

JURNAL ZEOLIT INDONESIA
Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 9 No. 1, Mei, Tahun 2010

ISSN 1411-6723

1. Penggunaan Mineral Zeolit Sebagai Pembenhah Tanah Pertanian dalam Hubungan Dengan Standardisasinya dan Peningkatan Produksi Tanaman Pangan (**M. Al-Jabri**) 1
2. Aplikasi Zeolit pada Tanah Berpasir untuk Media Pembibitan Kelapa Sawit (**S. Rahutomo, Winarna, H. Santoso, dan E. S. Sutarta**) 13
3. Pengaruh Konsistensi dan Larutan Pengaktif pada Proses Aktivasi Zeolit Alam secara Hydrothermal untuk Pengolahan Air Sadah dalam Kolom Unggun Tetap (**Endang S.R., Adu Damilsun, Krisna Aditia**) 19
4. Peningkatan Kualitas Refraktori Alumina Silikat untuk Peleburan Kuningan dengan Teknik Infiltrasi (**Ferli S.Irwansyah, Juliandri, Iwan Hastiawan, Soewanto Rahardjo, Rifki Septawendar**) 25
5. Penghilangan Logam Berat dalam Larutan dengan Zeolit Alam (**Saryati, Supardi, Supandi S, Rohmad S**) 33
6. Sintesis Material Nanopori Zeolit (ZSM-5) dari Coal Fly Ash (**Bambang Sunendar Purwasasmita, Agung Kurnia, Arie Wibowo**) 40

Diterbitkan Oleh:

IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)

Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)

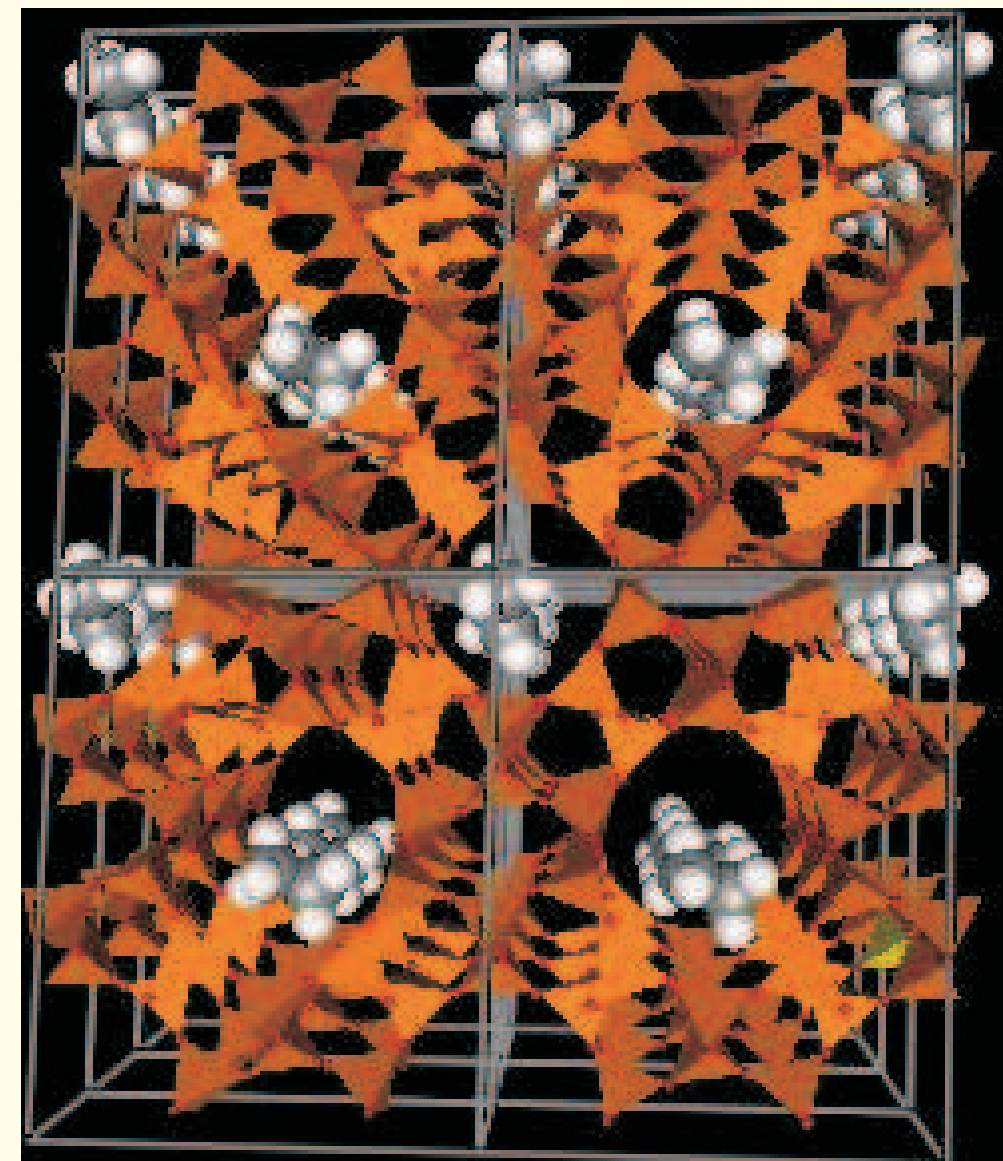
Alamat Redaksi:

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. 9 No. 1, Mei, Tahun 2010

ISSN 1411-6723

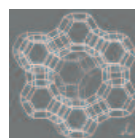


IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)
Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)



JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites



Vol. 9 No. 1, Mei, Tahun 2010

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 (Ikatan 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.

PENGUNAAN MINERAL ZEOLIT SEBAGAI PEMBENAH TANAH PERTANIAN DALAM HUBUNGAN DENGAN STANDARDISASINYA DAN PENINGKATAN PRODUKSI TANAMAN PANGAN

M. Al-Jabri

(Balai Penelitian Tanah Bogor)
Email: muhammad_aljabri46@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penggunaan mineral zeolit sebagai pembenh tanah pertanian sudah dikenal sejak lama. Kapasitas tukar kation (KTK) zeolit $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ yang diatur dalam SNI No 13-3494-1994 merupakan penentu lolos tidaknya uji mutu zeolit. Namun, penentuan tersebut sangat beralasan untuk direvisi. Ada beberapa alasan mengapa SNI No 13-3494-1994 dalam hubungannya dengan penetapan KTK zeolit perlu direvisi, sebab hal ini sangat memungkinkan sumber eror sebagaimana penetapan KTK tanah. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengukuran KTK zeolit untuk keperluan di bidang pertanian yang ditetapkan di 5 laboratorium yaitu: (1) Institut Pertanian Bogor dengan menggunakan metode pengadukan (pengocokan)-sentrifusi-dekantasi, (2) Laboratorium tanah pelayanan jasa Balai Penelitian Tanah dengan menggunakan metode perkolasi yang diukur secara kolorimetri auto analyzer, (3) Laboratorium penelitian/uji tanah Balai Penelitian Tanah dengan menggunakan menggunakan metode perkolasi yang diukur secara spektrometri, (4) PT. Sucofindo, dan (5) Puslitbang Tekmira menggunakan metode perkolasi. Hasil dari kajian uji mutu KTK dari zeolit-A dan zeolit-B dari lima laboratorium ekstrim berbeda, hal ini disebabkan oleh perbedaan prosedur metode penetapannya, kualitas zeolit (kadar dan jenisnya), kehalusan zeolit, nisbah zeolit terhadap larutan ammonium asetat. Kriteria KTK zeolit untuk keperluan pertanian berdasarkan SNI diusulkan direvisi kedalam 5 kelas: (1) $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas A); $100 - 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas B); $80 - 60 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas C), $60 - 40 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas D), $< 40 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas E). Hasil kajian uji efektivitas zeolit pada kondisi di rumah kaca menunjukkan bahwa pemberian pembenh tanah zeolit dapat meningkatkan hasil gabah bernas sekitar 19,41% dimana rata-rata bobot gabah padi bernas tanpa zeolit adalah 61,22 gram/pot, sedangkan dengan zeolit adalah 73,30 gram/pot. Pemberian ZKK yang dikombinasikan dengan pupuk kandang jauh lebih tinggi meningkatkan bobot kering jagung pipilan yaitu 8,44 ton/ha dibandingkan dengan tanpa ZKK yaitu 5,65 ton/ha.

Kata kunci: Zeolit; Pembenh tanah

ABSTRACT

THE UTILIZING OF ZEOLITE MINERALS AS AGRICULTURE SOIL CONDITIONER IN RELATION TO ITS STANDARIZATION AND INCREASING FOOD CROP. *The used of zeolite mineral as soil ameliorant on agricultural had been known since long time ago. Cation exchange capacity (CEC) of zeolite is $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ which regulated on SNI No 13-3494-1994 is a determining quality of zeolite test. However, it is very reasonable to be revised. There are several reason why determining CEC of zeolite on SNI No 13-3494-1994 must to be revised, because there is an error as possible as on determining CEC of soil. The research aimed to study the measurement of CEC zeolite for agricultural which conducted on five laboratories were (1) Bogor Agricultural University by using stirring (shaking)-sentrifusi-decantation methods, (2) Service Soil Laboratory at Indonesian Soil Research Institute by using percolation method that measured by calorimetric auto analyzer, (3) Soil Laboratory at Indonesian Soil Research Institute by using percolation method that measured by spectrometry, (4) PT. Sucofindo, and (5) Research and Development Centre for Mineral and Coal Technology by using percolation method. The result from quality test of CEC zeolite A and zeolite B from five laboratories was significant different, because the difference procedures of the method such as zeolite quality (grade and types), zeolite fineness, and ratio of zeolite to ammonium acetate solution. The criteria of CEC zeolite for agricultural on SNI recommended to be revised on five types are (1) $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (class A); $100 - 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (class B); $80 - 60 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (class C), $60 - 40 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (class D), $< 40 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (class E). The result from test of zeolite effectiveness on green house condition showed that distributing of zeolite soil ameliorant could improving grain yield pithy about 19,41% with the average weight of grain pithy with zeolite are 73,30 gram/pot, while without zeolite are 61,22 gram/pot. Giving the combination of ZKK with manure increasing higher the dry weight loose maize is 8,44 tons/ha than without giving the ZKK is 5,65 tons/ha.*

Keywords: Zeolite, soil ameliorant

PENDAHULUAN

Inovasi teknologi pengelolaan mineral zeolit sebagai pembenah tanah tidak terlepas dari standar mutunya. Jika kualitas mineral zeolit tidak memenuhi kriteria persyaratan teknisnya, seperti jumlah dan jenis zeolit serta KTK zeolit sangat rendah maka fungsinya sebagai bahan pembenah tanah dipastikan tidak berpengaruh terhadap perbaikan tanah, sehingga hasil tanaman tidak dapat ditingkatkan. Dalam kaitan ini produsen dan konsumen zeolit perlu dilindungi. Tidak semua laboratorium melakukan penetapan KTK zeolit 100% mengacu pada SNI 13-3494-1994 [1], sebab laboratorium tertentu melakukan modifikasi, namun buku metode penetapannya tidak dipublikasikan. Oleh karena itu, sangat beralasan jika SNI 13-3494-1994 untuk direvisi setelah dilakukan penelitian dahulu oleh tim teknis. Informasi tentang penetapan KTK zeolit dapat diperoleh dari beberapa instansi pemerintah seperti: (1) Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum; (2) Laboratorium Puslitbang Tekmira; (3) Laboratorium tanah IPB; (4) PT. Sucofindo; (5) Balai Penelitian Tanah.

Laboratorium Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum (1991) [2] membuat panduan tentang pengukuran kapasitas tukar kation (KTK) zeolit yang mengacu pada SNI 13-3494-1994. Meskipun dalam panduan pengukuran KTK zeolit menulis adanya bahan etanol 80%, tetapi dalam tata cara pengukuran KTK setelah larutan ammonium asetat sebanyak 100 cm³ dituangkan dan harus habis dalam waktu 4 jam, dan setelah larutan yang tertampung dalam botol penampung larutan hasil pertukaran kation tidak menginstruksikan contoh dibilas dengan etanol 80%. Instruksi prosedur selanjutnya adalah mengisi botol penampung reagen penukar kation dengan larutan KCl 10% sebanyak 100 cm³ yang harus habis dalam waktu 4 jam juga. Jika saja tidak ada pencucian dengan etanol 80%, maka dipastikan jumlah kation NH₄⁺ yang ditukar dengan larutan KCl 10% sangat tinggi, sehingga dipastikan terjadi overestimasi dalam penetapan KTK. Nisbah contoh zeolit dengan larutan ammonium asetat (1:500 atau 1:333) tanpa menyebutkan disangga pada pH 7,0 yaitu 0,2 atau 0,3 gram serbuk zeolit terhadap 100 cm³ larutan ammonium asetat.

