

sedangkan molekul etanol yang lebih besar akan ditolak oleh molekul zeolit. Molekul etanol yang ditolak oleh zeolit dialirkan ke dalam kondensor untuk dikondensasi menjadi etanol dalam bentuk cair.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Zeolit Alam (ZA)

Zeolit yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam (ZA) yang diperoleh dari PT. Transindo Raya yang berasal dari daerah Bayah Provinsi Banten. Karakteristik awal zeolit alam yang digunakan mengandung beberapa senyawa oksida anorganik. Komposisi kimia zeolit alam Bayah dapat dilihat pada tabel 1.

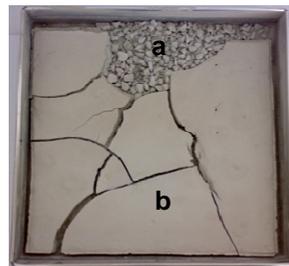
Hasil tersebut di atas diperoleh dari analisis sampel zeolit alam 150 mesh yang dilakukan di Laboratorium & Technical Services Pertamina. Dari Tabel 1 dapat dilihat, berdasarkan pada kandungan silika dan alumina dari zeolit Bayah, maka zeolit tersebut dapat digolongkan ke dalam zeolit dengan kandungan silika menengah (*intermediate silica zeolites*) dimana perbandingan Si/Al adalah 5,6 (Flanigen 1980). Zeolit dengan kandungan silika tinggi memiliki sifat hidrofobik, sebaliknya zeolit dengan kandungan alumina tinggi bersifat hidrofilik (Flanigen 1980). Zeolit dengan perbandingan Si/Al mendekati 10 lebih bersifat hidrofobik, sehingga kemampuan adsorpsinya terhadap air menjadi berkurang (menurun). Oleh karena itu, agar zeolit alam dapat digunakan sebagai adsorben terhadap air, maka perlu diberi perlakuan penambahan ion aluminium ke dalam kerangka zeolit.

Tabel 1. Komposisi Kimia Zeolit Bayah

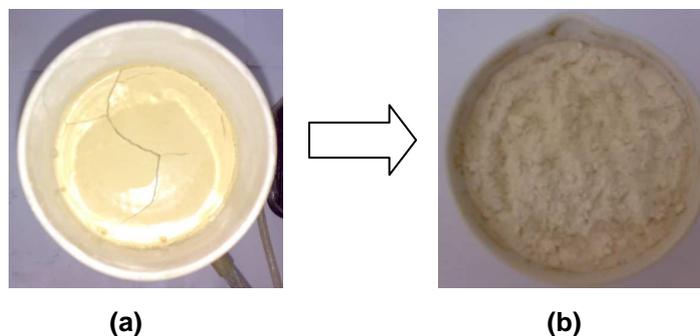
No	Senyawa	Satuan (%)	Metode
1	Al ₂ O ₃	10,57	XRF
2	SiO ₂	67,18	XRF
3	Na ₂ O	1,09	XRF
4	K ₂ O	2,31	XRF
5	MgO	0,77	XRF
6	CaO	3,27	XRF
7	TiO ₂	0,14	XRF
8	Fe ₂ O ₃	1,18	XRF
9	P ₂ O ₅	0,04	XRF



Gambar 1. Proses Perlakuan Zeolit Menggunakan HCl 1,5 M (direfluks selama 5 jam pada kecepatan putar 300 rpm)



Gambar 2. Zeolit Hasil Perlakuan dengan HCl 1,5 M (pasta zeolit yang dikeringkan dalam wadah aluminium, a. bagian yang telah dihancurkan untuk digunakan pada proses selanjutnya, b. pasta zeolit kering yang belum dihancurkan)



Gambar 3. Zeolit Hasil Modifikasi (a.) Hasil penyaringan, dan (b.) setelah proses pengeringan dan kalsinasi