Laboratorium Puslitbang Tekmira membuat panduan tentang pengukuran KTK zeolit yang mengacu pada SNI 13-3494-1994 (Jatmika, *Personnal communication*; 2009). Namun nisbah contoh zeolit dengan larutan ammonium asetat tanpa menyebutkan disangga pada pH 7,0 dengan menimbang contoh serbuk zeolit 0,5 atau 0,6 gram terhadap 60 cm³ larutan ammonium asetat (nisbah 1:120 atau 1:100) adalah lebih sempit dibandingkan dengan nisbah SNI 13-3494-1994 (1:500 atau 1:333). Meskipun ada tahap pencucian dengan etanol (80%), tetapi hanya 40 ml sehingga relatif lebih rendah, sehingga tahap pencucian dengan etanol tidak sempurna dan proses pencuciannya tidak bersih, kemudian pada saat dilakukan tahap pertukaran dengan KCl atau NaCl akan menghasilkan pengukuran NH₄⁺ lebih tinggi dan nilai KTK zeolite *overestimate*. Agar waktu yang diperlukan pada tahap penjujukan dengan larutan ammonium asetat dan tahap pertukaran dengan KCl 10% yang harus habis dalam waktu 2 jam, maka dalam pelaksanaannya akan mengalami kesulitan, kecuali ada alat penyedot otomatis.

Laboratorium tanah IPB membuat panduan tentang pengukuran KTK zeolit, dimana nisbah contoh zeolit dengan larutan ammonium asetat yang disangga pada pH 7,0 yaitu 5 gram serbuk zeolit terhadap 100 cm³ larutan ammonium asetat (nisbah 1:20), dimana metode yang digunakan adalah metode pengadukan (pengocokan)-sentrifusi-dekantasi (Suwardi, 2008 ; *Personnal communication*). Prosedur metode penetapan KTK zeolit yang ditetapkan di IPB sama seperti penetapan KTK tanah.

Laboratorium PT. Sucofindo belum mempunyai panduan penetapan KTK zeolit, sebab pada saat itu masih sedang mencari prosedur metode penetapan KTK zeolit baru, sehingga penanggungjawab laboratorium tidak bisa memberikan panduannya, sebab masih dirahasiakan (Masri, 2008; *Personnal communication*).

Di Balai Penelitian tanah terdiri dari dua laboratorium, masing-masing adalah laboratorium penelitian tanah dan laboratorium pelayanan jasa. KTK zeolit yang ditetapkan di ke dua laboratorium ini adalah mengikuti prosedur penetapan KTK tanah, yaitu metode perkolasi (Page *et al.*, 1984) [3] yang mengacu pada Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006. Namun penetapan KTK zeolit yang mengacu pada Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 tidak berlaku lagi

sejak dikeluarkan Permentan No. 28/Permentan/SR.130/5/2009, dimana Permentan No. 28/Permentan/SR.130/5/2009 menyebutkan bahwa KTK zeolit ditetapkan sesuai SNI 13-3494-1994. Adanya berbagai acuan standardisasi KTK zeolit, maka hal ini mengisyaratkan perlunya komunikasi interaktif lintas Departemen untuk mempersamakan persepsi tentang penetapan KTK zeolit dengan penyeragaman prosedur secara nasional.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengukuran KTK zeolit untuk keperluan di bidang pertanian yang ditetapkan di 5 laboratorium.

TINJAUAN PUSTAKA

Zeolit sebagai pembenh tanah adalah mineral dari senyawa aluminosilikat terhidrasi dengan struktur berongga dan mengandung kation-kation alkali yang dapat dipertukarkan. Zeolit sebagai pembenh yang diberikan ke dalam tanah sesuai dengan dosis anjuran dapat memperbaiki sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga produksi pertanian dapat ditingkatkan (Pond dan Mumpton, 1984; Torii *et al.*, 1979; Townsend, 1979; Suwardi, 2007) [4], [5], [6] [7]. Sifat khas dari zeolit sebagai mineral yang berstruktur tiga dimensi, bermuatan negatif, dan memiliki pori-pori yang terisi ion-ion K, Na, Ca, Mg dan molekul H₂O, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion dan pelepasan air secara bolak-balik.

Penelitian tentang perilaku pengaruh bahan induk zeolitik serta perilaku mineral zeolit terhadap perlakuan aktivasi, pertukaran kation serta selektifitas penyerapan kation untuk dapat mempelajari proses yang berkaitan dengan reaksi fisik dan kimia di dalam tanah di Indonesia relatif sangat langka (Astiana, 1993) [8]. Selanjutnya dilaporkan bahwa batuan zeolitik-Cikembar mengandung mineral zeolit mordenit 19,5% dan klinoptilolite 7,05%; batuan zeolitik-Bayah mengandung mineral zeolit mordenit 38,8% dan klinoptilolite 18,9%; batuan zeolitik-Cikalong mengandung mineral zeolit mordenit 63,1% dan klinoptilolite 10,0%; kadar K dan Fe tertinggi dari batuan zeolitik-Cikembar masing-masing 3,81 K₂O% dan 2,59 Fe₂O₃%; batuan zeolitik-Bayah mengandung Ca tertinggi 1,83%; sedangkan zeolit-Cikalong Na₂O tertinggi 1,10% dan MgO 0,92%.

Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Jawa Timur (2006) [9] melaporkan yang dalam Prakata, bahwa Standar Nasional Indonesia (SNI) 13-7168-2006 [10], bahwa syarat mutu zeolit sebagai bahan pembenh tanah pertanian telah disusun oleh Panitia Teknis. Standar Komoditi Tambang dan Uji Mineral/Logam ini telah disepakati oleh *stakeholders* yang terkait, antara lain perusahaan tambang selaku produsen, Asosiasi Zeolit Indonesia, perguruan tinggi/lembaga penelitian, dan instansi teknis terkait, serta Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional. Diharapkan dengan tersusunnya SNI ini dapat digunakan sebagai pedoman untuk menjamin penyediaan komoditi tambang dengan mutu yang standar. SNI ini merupakan hasil forum konsensus nasional yang dilaksanakan di Jakarta pada tanggal 13-15 Desember 2004. Fakta di lapangan menunjukkan masih ditemui zeolit yang tidak memenuhi standar mutu, hal ini kemungkinan disebabkan kualitas zeolitnya relatif rendah.

Sehubungan dengan adanya kasus analisis KTK zeolit yang masih dibawah standar nilai KTK menurut Permentan tentang Pembenh tanah Nomor: 02/Pert/HK.060/2/2006, sehingga menimbulkan keresahan dari pihak produsen, sebab produksinya terancam tidak dapat dijualbelikan dan tenaga kerja terancam di PHK kan. Keresahan pihak produsen zeolit adalah sehubungan dengan pengujian yang tidak relevan antara lembaga penguji dengan lembaga pengusul parameter KTK zeolit, dimana hasil pengujian KTK sering lebih rendah dibandingkan dengan acuan KTK menurut Permentan tentang Pembenh tanah Nomor: 02/Pert/HK.060/2/2006 dan SNI masing-masing dengan standar mutu KTK zeolit $\geq 80 \text{ cmol}_{(+) } \text{ kg}^{-1}$ dan $\geq 100 \text{ cmol}_{(+) } \text{ kg}^{-1}$. Nilai KTK zeolit yang rendah kemungkinan disebabkan kualitas zeolitnya memang rendah. Dixon dan Weed (1989) [11] melaporkan bahwa pembentukan zeolit di alam jarang yang murni, sebab ada kontaminasi dengan mineral lain, metal, kuarsa, atau jenis zeolit lain. Kemudian pengukuran KTK zeolit yang rendah juga dapat disebabkan pada tahap penjuhan dengan larutan ammonium asetat, maka ukuran kation NH₄⁺ lebih besar dari ukuran pori-pori zeolit, sehingga tidak dapat memasuki ruang pori-pori dan mencegah terjadinya pertukaran kation antara kation NH₄⁺ dari larutan penjuhan dngan kation-kation yang sudah ada di ruang pori-pori dalam struktur zeolit (Ming dan Dixon, 1987) [12].

Meskipun prosedur penetapan KTK zeolit yang berasal dari luar negeri dapat langsung diaplikasi. Peneliti berkewajiban tidak hanya melakukan modifikasi metode penetapannya, tetapi juga dilakukan uji korelasi antara KTK zeolit dengan kation-kation bermuatan positif (NH_4^+ dan K^+) yang diserap tanaman. Oleh karena itu, instansi-instansi terkait hendaknya secepatnya saling berkoordinasi untuk melakukan kaji ulang penetapan KTK zeolit dan kemungkinan modifikasinya yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (pertanian dan industri).

Permentan tentang Pembena tanah Nomor: 02/Pert/HK.060/2/2006 hanya mengatur pupuk organik dan pembena tanah saja. Meskipun Permentan tersebut mengatur pupuk organik (padat dan cair), tetapi untuk pembena tanah baru berlaku dalam bentuk padat. Salah satu parameter dalam Permentan tersebut adalah KTK yang hanya diperuntukkan pembena tanah zeolit. Kriteria KTK zeolit yang ditetapkan adalah $\geq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. Sedangkan kriteria parameter lainnya seperti: Bahan aktif (sintetis) yang direkayasa kimia; pH 4 – 8; Kadar logam berat ($\text{As} \leq 10 \text{ ppm}$, $\text{Hg} = \leq 1 \text{ ppm}$, $\text{Pb} = \leq 50 \text{ ppm}$, dan $\text{Cd} \leq 10 \text{ ppm}$) masih bersifat umum. Sejak tahun 2009 Permentan tentang Pembena tanah Nomor: 02/Pert/HK.060/2/2006 direvisi menjadi Permentan No. 28/Pert/SR.130/5/2009 dengan kriteria KTK zeolit mengacu pada SNI 13-3494-1994.

METODE PENELITIAN

Percobaan di Laboratorium

KTK zeolit ditetapkan di lima laboratorium, masing-masing adalah: (1) Institut Pertanian Bogor (IPB) menggunakan metode pengadukan (pengocokan)-sentrifusi-dekantasi (Anonymous, 2008) [13]; (2) Balai Penelitian Tanah (Balittanah) menggunakan metode perkolasi yang diukur secara kolorimetri auto analyzer pada laboratorium tanah pelayanan jasa (Sulaeman *et al.*, 2005) [14]; (3) Balittanah menggunakan menggunakan metode perkolasi yang diukur secara spektrometri pada laborototium penelitian/uji tanah (Sulaeman *et al.*, 2005); (4) P.T. Sucofindo tidak menyebutkan nama metode penetapannya karena belum ada publikasi ilmiahnya (Masri, 2008; Kepala laboratorium hasil tambang untuk pupuk; *Personnal communication*); (5) Puslitbang Tekmira menggunakan metode perkolasi (Jatmika, 2008; *Personnal communication*).

Percobaan Pot di Rumah Kaca

Tujuh kilogram tanah sawah mineral masam dengan jenis tanah Latosol diambil dari Desa Dukuh, Cibungbulang (Bogor) dimasukkan ke dalam pot bervolume 10 liter diberi air, kemudian tanah diaduk sampai berlumpur dengan ketinggian air mulai dari 2 cm dan secara bertahap sesuai dengan pertumbuhan tanaman ketinggian air dinaikkan sampai 10 cm. Bibit padi varietas Ciherang umur 12 hari ditanam pada saat tanah sudah digenangi dua minggu. Sebelas perlakuan adalah: (1) Kontrol lengkap; (2) 0 liter PTBE/ha + NPK standar; (3) 15 liter PTBE/ha + NPK standar; (4) 30 liter PTBE/ha + NPK standar; (5) 60 liter PTBE/ha + NPK standar; (6) 120 liter PTBE/ha + NPK standar; (7) 0 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK/ha; (8) 15 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK/ha; (9) 30 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK/ha; (10) 60 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK/ha; (11) 120 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK/ha. Pupuk NPK standar sebagai pupuk dasar diberikan dalam bentuk urea (667 kg/ha), SP-36 (320 kg/ha), dan KCl (320 kg/ha). Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak lengkap yang diulang dua kali. PTBE adalah pembena tanah cair yang mengandung CaO total 25,99 (%) dan MgO total 7,34%.

Pengujian ZKK terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung

Disamping itu, dilakukan juga pengujian ZKK petakan percobaan ukuran 4 m x 5 m di Desa Cicadas, Ciampea (Bogor) terhadap pertumbuhan tanaman jagung, dimana takaran zeolit yang diberikan 800 kg ZKK/ha dikombinasikan dengan 2 ton pupuk kandang/ha.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan di Laboratorium

Hasil analisis dua jenis zeolit dari CV. Minatama Lampung yang dianalisis di laboratorium pengujian Tekmira disajikan pada Tabel 1.

Hasil analisis KTK dua jenis zeolit (Zeolit KN dan Zeolit KR) dari CV. Minatama Lampung yang ditetapkan laboratorium pengujian Puslit Tekmira disajikan pada Tabel 2.

KTK dua jenis zeolit (Zeolit KN dan Zeolit KR) masing-masing 129,81 dan 137,05 $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$

¹ tersebut sudah memenuhi syarat SNI 13-3494-1994 yaitu ≥ 100 [cmol₍₊₎ kg⁻¹].

Jenis Zeolit-A dan Zeolit-B juga dilakukan di laboratorium dengan XRD di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian di Bogor disajikan pada Gambar 1.

Dari hasil analisis Zeolit-A (Lama) dan Zeolit-B (Baru) di laboratorium mineralogi.

BBSDLP jika dibandingkan dengan laboratorium pengujian di Puslit Tekmira relatif sama, yaitu mengandung Zeolit Klinoptilolite dan Albit (Zeolit-A) serta Zeolit Klinoptilolite dan Kristobalit (Zeolit-B). Zeolit-B ada inklusi mineral smektit.

Kapasitas tukar kation (KTK) dua contoh zeolit dengan merek dagang ZKK disajikan pada Tabel 3.

KTK contoh zeolit A dan B yang ditetapkan di laboratorium tanah IPB pada nisbah tanah terhadap NH₄OAc 1:20 dengan nilai masing-masing 88 dan 82 cmol₍₊₎ kg⁻¹ sudah memenuhi persyaratan Permentan No.02/Pert/HK.060/2/2006 yaitu ≥ 80 cmol₍₊₎ kg⁻¹, bahkan jika nisbahnya diperlebar 1:100 sampai 1:500 maka nilainya sesuai dengan persyaratan menurut SNI.

KTK contoh zeolit A yang ditetapkan di laboratorium penelitian tanah dan uji tanah di Balittanah pada nisbah tanah terhadap NH₄OAc 1:20, 1:100, 1:200, 1:300, 1:400, 1:500 semuanya tidak memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 sebab nilainya ≤ 80 cmol₍₊₎ kg⁻¹. Sedangkan KTK zeolit B pada nisbah tanah terhadap NH₄OAc 1:100 dengan nilai 84 cmol₍₊₎ kg⁻¹ sudah memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 yaitu ≥ 80 cmol₍₊₎ kg⁻¹.

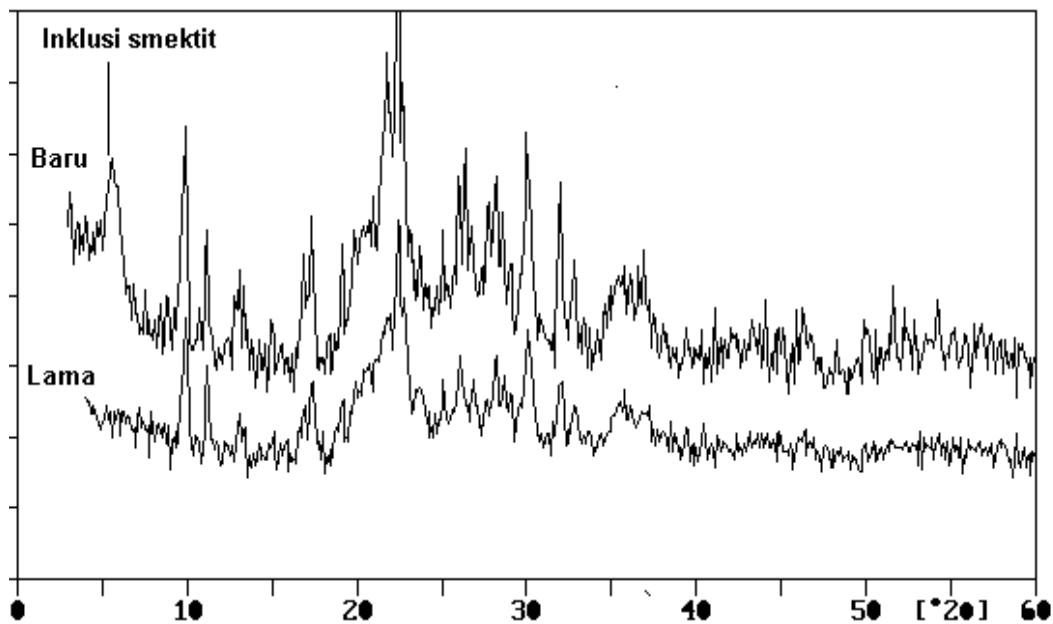
Tabel 1. Hasil analisis dua jenis zeolit dari CV. Minatama Lampung yang dianalisis di laboratorium pengujian Tekmira

Nomor Lab	2115/2007	2116/2007	Metode
Tanda	Zeolit KN	Zeolit KR	SNI 13-3608-1994
SiO ₂ (%)	68,50	72,20	SNI 13-3608-1994
Al ₂ O ₃ (%)	13,17	11,55	SNI 13-3608-1994
Fe ₂ O ₃ (%)	2,98	2,06	SNI 13-3608-1994
TiO ₂ (%)	0,14	0,12	SNI 13-3608-1994
K ₂ O (%)	1,88	2,36	SNI 13-3608-1994
Na ₂ O (%)	1,06	0,91	SNI 13-3608-1994
CaO (%)	2,47	1,98	SNI 13-3608-1994
MgO (%)	1,15	0,96	SNI 13-3608-1994
LOI (%)	8,42	7,70	SNI 13-3608-1994

Keterangan : Contoh dianalisis dari bahan kering (100-105^o C)

Tabel 2. Hasil analisis KTK dua jenis zeolit (Zeolit KN dan Zeolit KR) dari CV. Minatama Lampung yang ditetapkan laboratorium pengujian Puslit Tekmira

Nomor Lab	2115/2007	2116/2007
Tanda	Zeolit KN	Zeolit KR
KTK [cmol ₍₊₎ kg ⁻¹]	129,81	137,05



Gambar 1. Jenis Zeolit-A (contoh lama sedikit lebih kasar) dan Zeolit-B (contoh baru yang lebih halus) juga dilakukan di laboratorium dengan XRD di Balai Besar Litbang SDLP Bogor

Tabel 3. Kapasitas tukar kation (KTK) dua contoh zeolit dengan merek dagang ZKK ditetapkan di 5 laboratorium tanah

Nisbah contoh terhadap NH ₄ asetat	Metode penetapan KTK zeolit [cmol ₍₊₎ kg ⁻¹] dari 5 laboratorium									
	(1) IPB		(2) Balittanah (Lab. Penelitian dan Uji Tanah)		(3) Balittanah (Lab. Pelayanan Jasa)		(4) PT Sucofindo Metode ekstraksi AAS		(5) Puslit Tekmira	
	Zeolit (A) No. Lab. A.324 4/ 2008	Zeolit (B) No. Lab. A.324 5/ 2008	Zeolit (A) No. Lab. LPUT /PP/0 59/ 08	Zeolit (B) No. Lab. LPUT/P P/ 060/ 08	Zeolit (A)	Zeolit (B)	Zeolit (A) No. Lab. 21880/ DBBP AB	Zeolit (B) No. Lab. 21881/ DBBPA B	Zeolit (A) No. Lab. 6468/ 2008	Zeolit (B)
1:20	88	82	64	60	36	88	52	60	92	Tbd*
1:100	118	115	78	84	53	91	-	-	-	-
1:200	136	130	73	89	44	80	-	-	-	-
1:300	149	137	60	86	45	64	-	-	-	-
1:400	153	145	75	85	49	65	-	-	-	-
1:500	172	162	69	86	42	75	-	-	-	-

Keterangan : Tbd = tidak bisa diukur

KTK contoh zeolit A yang ditetapkan di laboratorium penelitian pelayanan jasa di Balittanah pada nisbah tanah terhadap NH₄OAc 1:20, 1:100, 1:200, 1:300, 1:400, 1:500 semuanya tidak memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 sebab nilainya ≤ 80 cmol₍₊₎ kg⁻¹. Sedangkan KTK zeolit B pada nisbah tanah terhadap NH₄OAc 1:20, 1:100, 1:200 masing-masing dengan nilai 88, 91, dan 80 cmol₍₊₎ kg⁻¹ sudah memenuhi persyaratan Permentan No.

02/Pert/HK.060/2/2006 ≥ 80 cmol₍₊₎ kg⁻¹. Semakin lebar nisbah tanah terhadap NH₄OAc 1:300, 1:400, 1:500 maka KTK ≤ 80 cmol kg⁻¹.

KTK contoh zeolit A dan B yang ditetapkan di PT. Sucofindo masing-masing 52 dan 60 cmol kg⁻¹ tidak memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 sebab nilainya ≤ 80 cmol kg⁻¹.

KTK contoh zeolit A yang ditetapkan di Puslit. TEKMIIRA 92 $\text{cmol}_{(+)} \text{kg}^{-1}$ sudah memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 sebab nilainya $\geq 80 \text{ cmol kg}^{-1}$. KTK contoh zeolit B yang ditetapkan di Puslit. TEKMIIRA tidak dapat diukur, hal ini disebabkan larutan penjenuh sulit tercuci. Ada beberapa kemungkinan nilai KTK zeolit yang ditetapkan di laboratorium Puslit Tekmira lebih tinggi dibandingkan dengan KTK zeolit yang ditetapkan di laboratorium di Balitanah, antara lain: (1) pada tahap penjenuhan, nisbah contoh zeolit dengan larutan ammonium asetat di laboratorium Puslit Tekmira lebih lebar (0,5 atau 0,6 gram serbuk zeolit dijenuhi 60 cm^3 larutan ammonium asetat (nisbah 1:120 atau 1:100), sedangkan di laboratorium Balittanah 1:20; (2) pada pencucian, etanol (80%) yang diberikan hanya 40 ml relatif rendah, sehingga proses pencuciannya tidak bersih, kemudian pada saat dilakukan tahap pencucian dengan KCl atau NaCl akan menghasilkan pengukuran NH_4^+ lebih tinggi dan nilai KTK zeolite *overestimate*.

Sehubungan pada tahap penjenuhan contoh zeolit dengan larutan ammonium asetat dan tahap pertukaran dengan KCl 10% yang harus habis dalam waktu kurang dari 4 jam, maka dalam pelaksanaannya sebaiknya dipasang alat penyedot otomatis. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian hubungan lamanya waktu penyedotan: 0,5; 1; 2; 3; 4 jam terhadap nilai KTK zeolit.

Al-Jabri (2008) [15] melaporkan bahwa nilai KTK zeolit yang diukur di laboratorium Balittanah mengacu pada Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 dengan metode perkolasi sering lebih rendah dari nilai KTK zeolit menurut SNI 13-3496-1994 yang diukur dengan metode perkolasi yang dilanjutkan dengan destilasi. Prosedur penetapan KTK zeolit yang ditetapkan di laboratorium Balittanah mengacu pada prosedur penetapan KTK tanah, sehingga berdasarkan penilaian menurut SNI 13-3496-1994 sering dinilai rendah. Rendahnya nilai KTK zeolit ini adalah disebabkan karena: (1) perbedaan

prosedur penetapannya, (2) kualitas zeolit yang relatif rendah. Adanya perbedaan metode penetapan KTK zeolit ini membawa akibat yang kurang menguntungkan produsen zeolit yang akan mendaftarkan produknya sebagai pembenh tanah di Departemen Pertanian. Berdasarkan hal tersebut di atas, kami mengusulkan untuk memperbaiki/merevisi standar mutu dan prosedur penetapan KTK zeolit untuk pertanian agar sesuai dengan kebutuhan. Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan dalam penetapan KTK zeolit, hal ini disebabkan perbedaan prosedur. Meskipun prosedur penetapan KTK zeolit berbeda, tetapi dihadapkan sumber eror. Tiga tahap sumber eror dalam penetapan KTK zeolit adalah: (1) tahap penjenuhan tempat pertukaran kation dengan spesifik kation (NH_4^+ dari larutan ammonium asetat 1 N pH 7.0); (2) tahap pencucian dengan etanol 80% untuk membuang kelebihan larutan penjenuh; (3) tahap pertukaran dengan larutan KCl atau NaCl (Page *et al.*, 1984). Perlu diketahui bahwa KTK zeolit yang ditetapkan di 5 laboratorium tersebut diatas tidak ada satupun yang menjalankan prosedur penetapan KTK menurut SNI 13-3496-1994.

Percobaan Pot di Rumah Kaca

Pengaruh perlakuan PTBE dan ZKK terhadap bobot gabah padi bernas dan analysis of variance masing-masing disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

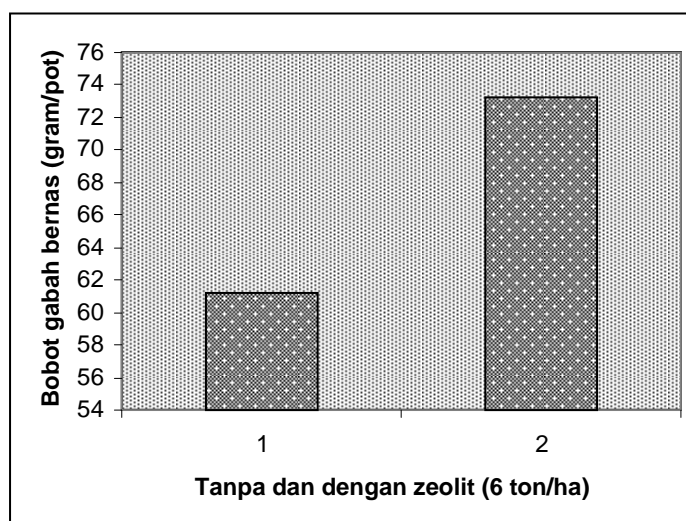
Peningkatan pemberian PTBE tidak berpengaruh terhadap peningkatan bobot gabah padi bernas (Tabel 4). Hasil kajian uji efektivitas zeolit pada kondisi di rumah kaca menunjukkan bahwa pemberian pembenh tanah zeolit dapat meningkatkan hasil gabah bernas sekitar 19,73% dimana rata-rata bobot gabah padi bernas tanpa zeolit adalah 61,22 gram/pot, sedangkan dengan zeolit adalah 73,30 gram/pot (Gambar 2).