Acidifikasi dan Modifikasi Zeolit Alam

Perlakuan pendahuluan terhadap zeolit alam sebelum dimodifikasi menjadi zeolit yang diinginkan dilakukan dengan menggunakan HCl 1,5 M. Tujuan dari perlakuan tersebut adalah untuk menghilangkan logam-logam yang tidak diinginkan yang masih terkandung di dalam zeolit alam yang akan digunakan. Zeolit alam direfluks dalam larutan HCl 1,5 M selama 5 jam dengan kecepatan putaran 300 rpm (Gambar 1). Hasil yang diperoleh terdapat larutan yang berwarna hijau pudat (muda), larutan tersebut diperkirakan

mengandung senyawa FeCl_2 yang berwarna hijau pudat. Sebagian dari serbuk besi yang tidak larut menempel pada permukaan magnetik stirrer pada saat terjadinya proses.

Zeolit yang diperoleh kemudian dicuci dan selanjutnya dikeringkan selama sehari semalam pada suhu 120°C . Zeolit hasil yang diperoleh setelah pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2.

Zeolit yang diberi perlakuan asam menampakkan pori-pori yang lebih terbuka (lebih besar) jika dibandingkan dengan zeolit alam. Modifikasi dilakukan terhadap zeolit

yang telah beri perlakuan asam dan diperoleh hasil seperti yang terlihat pada Gambar 3.

Gambar di atas menunjukkan zeolit hasil modifikasi sebelum dan sesudah dilakukan pengeringan. Hasil analisis sampel yang dilakukan terhadap zeolit yang diberi perlakuan asam (ZAA), zeolit hasil pengkayaan ion Al^{3+} , dan zeolit komersil 3A dapat dilihat pada tabel 2.

Zeolit Alam Hasil Acidifikasi (ZAA)

Zeolit alam setelah proses acidifikasi memiliki karakteristik seperti yang terlihat pada Tabel 2.

Zeolit hasil modifikasi (ZMS)

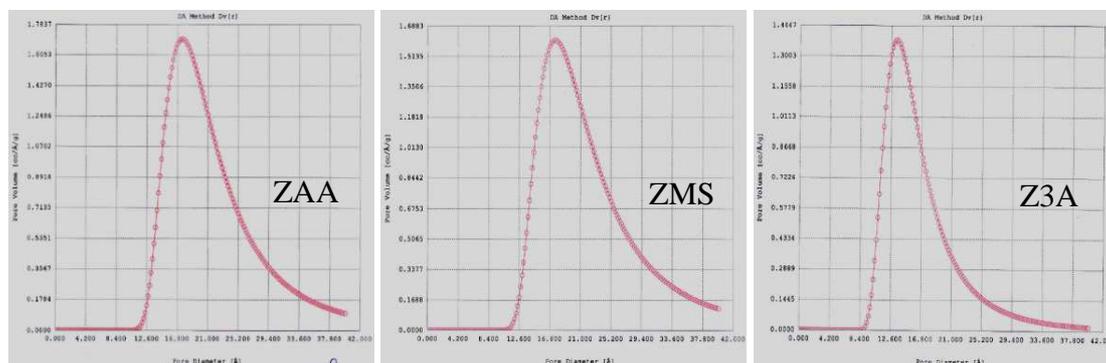
Zeolit hasil proses acidifikasi selanjutnya diberi perlakuan dengan penambahan ion Al^{3+} ke dalam kerangka zeolit yang bertujuan untuk memperkecil perbandingan kandungan Si/Al terhadap zeolit yang akan dimodifikasi yang nantinya akan digunakan pada proses dehidrasi bioetanol.

Zeolit Komersil 3A

Sementara itu, zeolit komersil 3A digunakan pada penelitian ini sebagai pembanding dalam penentuan karakteristik dari zeolit yang diberi perlakuan asam dan pengkayaan ion Al^{3+} . Gambar 4 menunjukkan Grafik hubungan antara diameter pori dan volume pori dari zeolit yang diberi perlakuan asam (ZAA), yang dimodifikasi melalui penambahan ion Al^{3+} , dan zeolit komersil 3A.