Aplikasi pembenh tanah tidak harus 6 ton/ha, tetapi dapat diberikan secara bertahap dengan dosis 500 kg/ha setiap musim tanam.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan PTBE dan ZKK terhadap bobot gabah padi bernas

No.	Perlakuan	Ranking	Rata-rata bobot gabah padi bernas (gram/pot)#
1.	Kontrol lengkap	11	46,22 c
2.	0 liter PTBE/ha + NPK standar*	6	63,89 ab
3.	15 liter PTBE/ha + NPK standar	7	63,21 ab
4.	30 liter PTBE/ha + NPK standar	9	59,19 bc
5.	60 liter PTBE/ha + NPK standar	8	63,12 ab
6.	120 liter PTBE/ha + NPK standar	10	56,69 bc
Rata-rata bobot gabah bernas tanpa ZKK			61,22
7.	0 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK**	4	72,52 ab
8.	15 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK	5	71,25 ab
9.	30 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK	3	72,56 ab
10.	60 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK	1	76,92 a
11.	120 liter PTBE/ha + NPK standar + 6 ton ZKK	2	73,29 ab
Rata-rata bobot gabah bernas dengan ZKK			73,30

Keterangan: * = Pupuk NPK standar sebagai pupuk dasar diberikan dalam bentuk urea (667 kg/ha), SP-36 (320 kg/ha), dan KCl (320 kg/ha); ** ZKK = Zeo Kap Kan CV. Mina Tama Lampung; # = Angka bobot gabah padi bernas yang terletak pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama adalah tidak berbeda menurut uji Duncan Multiple Range Test pada taraf 5%.



Gambar 2. Pengaruh tanpa zeolit (1) dan pemberian 6 ton ZKK/ha (2) terhadap peningkatan hasil gabah bernas pada kondisi di rumah kaca

Tabel 5. Pengaruh pemberian ZKK terhadap serapan hara N dan K

Perlakuan	BK (g/pot)	% N	N diserap (g N/pot)	% K	K diserap (g K/pot)	Bobot gabah (gram/pot)
NPK	46,90	2,31	1,0833	0,49	0,2298	61,22
NPK + Zeolit	51,66	2,35	1,2140	0,66	0,3410	73,30

Pengaruh pemberian ZKK terhadap serapan hara N dan K serta bobot gabah pada kondisi di rumah kaca disajikan pada Tabel 5.

Pada pertumbuhan vegetatif maksimum, pemberian ZKK meningkatkan serapan N dan K masing-masing sebanyak 12 % dan 48%.

Serapan hara N pada saat tanaman berumur 8 MST pada perlakuan ZKK adalah 1,2140 g N/pot atau setara 19,36 kg N/ha (43 kg urea/ha) membuktikan bahwa serapan hara belum maksimal, sebab disamping NH_4^+ dijerap partikel liat, juga NH_4^+ banyak dijerap dalam pori-pori zeolit yang secara lambat masih akan dilepaskan pada fase pengisian

biji, bahkan sisanya dalam zeolit masih akan dilepaskan pada musim tanaman berikutnya. Serapan K saat tanaman berumur 8 MST pada perlakuan ZKK 0,3410 g K/pot atau setara 106 kg K/ha (203 kg KCl/ha) menunjukkan bahwa pada saat yang bersamaan bahwa serapan hara K jauh lebih banyak.

Pupuk Urea dan KCl yang diberikan ke tanah yang sebelumnya sudah diberi zeolit, maka kation NH_4^+ -Urea dan kation K^+ -KCl dapat terperangkap sementara dalam pori-pori zeolit yang sewaktu-waktu dilepaskan secara perlahan-lahan untuk diserap tanaman. Banyak sedikitnya kation NH_4^+ dan K^+ sangat ditentukan oleh radius dari ke dua jenis kation tersebut. Dalam bentuk atom N maka radius atom N adalah 0,73 Å, sedangkan radius atom K adalah 1,96 Å (Frank Brescia *et al.*, 1975) [16]. Jumlah radius penggabungan atom N dan H dalam bentuk kation NH_4^+ maka radiusnya adalah jumlah radius dari ke dua jenis atom tersebut. Smirnov *et al.* (1997) [17] melaporkan bahwa *ionic size* NH_4^+ dan K^+ masing-masing adalah 1,33 dan 1,47 Å. Ukuran maksimum dari ion yang dapat memasuki pori-pori zeolit adalah dikendalikan oleh dimensi dari channel zeolit. Klinoptilolite memberikan sumber K yang dilepaskan secara lambat, hal ini mengakibatkan inovasi teknologi pupuk urea dan KCl yang dicampur zeolit dengan perbandingan tertentu kemungkinan mengakibatkan K^+ dari pupuk KCl sulit memasuki ke dalam pori-pori zeolit

klinoptilolite. Sebaliknya NH_4^+ dari pupuk urea lebih mudah memasuki pori-pori zeolit untuk ditahan sementara dan secara lambat akan dilepaskan lagi untuk diserap akar tanaman, sehingga pupuk urea yang diberikan lebih efisien. Jika takaran pupuk yang diberikan sesuai anjuran maka residu pupuk berakhir lebih lama dengan peningkatan hasil yang lebih tinggi.

Peningkatan serapan N secara lambat dan serapan K yang lebih cepat pada perlakuan yang diberi zeolit meningkatkan bobot gabah sampai 73,30 gram/pot, sedangkan bobot gabah bernas pada perlakuan NPK adalah 61,22 gram/pot (Tabel 5). Tidak diragukan lagi bahwa inovasi teknologi pembena tanah zeolit dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, sehingga hasil tanaman dapat ditingkatkan. Dalam pengembangan inovasi teknologi pembena tanah zeolit untuk pertanian, maka *quality control* terhadap perdagangannya harus dilakukan periodik.

Pemberian ZKK yang dikombinasikan dengan pupuk kandang (Gambar 3) berpengaruh positif terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman dengan bobot kering biji jagung pipilan 8,44 ton/ha jauh lebih baik dibandingkan dengan kontrol dengan bobot kering biji jagung pipilan 5,65 ton/ha (Gambar 4).



Gambar 3. Pengaruh pemberian 800 kg ZKK/ha + 2 ton pupuk kandang/ha + pupuk NPK standar terhadap pertumbuhan tanaman jagung dengan bobot kering biji jagung pipilan 8,44 ton/ha



Gambar 4. Pertumbuhan jagung pada kontrol yang hanya diberi pupuk NPK standar (tanpa ZKK) dengan bobot dengan bobot kering biji jagung pipilan 5,65 ton/ha

KESIMPULAN

1. KTK zeolit-A dan zeolit-B yang ditetapkan di 5 laboratorium menunjukkan nilai yang berbeda-beda dengan nilai < dari standar SNI 13-3496-1994 ($\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$), kecuali jika nisbah zeolit:ammonium asetat diperlebar (1:100) sebagaimana yang ditetapkan di IPB.
2. KTK zeolit-A dan zeolit-B yang ditetapkan di IPB pada nisbah tanah: $\text{NH}_4\text{OAc} = 1:20$ dengan nilai masing-masing 88 dan 82 $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ sudah memenuhi persyaratan Permentan No.02/Pert/HK.060/2/2006 ($\geq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$), tetapi lebih rendah dari standar SNI 13-3496-1994 ($\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$); Jika nisbahnya diperlebar 1:100 - 1:500 maka nilainya sesuai dengan persyaratan menurut SNI ($\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$).
3. KTK zeolit-A yang ditetapkan di laboratorium penelitian tanah dan uji tanah di Balittanah pada nisbah zeolit: NH_4OAc (1:20, 1:100, 1:200, 1:300, 1:400, 1:500) semuanya tidak memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 sebab nilainya $\leq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. Sedangkan KTK zeolit B pada nisbah zeolit: $\text{NH}_4\text{OAc} = 1:100$ dengan nilai 84 $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ sudah memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 yaitu $\geq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$, tetapi nilainya lebih rendah dari persyaratan menurut SNI 13-3496-1994 ($\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$).
4. KTK zeolit A yang ditetapkan di laboratorium penelitian pelayanan jasa di Balittanah pada nisbah tanah : NH_4OAc (1:20, 1:100, 1:200, 1:300, 1:400, 1:500) semuanya tidak memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 sebab nilainya $\leq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. Sedangkan KTK zeolit-B pada nisbah tanah: NH_4OAc (1:20, 1:100, 1:200) masing-masing 88, 91, dan 80 $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ sudah memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 $\geq 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$, tetapi nilainya lebih rendah dari persyaratan menurut SNI 13-3496-1994 ($\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$), bahkan semakin lebar nisbah tanah: NH_4OAc (1:300, 1:400, 1:500 maka KTK $\leq 80 \text{ cmol} \text{ kg}^{-1}$).
5. KTK zeolit-A dan zeolit-B yang ditetapkan di PT. Sucofindo masing-masing 52 dan 60 $\text{cmol} \text{ kg}^{-1}$ tidak memenuhi persyaratan menurut SNI 13-3496-1994, dan nilainya lebih rendah dari KTK Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 (80 $\text{cmol} \text{ kg}^{-1}$).
6. KTK zeolit-A yang ditetapkan di Puslit. TEKMIIRA 92 $\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ sudah memenuhi persyaratan Permentan No. 02/Pert/HK.060/2/2006 sebab nilainya $\geq 80 \text{ cmol} \text{ kg}^{-1}$, tetapi nilainya lebih rendah dari persyaratan menurut SNI 13-3496-1994 ($\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$).
7. Berdasarkan fakta tersebut diatas, maka perlu perbaikan/penyeragaman prosedur metode penetapan KTK zeolit.
8. Pemberian 6 ton ZKK/ha pada kondisi di rumah kaca dapat meningkatkan hasil gabah bernas sekitar 19,41% sebagai akibat adanya peningkatan serapan hara; Pemberian 800 kg ZKK/ha yang dikombinasikan dengan 2 ton pupuk kandang/ha pada kondisi di lapang

meningkatkan bobot kering biji jagung pipilan 49,38% dibanding tanpa zeolit.

Saran:

1. Pengembangan inovasi teknologi pembena tanah mineral zeolit untuk keperluan pertanian yang banyak dilakukan oleh swasta sangat beralasan didukung oleh pemerintah.
2. Kriteria KTK berdasarkan SNI diusulkan direvisi kedalam 5 kelas: (1) $\geq 100 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas A); $100 - 80 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas B); $80 - 60 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas C), $60 - 40 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas D), $< 40 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ (kelas E).
3. Prosedur metode penetapan KTK zeolit yang mengacu pada SNI No 13-7168-2006 sangat beralasan untuk direvisi, namun realisasinya dapat dilakukan jika ada institusi penggeraknya, kemudian ditindaklanjuti dengan penelitian kerjasama diantara instansi pemerintah dan swasta terkait untuk melakukan modifikasi prosedur penetapannya secara nasional.
4. Prosedur metode penetapan KTK zeolit di Indonesia perlu diseragamkan, dimana metode penetapan KTK zeolit sama seperti metode penetapan KTK tanah, yaitu metode perkolasi yang dimodifikasi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. R. Sugianto, MBA, Direktur Utama CV. MINA TAMA di Tanjungkarang (Bandar Lampung) yang telah memberikan contoh zeolit untuk penelitian.
2. Dr. Diah Setyorini, peneliti di Kelompok Peneliti (Kelti) Kesuburan Tanah dan Dr. Dedy Nursyamsi sebagai ketua Kelti Kesuburan Tanah di Balittanah yang telah memberikan dana untuk analisis KTK zeolit.
3. Bambang Hendro, selaku pimpinan laboratorium mineralogy di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Bogor yang telah menganalisis contoh zeolit berasal dari Lampung, dan menyediakan waktu untuk berdiskusi tentang penetapan jenis zeolit dengan XRD.

DAFTAR PUSTAKA

1. SNI. 13-3496-. BSN (ICS 73.080).
2. Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum. 1991. Pengukuran kapasitas pertukaran kation mineral zeolit. ICS 73.080. Badan Standardisasi Nasional (BSN).
3. Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeny. 1984. Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Ageonomy, Inc.. Soil Science Society of America, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA.
4. Pond, W. G., and F. A. Mumpton (Ed). 1984. Zeo-agriculture: Use natural zeolites in agriculture and aquaculture. International Committee on Natural Zeolite, Westview Press, Boulder, CO.
5. Torii, K. M., M. Hotta, and M. Asaka. 1979. Quantitative Estimation of Mordenite and Clinoptilolite In Sedimentary Rock (II). Journal Japan Association Mineral Economic Geology 74 (8).
6. Townsend, R. P. 1979. The properties and application of zeolites. The Proceeding of A Conference Organized Jointly by the Inorganic Cehemicals Group of the Chemical Society and the Chemical Industry. The City University, London, April 18th - 20th.
7. Suwardi. 2007. Pemanfaatan zeolit untuk Perbaikan Sifat-sifat Tanah dan Peningkatan Produksi Pertanian. Disampaikan pada Semiloka Pembena Tanah Menghemat Pupuk Mendukung Peningkatan Produksi Beras, di Departemen Pertanian, Jakarta 5 April 2007. (Tidak dipublikasikan).
8. Astiana, S. 1993. Perilaku mineral zeolit dan pengaruhnya terhadap perkembangan Tanah. Program Pascasarjana. IPB.
9. Dinas Pertanian dan Perdagangan Provinsi Jawa Timur. 2006. Syarat Mutu Zeolite sebagai Bahan Pembena Tanah. Lembaga Sertifikasi Produk. Balai Pengujian Sertifikasi Mutu Barang dan Lembaga Tembakau Surabaya. SNI 13-7168-2006.
10. SNI 13-7168. Lembaga Sertifikasi Produk. Dinas Perindustrian dan Perdagangan Provinsi Jawa Timur. Balai

- Pengujian Sertifikasi Mutu Barang dan Lembaga Tembakau Surabaya.
11. Dixon, J. B., and S. B. Weed. 1989. Minerals in Soil Environments. Second Edition. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin. USA. 1243 p.
 12. Ming, D. W., and J. B. Dixon. 1987. Quantitative determination of clinoptilolite in soil by a cation-exchange capacity method. *Clays Clay Miner.* 35: 463-468.
 13. Anonymous. 2008. Kapasitas tukar kation dan basa-basa yang dapat dipertukarkan. Laboratorium Tanah. IPB.
 14. Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Analisis kimia tanah, tanaman, dan air. Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian. 136 halaman.
 15. Al-Jabri, M. 2008. Kajian metode penetapan kapasitas tukar kation (KTK) zeolit sebagai pembenah tanah untuk lahan pertanian terdegradasi. 2008. *Jurnal Standardisasi*. VI. 10. No. 2: p 56 – 63.
 16. Frank Brescia, John Arents, Herbert Meislich, Amos Turk. 1975. *Fundamentals of Chemistry*. Academic Press. Inc. New York. San Francisco. London. A Subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich. Publishers. 625 p.
 17. Smirnov, L. S., I. Natkaniec, S. I. Bragin, L. A. Shuvalov, and S. N. Sulyanov. 1997. Ammonium dynamic in $Rb_{1-x}(NH_4)_xSCN$ mixed crystal at 10 K. *Proceeding of the first European Conference on Neutron Scattering*. Volume 234 – 236, 1997, pages 66 – 67.

BIODATA

M. Al-Jabri. Peneliti Utama dengan bidang keahlian rekomendasi pemupukan berimbang hara makro dan mikro, pembenah tanah bahan organik dan zeolit. Penulis mendapatkan gelar Ph.D/Dr (jurusan Kesuburan Tanah) pada tahun 2002 di Fakultas Pascasarjana, Universitas Padjadjaran Bandung, sedangkan S1 dan S2 masing-masing diperoleh pada tahun 1972 dan 1987 dari Institut Pertanian Bogor.

APLIKASI ZEOLIT PADA TANAH BERPASIR UNTUK MEDIA PEMBIBITAN KELAPA SAWIT

S. Rahutomo, Winarna, H. Santoso, dan E. S. Sutarta¹

¹Peneliti Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Jl. Brigjen Katamso 51 Kampung Baru Medan
Email: srahutomo@yahoo.com

ABSTRAK

Dua penelitian aplikasi zeolit pada pembibitan kelapa sawit untuk perbaikan media tanam menggunakan jenis tanah berpasir untuk media pembibitan kelapa sawit telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit di kebun percobaan Aek Pancur, Sumatera Utara. Penelitian I menggunakan tanah Typic Udipsamment dengan perlakuan 4 level dosis zeolit (0,50,100, dan 150 g/polibeg). Penelitian II menggunakan tailing timah yang diberi perlakuan bahan pembenah tanah zeolit, kompos tandan kosong sawit, dolomit dan juga dibandingkan dengan top soil Typic Hapludult. Penelitian I menunjukkan bahwa aplikasi zeolit umumnya mampu meningkatkan kandungan hara dalam tanah dan kapasitas tukar kation tanah yang cenderung diikuti pertumbuhan bibit yang lebih baik. Namun pada dosis 150 g/polibeg, aplikasi zeolit justru menurunkan pH dan meningkatkan Al_d yang cenderung diikuti pertumbuhan bibit yang kurang baik. Pada penelitian II yang menggunakan tailing timah sebagai media tanam, aplikasi zeolit belum memberikan hasil sebaik aplikasi kompos tandan kosong sawit dalam mendukung pertumbuhan bibit dan serapan hara. Penelitian-penelitian lanjutan terkait penentuan dosis yang tepat dan kombinasi dengan bahan pembenah tanah lain untuk meningkatkan efektivitas zeolit dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang didominasi fraksi pasir sebagai media tanam pembibitan kelapa sawit masih sangat diperlukan.

Kata kunci: *Typic Udipsamment, tailing timah, zeolit, bibit kelapa sawit*

ABSTRACT

APPLICATION OF ZEOLITE AT SANDY SOIL FOR SEEDLINGS MEDIA OF OIL PALM. *Two studies of zeolite application on oil palm seedlings for repair media of planting using a sandy soil type to seedlings media of oil palm have been conducted by The Oil Palm Research Center at experimental garden Aek Pancur, North Sumatra. Research I using Typic Udipsamment soil with 4 dose level of zeolite (0,50,100, and 150 g / polybag). Research II using tin tailings which treated zeolite soil amelioration materials, empty fruit bunch compost, dolomite, and also compared with the top soil is Typic Hapludult. The study I showed that application of zeolite is generally able to increase nutrient content in soil and soil cation exchange capacity inclined growth of better seeds. However, at doses of 150 g/polybag, zeolite application actually lowers the pH and increasing Al_d was followed by poor seedling growth. The study II using tin tailings as planting media, zeolite application has not yielded as good as empty fruit bunch compost applications to support seedling growth and nutrient uptake. Continued research related to determining the appropriate dose, and combination with other soil amelioration materials to increasing effectiveness of zeolite in improving the physical, chemical, and biological soil characteristic as a medium sand fraction dominated planting of oil palm breeding is still very necessary.*

Keywords: *Typic Udipsamment, tin tailings, zeolite, oil palm seedlings*

PENDAHULUAN

Pengembangan tanaman kelapa sawit saat ini telah banyak dilakukan pada lahan-lahan marginal dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Hal ini berdampak pada kegiatan pembibitan kelapa sawit, terutama dalam hal penyediaan tanah yang memenuhi syarat untuk media pembibitan kelapa sawit. Selain sifat kimia, pada jenis tanah tertentu sifat fisik ternyata juga menjadi faktor pembatas. Salah satu sifat fisik tersebut adalah kandungan pasir yang tinggi. Tanpa

perlakuan-perlakuan tertentu, pertumbuhan bibit yang ditanam pada media yang kurang baik umumnya tidak standar sehingga tidak layak pindah tanam ke lapangan.

Jenis tanah dengan sifat fisik dan kimia tanah yang kurang memenuhi syarat untuk media pembibitan kelapa sawit di antaranya adalah tanah *Typic Udipsamment* dan tanah bekas tambang (*tailing*) timah. Kesuburan jenis-jenis tanah tersebut umumnya rendah yang dicirikan oleh rendahnya kandungan hara, bahan organik, pH, dan KTK tanah

(Adiwiganda *et al.*, 1994) [1]. Selain itu, dominannya fraksi pasir pada jenis-jenis tanah tersebut umumnya menyebabkan tingginya laju kehilangan hara dari pemupukan. Tanpa upaya-upaya perbaikan, level nutrisi yang optimum untuk pertumbuhan bibit sesuai standar akan sulit terpenuhi.

Upaya perbaikan yang dapat dilakukan untuk jenis tanah tersebut adalah dengan aplikasi bahan pembenah tanah baik dari bahan organik maupun bahan tambang. Salah satu bahan pembenah tanah dari hasil tambang adalah **zeolit**, senyawa aluminosilikat-terhidrasi dengan formula $M_{2/n}O \cdot Al_2O_3 \cdot x(SiO_2) \cdot yH_2O$ (Arifin, 1991; Vaughan, 1989) [2],[3]. Dengan mempertimbangkan sifat-sifat zeolit seperti penyusun utamanya yang terdiri atas kation alkali dan alkali tanah, mudah menahan air dan melepaskannya pada proses timbal balik adsorpsi dan dehidrasi, memiliki nilai KTK yang tinggi (115-150 me/100g, bahkan dilaporkan dapat mencapai 545 me/100g), serta luas permukaan yang mencapai 900 m²/g (Arifin, 1991; Sinaga, 1996; Suyatono dan Husaini, 1991) [4],[5], maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pembenah tanah (Arifin, 1991). Aplikasi zeolit umumnya bertujuan untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan dan menyediakan unsur hara serta air untuk kebutuhan tanaman, dan juga untuk menekan kehilangan unsur hara yang diberikan melalui pemupukan (Ming, 1988; Vaughan, 1989) [6]. Penelitian untuk mengetahui kemampuan zeolit dalam memperbaiki kesuburan media pembibitan kelapa sawit menggunakan tanah *Typic Udipsamment* dan *tailing* timah telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Melalui penelitian ini diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai penggunaan zeolit sebagai alternatif untuk memecahkan permasalahan kesulitan penyediaan media tanam untuk pembibitan pada lahan-lahan dengan jenis tanah yang didominasi fraksi pasir.

BAHAN DAN METODE

PPKS telah melakukan penelitian aplikasi zeolit untuk perbaikan media tanam di pembibitan kelapa sawit sebanyak dua kali.

Kedua penelitian ini dilakukan di Kebun Percobaan Aek Pancur, Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Sumatera Utara. Bahan tanaman adalah bibit kelapa sawit DxP.

Penelitian I

Penelitian ini dilakukan pada 2004-2005. Sebagai media tanam digunakan tanah *Typic Udipsamment* yang diambil dari Sumatera Utara. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan perlakuan 4 taraf dosis aplikasi zeolit yaitu 0, 50, 100, 150 g zeolit/polibeg (berat per polibeg 25 kg). Setiap perlakuan diulang 3 kali dan setiap ulangan terdiri dari 6 tanaman pengamatan.

Pupuk yang diberikan adalah pupuk standar pembibitan yaitu NPKMg 15-15-6-4, 12-12-17-2 dan kiserit dengan dosis sesuai dengan standar PPKS. Pengamatan meliputi sifat kimia tanah (pH tanah, KTK tanah, P-tersedia, K-dd, Mg-dd, Ca-dd), pertumbuhan bibit (tinggi, diameter batang, dan berat kering) serta serapan hara (N, P, K, Mg, Ca dan B). Pengamatan bobot kering dan serapan hara dilakukan setelah tanaman berumur 11 bulan.

Penelitian II

Penelitian ini dilakukan pada 2008-2009. Sebagai media tanam digunakan *tailing* timah yang diambil dari Pulau Bangka. Sebagai pembanding, diambil juga *top soil* tanah *Typic Hapludult* dari Kebun Percobaan PPKS di Aek Pancur, Sumatera Utara. Percobaan disusun menggunakan rancangan acak kelompok terdiri dari 5 perlakuan media tanam dengan 4 ulangan, masing-masing ulangan terdiri dari 4 tanaman pengamatan. Perlakuan yang dicobakan dalam penelitian ini adalah (i) kontrol, yaitu 20 kg *tailing* tambang timah per polibeg tanpa bahan pembenah tanah; (ii) *top soil* tanah *Typic Hapludult*, 20 kg per polibeg tanpa bahan pembenah tanah; (iii) aplikasi zeolit dengan dosis 40 g per polibeg berisi 20 kg *tailing* tambang timah; (iv) aplikasi dolomit dengan dosis 40 g per polibeg berisi 20 kg *tailing* tambang timah; dan (v) aplikasi kompos tandan kosong sawit (TKS) dengan dosis 4 kg per polibeg berisi 20 kg *tailing* tambang timah.

Tabel 1. Hasil analisis awal tanah *Typic Udipsamment* pada penelitian I.

pH (H ₂ O)	C (%)	N (%)	P-tersedia (ppm)	K-dd	Na-dd	Ca-dd	Mg-dd	KTK
						(me/100 g tanah)		
6,1	0,28	tr	tr	0,22	0,02	2.56	0,48	3,95

Tabel 2. Hasil analisis awal *tailing* timah pada penelitian II.

pH (H ₂ O)	C (%)	N (%)	P-tersedia (ppm)	K-dd	Na-dd	Ca-dd	Mg-dd	KTK
						(me/100 g tanah)		
4.4	0.04	0.01	3	tr	tr	0.03	0.08	0.73

Pupuk yang diberikan adalah pupuk standar pembibitan yaitu NPKMg 15-15-6-4, 12-12-17-2 dan kiserit dengan dosis sesuai standar PPKS. Pengamatan meliputi pertumbuhan bibit (bobot kering bonggol, pelepah, dan daun) serta serapan hara (N, P, K, Mg, dan Ca). Pengamatan bobot kering dan serapan hara dilakukan setelah tanaman berumur 13 bulan.