Tabel 2. Hasil uji sampel zeolit menggunakan metode XRF dan Autosorb-6B (Fisisorpsi) (Hasil uji pada Laboratorium dan Technical Service Pertamina)

No	Jenis analisis	Metode/alat	Satuan	Sampel Zeolit		
				ZAA	ZMS	Z3A
1.	Komposisi :					
	Al_2O_3			7,58	21,48	21,02
	SiO_2			66,36	58,80	41,41
	Na_2O			0,37	1,03	10,39
	MgO			0,38	0,28	1,96
	K_2O			1,92	1,13	0,18
	CaO	XRF	%	0,70	0,49	0,17
	TiO_2			0,09	0,07	0,14
	Fe_2O_3			0,71	0,52	1,09
	P_2O_5			0,01	-	0,03
	SO_3			0,03	0,02	0,03
	BaO			0,02	0,02	0,02
	Cl			0,04	-	0,11
2.	Surface area		m^2/g	55	66	322
3.	Pore volume	Autosorb-6B	cc/g	0,15	0,21	0,35
4.	Avg.Pore Diameter		Å	111	125	43



Gambar 4. Grafik hubungan antara diameter pori dengan volume pori zeolit ZAA, ZMS, dan 3A

Berdasarkan pada gambar 4, terlihat bahwa perbandingan diameter pori dari ketiga sampel zeolit (ZAA, ZMS, dan Z3A) menunjukkan bahwa diameter pori zeolit 3A lebih kecil dari ZAA dan ZMS. Hal ini berkaitan erat dengan selektivitas dari zeolit terhadap molekul air, dimana zeolit komersil 3A memiliki selektivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan zeolit hasil perlakuan asam (ZAA) dan yang dimodifikasi (ZMS).

Luas Permukaan, Volume Pori, dan Diameter Rata-Rata Pori

Karakteristik zeolit yang berhubungan dengan luas permukaan, volume pori, dan diameter rata-rata pori dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan data hasil analisis tersebut, secara teoritis dapat dijelaskan bahwa kapasitas adsorpsi dan absorpsi dari zeolit berbanding lurus dengan luas permukaan, volume pori, dan diameter rata-rata pori. Jika luas permukaan zeolit semakin besar, maka kemampuan zeolit untuk menyerap senyawa-senyawa lain akan semakin baik. Hal ini disebabkan oleh permukaan interaksi yang lebih luas. Begitu juga dengan volume pori, semakin besar volume pori, maka akan semakin besar daya tampung dari senyawa-senyawa yang akan terperap dalam pori-pori zeolit.

Berkaitan dengan diameter pori, apabila diameter pori semakin besar, maka akan semakin banyak senyawa-senyawa yang dapat masuk dan melewati pori-pori zeolit. Sebaliknya, semakin kecil diameter pori dari suatu zeolit, maka zeolit tersebut akan semakin selektif dalam menyerap ataupun meloloskan zat-zat yang akan masuk ke dalam pori-pori zeolit. Pada proses dehidrasi bioetanol, kita mengharapkan bahwa pori-pori zeolit yang terbaik adalah yang memiliki ukuran pori yang paling kecil yang tentunya disesuaikan dengan ukuran molekul air dan bioetanol yang akan dipisahkan. Pada penelitian ini, proses dehidrasi bioetanol dilakukan dengan menggunakan zeolit alam dan zeolit hasil modifikasi, serta zeolit komersil 3A digunakan sebagai pembanding.

Proses Dehidrasi Etanol

Beberapa penelitian sebelumnya tentang proses adsorpsi dan dehidrasi etanol menggunakan zeolit, baik itu zeolit alam, yang dimodifikasi, maupun zeolit komersil dapat dilihat pada tabel 3 di bawah :

Tabel 3. Penelitian proses adsorpsi/dehidrasi etanol menggunakan zeolit alam, yang dimodifikasi maupun zeolit komersil 3 A

Peneliti	Metode	Zeolit	Hasil
Carmo dan Gubulin Tahun (1997)	<i>Bath adsorption</i>	Komersil 3A (bentuk bulat dan silinder)	Kemampuan adsorpsinya sama antara bentuk bulat dan silinder
Igbokwe et al (2008)	Kolom perkolasi	Zeolit pelet (dari kaolin dan kaolin)	Zeolit lebih efektif jika dibandingkan kaolin dasar terhadap kemampuan adsorpsi air
Ling et al (2008)	Pervaporasi	PVA zeolite-clay Membranes	Relatif hidrofil sehingga sesuai digunakan untuk separasi campuran etanol-air
Zhan et al (2009)	Pervaporasi	Zeolite-filled PDMS/PVD F Composite Membranes	Performa pervaporasi yang sangat bagus
Ivanova et al (2009)	Adsorpsi skala laboratorium	Klinoptilolit alam	Memungkinkan untuk menggunakan klinoptilolit alam untuk pengeringan etanol

Dari literatur di atas, tidak menjelaskan berapa persentase kenaikan kadar etanol setelah proses adsorpsi, tetapi hanya menjelaskan bahwa zeolit alam, yang dimodifikasi maupun zeolit komersil dapat digunakan sebagai adsorben pada proses dehidrasi etanol.

Sementara pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung persentase volume etanol setelah proses adsorpsi/dehidrasi.

Seperti yang telah dijelaskan di atas, proses dehidrasi bioetanol dilakukan dengan menggunakan zeolit komersil 3A, zeolit alam (ZA), dan zeolit yang diperoleh dari hasil modifikasi (ZMS) sebagai kolom yang akan dilalui oleh uap air dan etanol. Metode yang digunakan adalah cara destilasi, dimana campuran azeotropik air-etanol dipanaskan didalam labu destilasi yang diatasnya diletakkan kolom yang telah diisi dengan zeolit sebagai material molekular sieve. Gambar 6 menunjukkan rangkaian alat yang digunakan pada proses dehidrasi bioetanol. Proses dehidrasi dilakukan dalam keadaan vakum pada suhu 65°C. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses penguapan dari campuran sampel azeotropik air-etanol

dengan konsentrasi yang digunakan adalah 95% volume etanol.

Percobaan dilakukan dengan menggunakan zeolit alam, ZMS, dan zeolit 3A masing-masing sebanyak 60 gram. Sedangkan etanol 95% yang digunakan untuk masing-masing proses sebanyak 300 mL. Metode penampungan uap etanol yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan botol sampel seperti yang terlihat pada Gambar 5. Tiap-tiap proses dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu : pada 10 ml pertama, 10 ml kedua, dan 10 ml ketiga.

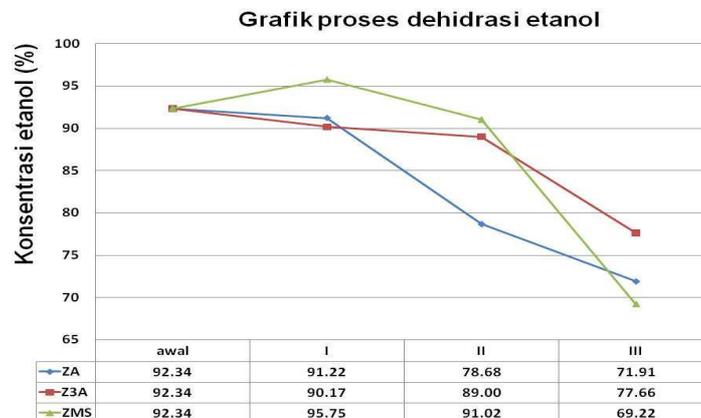
Hasil yang diperoleh dianalisis kadar etanolnya menggunakan alat GC (Gas chromatography) Agilent 6890N yang terdapat di Puslabfor Mabes POLRI yang menggunakan Detektor FID 250°C. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.