Meskipun demikian, dalam penelitian ini aplikasi zeolit cenderung menaikkan kadar Al-dd. Diduga kenaikan kadar Al-dd ini selanjutnya berpengaruh terhadap penurunan pH dan P tersedia. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian lain yang menyebutkan bahwa aplikasi zeolit dapat menurunkan kadar Al-dd tanah karena zeolit mampu menyerap logam (Sutarti dan Rachmawati, 1994) [8] yang selanjutnya akan meningkatkan pH tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian I

Sifat Kimia Tanah

Pada penelitian ini, KTK tanah meningkat sejalan dengan peningkatan dosis aplikasi zeolit. Peningkatan KTK tanah tersebut diduga berasal dari tingginya KTK zeolit yang diaplikasikan. Tingginya KTK zeolit berkaitan dengan sifat zeolit yang memiliki struktur berpori yang dapat diisi oleh molekul air sehingga mampu menyerap air yang bersifat *reversible*, menyaring molekul, dan menukar ion (Djadjulie dan Bisri, 1998) [7]. Peningkatan KTK ini diikuti dengan peningkatan ketersediaan kation-kation tertukar seperti K, Ca, Na, dan Mg.

Pertumbuhan Bibit

Dibandingkan kontrol (tanpa zeolit), aplikasi zeolit baik dosis 50, 100, maupun 150 g/polibeg pada penelitian ini tidak menghasilkan beda nyata pada tinggi bibit, diameter batang, maupun bobot kering total. Meskipun demikian, pertumbuhan bibit pada dosis 50 dan 100 g/polibeg cenderung lebih baik dibandingkan dengan kontrol dan juga dengan aplikasi 150 g zeolit/polibeg (Tabel 4). Pada dosis 50 dan 100 g/polibeg, kecenderungan pertumbuhan bibit yang lebih baik ini diduga berkaitan dengan perbaikan sifat kimia tanah akibat aplikasi zeolit. Sebaliknya pada dosis 150g/polibeg, peningkatan kadar Al-dd dan penurunan pH diduga telah menyebabkan terhambatnya pertumbuhan bibit.

Tabel 3. Hasil analisis tanah setelah aplikasi zeolit pada tanah *Typic Udipsamment*.

Dosis zeolit (g/polibeg)	pH (H ₂ O)	N (%)	P (ppm)	K	Na	Ca	Mg	K.T.K	Al-dd
				-----me/100 g-----					
0	6,81	1,56	5,61	0,27	0,03	0,79	4,18	4,94	0,02
50	6,30	2,84	5,41	1,78	0,01	1,28	3,82	6,26	0,00
100	6,32	1,94	3,40	2,45	0,04	1,26	4,70	7,00	0,04
150	5,48	1,94	3,76	2,56	0,05	1,20	3,20	7,99	0,04

Tabel 4. Pengaruh aplikasi zeolit terhadap tinggi, diameter batang, dan bobot kering bibit kelapa sawit pada penelitian I.

Dosis Zeolit (g/polibeg)	Tinggi bibit (cm)	Diameter batang (cm)	Bobot Kering Total (g)
0	106,20	6,74	281,58
50	108,88	7,04	281,80
100	109,55	6,93	288,78
150	106,44	6,82	256,65

Keterangan : - angka pada kolom yang sama yang tidak diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan tidak beda nyata pada uji LSD 5 %.

Tabel 5. Serapan hara pada daun (g) dalam penelitian aplikasi zeolit pada tanah *Typic Udipsamment*

Dosis zeolit (g/polibeg)	N	P	K	Mg
0	2,22	0,22	1,49	0,51
50	2,26	0,21	1,54	0,61
100	2,24	0,21	1,61	0,54
150	2,16	0,18	1,53	0,52

Serapan Hara Daun

Sejalan dengan perubahan sifat kimia tanah dan pertumbuhan bibit, serapan hara pada daun bibit kelapa sawit cenderung meningkat pada aplikasi zeolit dengan dosis 50 dan 100 g per polibeg. Sebaliknya, serapan hara cenderung menurun pada aplikasi 150 g zeolit/polibeg (Tabel 5). Sifat kimia tanah yang lebih baik pada dosis 50 dan 100 g/polibeg diduga berpengaruh terhadap kemampuan tanaman menyerap hara, sementara peningkatan kadar Al-dd dan penurunan pH pada dosis 150g zeolit/polibeg diduga menyebabkan penurunan kemampuan tanaman menyerap hara.

Penelitian II

Hasil penimbangan bobot kering tanaman menunjukkan bahwa bobot kering total tertinggi terdapat pada media tanam menggunakan *top soil* tanah *Typic Hapludult* (Tabel 6). Pada media tanam menggunakan *tailing* timah, bobot kering total tertinggi terdapat pada perlakuan aplikasi kompos tandan kosong sawit. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh aplikasi bahan pembenah tanah dalam bentuk organik (kompos TKS) terhadap total bobot kering bibit masih lebih baik dibandingkan dengan aplikasi bahan pembenah tambang baik zeolit maupun dolomite. Meskipun demikian, jika dibandingkan dengan dolomite, aplikasi zeolit

relative masih menghasilkan bobot kering bibit yang lebih baik.

Serapan Hara

Hasil analisis terhadap serapan hara pada daun menunjukkan pola yang relatif sama dengan hasil pengukuran bobot kering tanaman. Serapan hara N, P, K, Ca, dan Mg daun yang relatif lebih tinggi terdapat pada bibit yang ditanam pada media *top soil* dan *tailing* timah dengan perlakuan aplikasi kompos TKS.

Dalam percobaan ini, aplikasi bahan pembenah dari bahan tambang yaitu zeolit dan dolomite relatif belum memberikan pengaruh sebaik pada aplikasi kompos TKS.

Pembahasan Umum

Baik pada tanah *Typic Udipsamment* maupun *tailing* timah, aplikasi zeolit pada penelitian ini secara umum belum menghasilkan pertumbuhan bibit yang nyata lebih baik dibandingkan dengan kontrol (tanpa aplikasi zeolit). Pada tanah *Typic Udipsamment* (penelitian I), peningkatan dosis aplikasi zeolit hingga 150 g/polibeg kg tanah justru cenderung meningkatkan kemasaman tanah dan kadar Al-dd yang diikuti dengan kecenderungan penurunan bobot kering tanaman dan serapan hara.

Tabel 6. Bobot kering bibit dalam penelitian aplikasi zeolit pada *tailing* timah

Perlakuan	Bobot kering (g)			
	Bonggol	Pelepah	Daun	Total
Kontrol (20 kg <i>tailing</i> timah per polibeg)	49.23b	177.15c	91.35b	317.73c
Top Soil (20 kg top soil <i>Typic Hapludult</i> per polibeg)	77.96a	375.23a	152.7a	605.89a
Kompos (20 kg <i>tailing</i> timah + 4 kg kompos TKS)	74.35a	323.18ab	123.88a	521.41b
Zeolit (20 kg <i>tailing</i> timah + 40 g zeolit)	40.00b	261.68b	86.65b	388.33bc
Dolomit (20 kg <i>tailing</i> timah + 40 g dolomit)	40.53b	203.80c	87.8b	332.17c

Keterangan : - angka pada kolom yang sama yang tidak diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan tidak beda nyata pada uji LSD 5 %.

Tabel 7. Serapan hara pada sampel daun (g) dalam penelitian aplikasi zeolit pada *tailing* timah

Perlakuan	N	P	K	Ca	Mg
Kontrol	2.44	0.19	2.03	0.34	0.36
Top Soil	3.83	0.21	2.71	0.87	0.47
Kompos	3.37	0.22	2.37	1.10	0.49
Zeolit	2.34	0.17	1.75	0.32	0.38
Dolomit	2.40	0.18	1.75	0.38	0.36

Sedangkan pada *tailing* timah, aplikasi zeolit dengan dosis 40 g/polibeg masih belum memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan bibit sebaik pada aplikasi kompos TKS dan media *top soil*.

Dengan mempertimbangkan hasil kedua penelitian ini, penelitian-penelitian terkait aplikasi zeolit untuk perbaikan media pembibitan kelapa sawit yang didominasi fraksi pasir masih sangat diperlukan. Penelitian-penelitian tersebut hendaknya tidak terbatas pada aplikasi zeolit *per se*, namun perlu diarahkan pada penentuan dosis yang tepat didukung dengan upaya memperoleh kombinasi yang tepat dengan bahan pembenah lain sesuai sifat fisik dan kimia tanah. Sebagai contoh, pada *Typic Udipsamment* yang digunakan dalam penelitian ini, kombinasi dengan bahan pembenah tanah yang lebih bersifat memperbaiki pH akan lebih diperlukan. Sementara pada *tailing* timah, kombinasi dengan perlakuan bahan organik akan lebih diperlukan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Aplikasi zeolit terutama dengan tujuan untuk perbaikan media tanam pembibitan kelapa sawit menggunakan tanah *Typic Udipsamment* dengan fraksi pasir yang dominan memerlukan penentuan dosis yang tepat. Pada *tailing* timah, aplikasi zeolit saja

tanpa kombinasi dengan bahan pembenah lainnya untuk perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah juga belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Penelitian-penelitian lanjutan untuk mengetahui dosis aplikasi zeolit yang tepat serta kombinasi aplikasi zeolit dengan bahan pembenah tanah lainnya masih diperlukan untuk mengetahui teknik aplikasi zeolit yang efektif dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi pada tanah-tanah yang didominasi fraksi pasir sebagai media tanam pembibitan kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adiwiganda, R, A. U. Lubis, dan P. Purba. 1994. Karakteristik tanah pada beberapa tingkat famili di areal kelapa sawit di Indonesia. Berita Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2(3): 174 - 188.
2. Arifin, M. 1991. Zeolit Alam; potensi, teknologi dan prospeknya di Indonesia. Laporan Ekonomi Bahan Galian N0.72. Proyek Pengembangan Pusat Informasi Mineral, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral Bandung, 1990/91; 52 pp.
3. Vaughan, D.E.W. 1989. Zeolites and other microporous materials. Zeolites; Facts, figure, future (Ed. P.A. Jacobs & R.A. van Santen). Proceed. Of the 8th International Zeolite Conference,

- Amsterdam, The Netherlands, July 10-14 1989, Elsevier Amsterdam; p 95-115
4. Sinaga, P.P. 1996. Kajian pemberian zeolit dan pupuk fosfor terhadap sifat kimia tanah dan serapan P oleh tanaman jagung (*Zea mays*) pada tanah Ultisol. Skripsi S1 Fakultas Pertanian UHN, Medan 1996, 29 pp.
 5. Suyartono dan Husaini. 1991. Tinjauan terhadap kegiatan penelitian karakteristik dan pemanfaatan zeolit di Indonesia yang dilakukan Pusat pengembangan Teknologi Mineral pada periode 1980-1991. Bulletin PPTM Vol.13 No.4, Mei 1991; 15 pp.
 6. Ming, D.W. 1988. Applications for special purpose minerals at a lunar base. Symposium on Lunar Bases & Space Activities in The 21st Century. April 5-7 1988, Houston, Texas; 22 pp.
 7. Djadjulie, A. dan Bisri, U. 1998. Pemanfaatan batu kapur dan zeolit untuk pertanian. Direktorat Jendral Pertambangan Umum. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral. Jakarta. 15p.
 8. Sutarti, M dan Rachmawati, M. 1994. Zeolit tinjauan literatur. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta. 57pp.

PENGARUH KONSISTENSI DAN LARUTAN PENGAKTIF PADA PROSES AKTIVASI ZEOLIT ALAM SECARA HYDROTHERMAL UNTUK PENGOLAHAN AIR SADAH DALAM KOLOM UNGGUN TETAP

Endang S.R., Adu Damilsun, Krisna Aditia

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung

Email: endangsr@polban.ac.id

ABSTRAK

Zeolit dapat berfungsi sebagai penukar kation atau adsorben untuk penyisihan polutan di dalam air. Zeolit alam pada umumnya memiliki kemampuan rendah untuk penyisihan unsur sadah di dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan daya penyisihan kesadahan dengan cara melakukan aktivasi terhadap zeolit alam dan mengkaji pengaruh kondisi proses aktivasi. Penelitian dilakukan terhadap zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya melalui proses hidrotermal pada temperatur 100 °C dengan variasi proses konsistensi sistem reaksi, konsentrasi dan jenis larutan pengaktif. Proses aktivasi zeolit alam dilakukan dengan variasi konsistensi 12,5%; 25%; 37,5%; dan 50%, variasi konsentrasi larutan pengaktif NaOH 2N dan NaOH 1N, dan variasi jenis larutan pengaktif NaOH dan NaCl. Hasil proses berupa zeolit aktif untuk dilakukan uji implementasi pengolahan air sadah dalam kolom unggun tetap dengan kedalaman zeolit 90 cm, dioperasikan secara kontinu dengan kecepatan linier 2 m/jam, kesadahan total dan kesadahan Ca²⁺ sebagai parameter uji, dengan mengacu pada SNI 06-4161-1996 dan SNI 06-2429-1991, variasi konsentrasi air baku antara 240-440 mg/l sbg CaCO₃. Zeolit alam memberikan persen penyisihan rendah sekitar 11 – 42% dari variasi konsentrasi air baku yang diberikan, sedangkan zeolit aktif sekitar 56 – 96%. Pengaruh konsistensi proses aktivasi ditunjukkan pada nilai penyisihan terendah pada zeolit. Hasil proses aktivasi dengan konsistensi 50% dan nilai tertinggi untuk konsistensi 12,5%. Konsistensi 12,5% digunakan sebagai acuan konsistensi pada variasi proses yang lain. Pengaruh konsentrasi larutan pengaktif untuk NaOH tidak signifikan, ditunjukkan dengan rentang penyisihan yang sempit antara NaOH 2N dan NaOH 1N yaitu 78-92%. Variasi jenis larutan pengaktif NaCl memberikan persen penyisihan kesadahan tertinggi yaitu 96% pada air baku dengan kesadahan tinggi.

Kata kunci: Zeolit alam, proses aktivasi, kolom unggun tetap, kesadahan total, SNI 06-4161-1996

ABSTRACT

INFLUENCE OF CONSISTENCY AND ACTIVATOR LIQUID ON ACTIVATION PROCESS OF NATURAL ZEOLITE BY HYDROTHERMAL FOR HARDNESS WATER PROCESSING IN FIXED COLUMN. Zeolite can function as cation exchanger or adsorbent for elimination pollutant in water. In general, natural zeolite have a low capability to eliminate a hard substances in water. The study aimed to increase elimination capacity hardness by activated natural zeolite and study the effect of activation processes. This study was conducted to natural zeolite Cikalong-Tasikmalaya with a hydrothermal process at temperature 100 °C with variations of consistency reaction system, concentration and activator liquid type. Activation natural zeolite was done with variations of consistency of 12,5%; 25%; 37,5%; and 50%, activator liquid concentrate of 2N NaOH and 1N NaOH, and activator liquid types of NaOH and NaCl. The result of process is a active zeolite to the test of implementation a hard water processing in fixed column with depth of zeolites 90 cm, it was operated continuously with a linier speed of 2 m/hours, total hardness and hardness of Ca²⁺ as a parameters test with reference to SNI 06-4161-1996 and SNI 06-2429-1991, variations of standard water concentration between 240 to 440 mg/l as CaCO₃. Natural zeolites gave a lower percent between 11% to 42% from variations of standard water concentration which is given, while the zeolite active between 56% to 96%. The effect consistency of activator process is shown in the lowest elimination values of zeolite. The produce of activation process with consistency of 50% and highest value for consistency of 12,5%. Consistency of 12,5% was used as consistency reference for other variation processes. The effect of activator liquid concentrate NaOH is not significant, indicated by narrows range between 2N NaOH and 1N NaOH is 78% to 92%. Activator liquid type NaCl gives a higher hardness percent 96% at standard water with high of hardness.

Keywords: Natural zeolite, activation process, fixed column, total hardness, and SNI 06-4161-1996

PENDAHULUAN

Zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya diketahui sebagai zeolit yang memiliki kandungan mineral mordenit tinggi yaitu 81,2%⁽⁷⁾ dengan nilai KTK 138 meq/100_{gr.zeolit kering}. Secara umum zeolit alam memiliki kapasitas tukar kation (KTK) rendah dan dapat ditingkatkan dengan melalui pengaktifan. Proses pengaktifan dapat ditempuh melalui berbagai cara diantaranya secara kimia. Proses aktivasi zeolit secara kimia dapat menghasilkan kenaikan nilai KTK zeolit aktif yang disebabkan karena berbagai peristiwa terjadi selama proses, diantaranya: pelarutan pengotor yang menutupi pori, menutupi daerah pertukaran atau *exchange site* dan daerah adsorpsi atau *adsorption site*. Proses aktivasi juga dapat memperbesar mesopori dan memperluas permukaan mesopori. Pembentukan mesopori akan memudahkan proses difusi sehingga akan meningkatkan aktivitas⁽⁸⁾, namun demikian proses aktivasi memerlukan kondisi proses yang sesuai karena kondisi proses sangat berpengaruh terhadap performansi zeolit aktif⁽⁶⁾. Kondisi proses aktivasi zeolit alam yang sesuai akan menghasilkan peningkatan KTK maksimal, tetapi kondisi proses yang kurang sesuai dapat menurunkan nilai KTK dari zeolit alam, dapat disebabkan oleh kondisi proses yang memberikan degradasi terhadap struktur kristal zeolit alam atau terdapatnya reaksi samping dari pengotor-pengotor yang terkandung⁽⁹⁾.

Pada penelitian ini proses aktivasi dilakukan melalui proses hydrothermal pada temperatur 100 °C dengan larutan pengaktif NaOH dan NaCl dan beberapa nilai konsistensi. Penelitian sejenis telah dilakukan oleh Kang S., J., dan Egashira, K., (1997) terhadap beberapa jenis zeolit alam di Korea⁽³⁾ juga telah dilakukan oleh Urkovic, L., C., Stevanovic, Cerjan., dan Filipan T, (1997)⁽⁸⁾

Nilai konsistensi identik dengan jumlah bedvolume regenerasi pada proses regenerasi terhadap suatu media penukar ion. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai KTK zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya secara kimia untuk selanjutnya diimplementasikan dalam pengolahan air sadah dalam air.

Zeolit dengan karakter yang dimiliki diantaranya sebagai penukar kation dan adsorben akan dapat melakukan penyisihan unsur sadah dalam air apabila kedua karakter zeolit tersebut berfungsi dengan

baik, di samping factor-faktor lain yang dapat berpengaruh. Sebagaimana diketahui unsur sadah Mg dan Ca di dalam air memiliki karakter pembentuk endapan Mg(OH)₂ dan CaCO₃ yang dapat menimbulkan masalah dalam kegiatan industri proses ketika digunakan sebagai air proses, air umpan boiler dan air pendingin, di samping permasalahan yang terjadi ketika air sadah digunakan dalam aktivitas domestik seperti untuk memasak dan mencuci.

Hasil proses aktivasi berupa zeolit aktif, dilakukan uji implementasi pengolahan air sadah dalam kolom unggun tetap yang dioperasikan secara kontinyu. Penelitian juga merupakan lanjutan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Herdiana, H., Izazi, M., T., dan Rahayu, E., S., melalui pengaktifan zeolit sejenis secara kimia-fisika dengan menghasilkan zeolit aktif bentuk zeolit-H, (2007)⁽²⁾ dengan kemampuan penurunan kesadahan rendah dan oleh Canggih P., S., Resik, F., E., dan Rahayu, E., S., melalui pengaktifan secara kalsinasi, (2008)⁽¹⁾ yang juga menghasilkan zeolit aktif berkemampuan penurunan kesadahan rendah.

METODE PENELITIAN

Proses aktivasi dilakukan terhadap zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya berbentuk granular berukuran 2-5 mm. Proses dilakukan secara *batch* di dalam reactor berpengaduk berpenangas berukuran 25 liter, dengan kondisi proses pada temperature 100°C selama 9 jam dengan larutan pengaktif NaOH 2N dengan konsistensi 12,5%. Untuk mengetahui pengaruh konsistensi dilakukan proses aktivasi dalam larutan pengaktif NaOH 2N dengan konsistensi 25%, 37,5% dan 50% dalam waktu proses 9 jam. Variasi larutan pengaktif diberikan dengan NaOH 1N dan NaCl 1N dalam konsistensi 12,5%, temperature 100°C dan waktu proses 9 jam. Hasil zeolit aktif dilakukan penetralan hingga pH 7 sebelum dilakukan pengujian terhadap zeolit untuk pengolahan air sadah dilakukan dalam kolom unggun tetap dengan media zeolit atau zeolit aktif dengan kedalaman 90 cm untuk memenuhi safety factor, yang dioperasikan secara kontinyu dengan *constant head* 40 cm. Dalam operasi, air sadah diumpangkan masuk kedalam kolom unggun tetap dengan variasi nilai air baku air sadah dalam rentang nilai kesadahan yaitu 240 – 660 mg/liter sebagai CaCO₃, laju alir 2

m/jam dan waktu sampling 1 jam, 3 jam dan 5 jam operasi.

Nilai kesadahan diuji terhadap air baku air sadah dan air terolah dengan parameter uji kesadahan total dan kesadahan Ca^{2+} dengan mengacu pada SNI secara berturut SNI 06-4161-1996 dan SNI 06-2429-1991. Hasil pengujian nilai kesadahan Ca^{2+} digunakan dalam menghitung nilai kesadahan Mg^{2+} , untuk mengetahui tingkat selektivitas zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya dan zeolit hasil proses pengaktifan, terhadap Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya dan zeolit aktif hasil proses aktivasi secara kimia dapat diketahui melalui penerapan zeolite tersebut sebagai media penukar kation dan atau adsorben terhadap unsur sadah dalam air. Dalam operasinya air sadah diumpankan masuk kedalam kolom unggun tetap dengan variasi nilai air baku air sadah dengan laju alir linier 2 m/jam, *constant head* 40 cm dan waktu sampling 1 jam, 3 jam dan 5 jam operasi. Hasil penurunan kesadahan air terolah merupakan rata-rata dari ketiga sampel hasil sampling.

Zeolit Alam sebagai Media

Kinerja zeolit alam dalam pengolahan air baku air sadah dengan tingkat kesadahan 240-440 mg/l sbg. $CaCO_3$, dijelaskan dengan menguji nilai kesadahan air terolah dan hasilnya seperti tertera pada tabel 1.

Penggunaan air baku dengan tingkat kesadahan tinggi dengan zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya sebagai media penukar kation/adsorpsi menghasilkan penurunan kesadahan total rendah < 30% dan menurun linier dengan kenaikan konsentrasi kesadahan dalam air baku.

Disebabkan oleh kondisi zeolit alam yang mengandung pengotor-pengotor yang dapat menghalangi terjadinya proses pertukaran/adsorpsi unsure sadah oleh zeolit.

Penurunan unsure sadah dalam air baku yang terjadi menjelaskan bahwa selektivitas zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya terhadap $Ca^{2+} > Mg^{2+}$ diperoleh dari data % penurunan kesadahan yang lebih tinggi untuk Ca^{2+} dari pada Mg^{2+} secara signifikan dan seragam pada semua konsentrasi air baku air sadah.

Larutan Pengaktif NaOH 2N

Proses aktivasi dilakukan dengan larutan pengaktif NaOH 2N dengan konsistensi 12,5%, menghasilkan penurunan kesadahan total yang tinggi yaitu 83,72%. Kenaikan % penurunan kesadahan total yang tinggi dari zeolit alam menunjukkan tingginya kinerja larutan pengaktif NaOH 2N melakukan beberapa hal pekerjaan yang dapat menghasilkan kondisi zeolit aktif memiliki kemampuan tinggi untuk melakukan penukaran kation/adsorpsi terhadap Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Diantaranya menyingkirkan pengotor pada permukaan pori sehingga Ca^{2+} dan Mg^{2+} dapat masuk dan menuju ke *exchange site/adsorption site* untuk tertukar atau teradsorpsi. Menyingkirkan pengotor yang menutupi *exchange site/adsorption site* sehingga proses pertukaran/adsorpsi dapat berlangsung. Larutan pengaktif juga memperbesar ukuran pori untuk dapat memfasilitasi kemudahan difusi system sehingga Ca^{2+} dan Mg^{2+} menuju *exchange site/adsorption site* dalam kerangka zeolite. Dapat juga disebabkan oleh terjadinya proses transformasi mordenit dari zeolit Cikalong-Tasikmalaya ini menjadi jenis zeolit lain dengan nilai KTK tinggi seperti fillipsit.

Tabel 1. Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Alam

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg. $CaCO_3$)	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
240	28,89	39,42	11,63
340	20,56	23,46	10,46
440	15,23	20,05	8,61

Pengaruh Konsistensi Sistem Reaksi

Proses aktivasi dengan konsistensi system reaksi 12,5 % identik dengan volume regeneran dalam proses regenerasi terhadap media penukar anion yang diperlukan 10 bedvolume untuk menghasilkan media penukar kation aktif yang siap digunakan kembali. Untuk mengetahui pengaruh konsistensi system reaksi pada proses aktivasi zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya dengan larutan pengaktif NaOH 2N, diberikan variasi konsistensi 12,5%, 25%, 37,5% dan 50%. Hasil implementasi dari zeolit aktif yang diperoleh sebagai media penukar kation/adsorpsi unsure sadah dalam air seperti tertera pada tabel 2.

Penurunan kesadahan pada air terolah dari air baku dengan kandungan unsure sadah total 340 mg/l sbg. CaCO₃ menurun secara linier dan signifikan dengan meningkatnya konsistensi system reaksi. Sehingga perlu dipertimbangkan ketika akan menggunakan % konsistensi yang tinggi untuk suatu efisiensi. Tingginya penurunan yang signifikan terhadap % penurunan kesadahan ini dapat disebabkan oleh intensitas kontak antara senyawa NaOH yang mengecil dengan meningkatnya konsistensi yang akan menurunkan peluang terjadinya reaksi.