Gambar 6 menunjukkan konsentrasi bioetanol awal (dalam hal ini kontrol) dan bioetanol setelah proses dehidrasi menggunakan zeolit-

zeolit yang telah ditetapkan sebelumnya. Berdasarkan gambar di atas, dapat dijelaskan bahwa konsentrasi awal bioetanol yang digunakan adalah 92,34 % volume etanol (sesuai pembacaan alat GC). Setelah proses dehidrasi masing-masing konsentrasi bioetanol dapat dilihat pada gambar 6. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi bioetanol yang dihasilkan pada proses dehidrasi menggunakan zeolit 3A terjadi penurunan dari kondisi awal 92,34 % menjadi 90,17 % dan turun sampai 77,66 % pada tampungan 10 ml yang terakhir. Sementara konsentrasi bioetanol pada proses dehidrasi menggunakan ZMS, untuk 10 ml pertama terjadi peningkatan konsentrasi dari 92,34 % menjadi 95,75 % volume etanol. Namun, untuk tampungan 10 ml kedua dan ketiga secara berurut turun menjadi 91,02 % dan 69,22 %. Sedangkan untuk proses dehidrasi menggunakan zeolit alam yang telah diaktivasi selama 3 jam pada suhu 220°C (Pruksathorn *et al*, 2009) juga mengalami penurunan dari 92,34 % menjadi 91,22 %, 78,68 %, dan 71,91 % volume etanol pada tampungan 10 mL ketiga.



Gambar 5. Rangkaian Alat yang Digunakan pada Proses Dehidrasi Bioetanol



Gambar 6. Grafik Proses Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Molekular Sieve

Berdasarkan gambar 6, ZMS I lebih baik jika dibandingkan dengan sampel yang lain kemungkinan dikarenakan zeolit masih dalam kondisi belum jenuh. Penyebab lain kemungkinan uap etanol yang terkondensasi diserap oleh pompa vakum pada saat proses destilasi-adsorpsi sehingga konsentrasi etanol menjadi berkurang setelah proses. Hal ini perlu dilakukan perbaikan terhadap disain alat dehidrasi itu sendiri sehingga hasil yang diharapkan dapat dicapai. Sementara pada kontrol tidak diberi perlakuan apa-apa.

Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan adanya kecenderungan bahwa dari ketiga tipe zeolit yang digunakan pada proses dehidrasi bioetanol, zeolit yang dimodifikasi memberikan hasil yang relatif lebih baik jika dibandingkan dengan zeolit komersil 3A dan zeolit alam walaupun belum mencapai konsentrasi bioetanol maksimum yang diharapkan yaitu mencapai 99,5 % (sesuai SNI). Namun jika kita merujuk kepada fungsi zeolit sebagai molekular sieve, dimana zeolit dapat mengadsorpsi air sampai dengan 22% berat yang dimilikinya (www.molecularsieve.org) maka hasil yang diperoleh tersebut tidaklah begitu mengecewakan. Secara teoritis jika 60 gram zeolit yang digunakan, maka kemungkinan air yang dapat diadsorpsi oleh zeolit adalah sebesar 13,2 gram. Apabila kita asumsikan densitas air adalah 1 g/ml, maka jumlah air yang dapat diadsorpsi oleh zeolit adalah 13,2 ml. Itu pun jika kondisinya normal, tetapi jika air yang diadsorpsi merupakan campuran azeotropik air-etanol, tidak menutup kemungkinan etanol juga ikut teradsorpsi oleh zeolit. Hal ini dapat dilihat dari terjadinya pengurangan volume sampel etanol setelah akhir proses dehidrasi. Lebih jelasnya massa 13,2 gram dari kapasitas adsorpsi zeolit merupakan campuran antara air dan etanol.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah dipaparkan di atas, dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Karakteristik zeolit yang diperoleh melalui proses acidifikasi dan pengkayaan ion Al^{3+} telah menunjukkan sifat yang relatif lebih baik dibandingkan dengan zeolit alam itu sendiri.
2. Proses dehidrasi yang dilakukan menggunakan tiga tipe zeolit menunjukkan bahwa ZMS (zeolit yang dimodifikasi) memberikan hasil yang relatif lebih baik jika dibandingkan dengan zeolit 3A dan zeolit alam.

3. Terjadi peningkatan konsentrasi bioetanol sebesar 3,41 % yakni dari 92,34 % menjadi 95,75 %.

SARAN

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan perbaikan / pencarian metode yang lebih baik dan murah dalam hal proses modifikasi zeolit alam sebagai material molekular sieve yang nantinya dapat digunakan tidak hanya untuk dehidrasi bioetanol, akan tetapi dapat digunakan dalam bidang-bidang lain tanpa harus mengimpor dari luar.
2. Perlunya dikembangkan metode pembentukan granulasi zeolit dengan bahan yang mudah didapat di alam Indonesia yang sifatnya mendukung kemampuan dan kemampuan zeolit sebagai material molekular sieve.
3. Perlu perbaikan terhadap disain alat yang akan digunakan pada proses dehidrasi bioetanol yang menggunakan zeolit molekular sieve sebagai material pengisi kolom.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Ristek Republik Indonesia melalui Panitia Program Insentif Peningkatan Kapasitas Iptek Sistem Produksi atas segala biaya yang telah diberikan sehingga terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Onuki, Shinnosuke. 2006. Bioethanol: Industrial production process and recent studies. www.public.iastate.edu/~tge/courses/ce521/sonuki.pdf. [13 Februari 2009].
2. Nurdyastuti, I. 2005. Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol. Prospek pengembangan bio-fuel sebagai substitusi bahan bakar minyak. www.geocities.com/markal_bppt/publish/biofbbm/biindy.pdf. [13 Agustus 2008].
3. Kohl, Scott. 2004. Ethanol 101-7: Dehydration. ETHANOLTODAY. Maret 2004. http://www.ovsclub.com.vn/datapic/File/Ethanol_Dehydration.pdf. [13 02 2009].

4. Anonimous. 2002. Ethanol: Useful information and resources. http://www.ethanolindia.net/molecular_sieves.html. [30 Maret 2009].
5. Hertzengerg, EP, Murray BD, Pasquale GM, dan Winqvist BHC. 1991. Process for dealumination and ion exchange of zeolites. U.S. Patent. Number 5.057.472.
6. Leonard, JJ. 1981. Preparation of zeolite A by hydrothermal treatment of clinoptilolite. U.S. Patent. Number 4.247.524.
7. Sun, HN. 1983. Two step process for preparation of zeolite A by hydrothermal treatment of clinoptilolite. U.S. Patent. Number 4.401.634.
8. Narayana, M dan Murray BD. 1992. Process for realuminating zeolites. U.S. Patent. Number 5.118.484.
9. Kuznicki SM, Langner TW, Curran JS, and Bell VA. 2002. Method of forming high aluminum aluminosilicate zeolites. U.S. Patent Number 6.413.492.
10. Flanigen EM. 1980. Molecular sieve zeolite technology-The First Twenty-Five Years. Plenary Paper-Technology. Pure and Appl. Chem. Vol.52, pp 2191-2211. Great Briatain : Pergamon Press Ltd.
11. Carmo MJ, Gubulin JC. 1997. Ethanol-water adsorption on commercial 3A zeolite: kinetic and thermodynamic data. Braz J Chem Eng 14 (3). [terhubung berkala].
12. Igbokwe PK, Okolomike RO, Nwokolo SO. 2008. Zeolite for drying of ethanol-water and methanol-water systems from nigerian clay resource. Journal of the university of Chemical Technology and Metallurgy. 43 (1): 109 – 112.
13. Ling LK, Ghazali M, dan Sadikin AN. 2008. Pervaporation of ethanol-water mixture using PVA zeolite-clay membranes. Jurnal Teknologi, pp 167-177. Universiti Teknologi Malaysia.
14. Zhan X, Li JD, Chen J, dan H JQ. 2009. Pervaporation of ethanol-water mixtures with high flux by zeolite-filled PDMS/PVDF composite membranes. Chinese journal of polimer science. 27 (6): 771 – 780.
15. Ivanova I, Damgaliev D, dan Kostova M. 2009. Adsorption separation of ethanol-water liquid mixtures by natural clinoptilolite. Journal of the university of Chemical Technology and Metallurgy. 44 (3): 267 – 274.
16. Pruksathorn, P and Vitidsant T. 2009. Production of Pure Ethanol from Azeotropic Solution by Pressure Swing Adsorption. Am. J. of Engg. & Applied Sci., 2 (1): 1-7. Science Publications.
17. www.molecularsieve.org