Pengaruh Konsentrasi Air Baku

Pengaruh konsentrasi air baku terhadap kinerja media zeolit juga dilakukan terhadap zeolit aktif NaOH 2N, konsistensi 12,5%, dengan menggunakan konsentrasi kesadahan total dalam air baku yang sama ketika diterapkan pada zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya yaitu antara 240-440 mg/l sbg. CaCO₃, hasilnya seperti tertera pada tabel 3.

Penggunaan air baku dengan tingkat kesadahan tinggi dengan zeolit aktif NaOH 2N konsistensi 12,5% pada semua jenis air baku yang diberikan menghasilkan penurunan kesadahan total tinggi dengan nilai hampir sama dengan sedikit penurunan terhadap %penurunan kesadahan dalam air terolah yang tidak signifikan terhadap kenaikan konsentrasi kesadahan total dalam air baku. Menggambarkan bahwa faktor-faktor yang mendukung dan memberikan kontribusi berlangsungnya pertukaran kation/adsorpsi pada zeolit aktif seperti dijelaskan pada 3.2 dapat tetap menangani terhadap air baku dengan kesadahan total tinggi 440 mg/l sbg. CaCO₃ hingga penurunan kesadahan > 80%. Proses pertukaran kation yang terjadi oleh unsure sadah di sini juga menunjukkan bahwa % penurunan unsure sadah dalam air untuk Ca²⁺ > Mg²⁺ sehingga dapat semakin meyakinkan bahwa selektivitas zeolit alam Cikalong-Tasikmalaya terhadap Ca²⁺ > Mg²⁺.

Tabel 2. Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaOH 2N pada Air Baku dengan Kesadahan 340 mg/l sbg. CaCO₃

Konsistensi Campuran Reaksi (%)	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
12,5	83,72	87,18	78,43
25	73,46	74,97	71,32
37,5	60,14	60,90	56,86
50	56,86	57,64	55,86

Tabel 3. Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaOH 2N pada Konsistensi 12,5%

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg CaCO ₃)	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
240	89,55	91,59	86,12
340	83,72	74,97	71,32
440	86,61	88,70	83,70

Pengaruh Jenis Larutan Pengaktif

Untuk mengetahui pengaruh dari larutan pengaktif pada kinerja zeolit aktif dalam pengolahan air sadah, juga dilakukan proses aktivasi dengan larutan pengaktif NaOH 1N, dan NaCl 1N dengan waktu aktivasi 9 jam, konsistensi 12.5% dan temperatur 100°C, dan hasilnya seperti tertera pada tabel 4.

Dihasilkan kinerja zeolit aktif NaOH 1N dan zeolit aktif NaCl 1N zeolit aktif dalam penurunn kesadahan air lebih tinggi dari zeolit aktif NaOH 2N, diprediksi terdapat mekanisme penyisihan unsur sadah dalam air yang lebih kuat pada zeolit NaOH 1N seperti adsorpsi. Sedang tingginya kinerja zeolit aktif NaCl 1N, diprediksi pada proses aktivasi terjadi konversi yang mendekati homoionic

bentuk Na pada zeolit aktif. Mengikuti hasil pengujian terhadap operasi-operasi sebelumnya, di sini hasil yang diperoleh tetap menunjukkan bahwa selektivitas ketiga zeolit aktif terhadap $Ca^{2+} > Mg^{2+}$.

Larutan Pengaktif NaOH 1N& NaCl 1N

Kemampuan kinerja yang tinggi yang dimiliki zeolit aktif NaOH 1N dan zeolit aktif NaCl 1N dalam penurunan kesadahan dalam air dengan kesadahan total 440 mg/l sbg $CaCO_3$, dicoba lanjut uji kinerjanya pada air baku air sadah dengan konsentrasi lebih tinggi yaitu 540 dan 660 mg/l sbg $CaCO_3$ dan hasilnya seperti tertera pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 4. Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif Konsistensi 12,5% pada Air Baku 440 mg/l sbg. $CaCO_3$

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg $CaCO_3$)	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
NaOH 2N	86,61	88,70	83,70
NaOH 1N	91,59	91,75	91,36
NaCl 1N	95,78	96,29	95,04

Tabel 5. Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaOH 1N pada Konsistensi 12,5%

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg $CaCO_3$)	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
440	91,59	91,75	91,36
540	84,22	87,42	79,77
660	78,54	79,72	78,06

Tabel 6. Nilai Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah Dengan Media Zeolit Aktif NaCl 1N pada Konsistensi 12,5%

Kesadahan Air Baku (mg/l sbg $CaCO_3$)	Rata2 Penurunan Kesadahan Air Terolah (%)		
	Kesadahan Total	Kesadahan Ca	Kesadahan Mg
440	95,78	96,29	95,04
540	95,01	96,07	93,51
660	94,41	95,33	93,29

Dari kedua tabel menjelaskan bahwa kedua zeolit berlaku seperti pada umumnya yang mengalami penurunan kinerja penurunan kesadahan dalam air ketika beban konsentrasi kesadahan dalam air baku naik. Hal demikian dialami secara signifikan oleh zeolit aktif NaOH 1N, sedang penurunan kinerja untuk zeolit aktif NaCl 1 N sangat kecil. Namun demikian dapat dikatakan bahwa zeolit aktif tersebut di atas tetap memiliki kinerja yang tetap tinggi dalam penurunan kesadahan dalam air bahkan pada pembebanan kesadahan yang tinggi dalam air baku. Dan tetap, dalam kondisi ini hasil yang diperoleh tetap menunjukkan bahwa selektivitas ketiga zeolit aktif terhadap $Ca^{2+} > Mg^{2+}$.

KESIMPULAN

1. Kemampuan zeolit alam Cikalong Tasikmalaya untuk penurunan kesadahan air sangat rendah < 30% dan berhasil dapat dinaikkan dengan proses aktivasi secara hydrothermal pada larutan pengaktif NaOH dan NaCl dengan temperatur 100 °C, selama 9 jam, sehingga memiliki kemampuan menurunkan kesadahan dalam air > 80% bahkan berlaku untuk air dengan kesadahan tinggi.
2. Pengaruh konsistensi larutan pengaktif pada proses aktivasi cukup signifikan terhadap kemampuan zeolit aktif untuk penurunan kesadahan dalam air, yaitu 83,72% pada konsistensi 12,5%, dan menurun tajam hingga 56,86% untuk konsistensi 50%. Sehingga perlu dipertimbangkan ketika akan menggunakan nilai konsistensi tinggi dalam proses aktivasi untuk implementasi pengolahan air sadah walaupun untuk alasan efisiensi yang juga masih harus ditelaah kebenarannya.
3. Zeolit alam dan zeolit aktif hasil proses aktivasi memiliki selektivitas yang konsisten terhadap Ca^{2+} dengan lebih besar sedikit dibanding terhadap Mg^{2+} .

DAFTAR PUSTAKA

1. Urkovic, L.,C., Stevanovic, Cerjan., dan Filipan T, (1997) " Abstract of Metal Ion Exchange By Natural and Modified Zeolites ", Water Research Vol.31, No.6, P 1379.
2. Kang S., J., Egashira,K., (1997) " Abstract of Modification of Different Grades of Korean Natural Zeolites for Increasing Cation Exchange Capacity" Applied Clay Science, Vol.12. No.1-2, P. 131.
3. Herdiana, H., Izazi,M., T., dan Rahayu, E., S., (2007), "Kinerja zeolit alam aktif dalam pengolahan air sadah", Jurusan Teknik kimia Polban.
4. Canggih P.,S., Resik, F., E., dan Rahayu, E., S. (2008) Implementasi zeolit alam dan zeolit aktif hasil proses aktivasi secara fisika untuk penyisihan kesadahan air, Jurusan Teknik Kimia Polban.
5. Nurdrajat, Iyan Haryanto, Johannes Hutabarat, (2009) " Abstrak dari Prospek dan Evaluasi Endapan Zeolit Di Daerah Cikalong, Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat" Kantor Litbang Unpad'.
6. Rahayu, E., S., Rahayu, R., R., Nuraeni, Y., (2008), " Pengaruh Temperatur dan *Holding Time* di Dalam *Furnace* Untuk Aktivasi Zeolit Terhadap KTK Zeolit Aktif" Journal Fluida Polban, Vol.6, NO.1, Hal 33-39.
7. Semmens, M.,J., Martin,W.,P., (1988), " Abstract of The influence of pretreatment on the capacity and selectivity of clinoptilolite for metal ion", Water Research Vol.22. Issue 5, May 1988, P. 537.
8. Sutopo, FX dkk, (1991), "Proyek pengembangan teknologi pengolahan bahan galian Tasikmalaya" PPTM.
9. US Patent 4401633(1983) "Two step process for preparation of zeolite A by hydrothermal treatment of heulandites".
10. Zi Yun LI, et al, (2003), " Effect of Alkali Treatment on the Structure and Catalytic Properties of ZSM-5 Zeolite", P 115-118.

PENINGKATAN KUALITAS REFRAKTORI ALUMINA SILIKAT UNTUK PELEBURAN KUNINGAN DENGAN TEKNIK INFILTRASI

Ferli S.Irwansyah¹, Juliandri¹, Iwan Hastiawan¹, Soewanto Rahardjo², Rifki Septawendar²

¹Laboratorium Anorganik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,

Jl. Raya Bandung Sumedang Km.21 Jatinangor 40600 Tlp/Fax (022) 7794391

²Balai Besar Keramik Jl. Jend Ahmad Yani No. 392 Bandung 40272 Tlp (022) 7206296

E-mail: ferli_q3a@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kebutuhan akan bahan refraktori untuk industri pengolahan dan peleburan logam semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Peleburan logam kuningan memerlukan krus keramik dengan ukuran besar yang dikenal dengan nama "kowi". Oleh karena itu, dibutuhkan suatu bahan refraktori dari bahan mentah lokal yang lebih berkualitas, yaitu memiliki tingkat porositas yang rendah, kerapatan yang tinggi, dan kekuatan mekanik yang tinggi. Pada penelitian ini dilakukan peningkatan kualitas refraktori alumina silikat sebagai bahan untuk pembuatan kowi peleburan logam kuningan dengan teknik infiltrasi. Bahan baku berupa kaolin, alumina dan magnesium oksida yang telah ditentukan komposisinya, diperam, dicetak, dibakar setengah matang, diinfiltrasi dengan variasi konsentrasi, dibakar kembali dan selanjutnya di uji sifat fisik dan sifat kimianya, serta digunakan instrumen Scanning Electron Microscope (SEM) untuk menunjukkan morfologi dari refraktori alumina silikat yang telah terinfiltrasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa refraktori alumina silikat meningkat kualitasnya dengan nilai porositas sebesar 11,36%, densitas sebesar 2,34 kg/m³, penyerapan air 4,85%, dan kekuatan mekanik sebesar 129,072 kg/cm² sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan "kowi" untuk peleburan logam kuningan di bidang industri.

Kata kunci: refraktori, refraktori alumina silikat, dan teknik infiltrasi

ABSTRACT

IMPROVEMENT REFRACTORY QUALITY OF ALUMINA SILICATE FOR BRASS SMELTING WITH INFILTRATION TECHNIQUE. Requirement of refractory materials for manufacturing industry and metal smelting is increasing along technology development. Brass smelting needs a larger size ceramic crucible which is known by the name "kowi". Therefore, it needed a refractory material from local raw materials are higher quality, which has a low porosity, high density, and high mechanical strength. In this study was conducted increasing refractory quality of alumina silicate as a material for manufacturing a brass smelting kowi by infiltration technique. The raw materials such as kaolin, alumina, and magnesium oxide that has been determinate composition were brooded, printed, half-baked burned, infiltrated with a various concentrations, and then burned again, physical and chemical characteristic testing, and also used a Scanning Electron Microscope (SEM) to show morphology of refractory alumina silicate that have been infiltrated. The result showed that refractory alumina silicate was increase the qualities with porosity value of 11,36%, density value of 2,34 kg/m³, water absorbent of 4,85%, and mechanical strength of 129,072 kg/cm² which can be used as "kowi" material for brass smelting industry.

Keywords: refractory, alumina silicate refractory, and infiltration technique

PENDAHULUAN

Di dunia industri, khususnya yang bergerak di bidang pengolahan dan peleburan logam sangatlah diperlukan suatu bahan yang tahan terhadap api (suhu tinggi), salah satu contohnya adalah dalam memproduksi kuningan dengan sistem cor, diperlukan suatu krusibel dari suatu refraktori sebagai peleburan logamnya. Pada kondisi saat ini, industri refraktori masih mengalami kesulitan dalam memenuhi kebutuhan bahan mentah lokal, karena mutunya tidak konsisten dan

kemampuan pasoknya kecil, serta hanya diusahakan oleh perusahaan kecil pertambangan (Suripto & Edwin, 2008) [1]. Dalam pemakaiannya, keawetan atau umur pakai refraktori ditentukan oleh mutu agregatnya yang tidak saja harus tahan terhadap suhu tinggi, tetapi juga harus *inert* atau tidak bereaksi secara kimia dengan leburan bahan padat dan gas yang bersinggungan dengannya. Untuk meningkatkan kinerja refraktori terutama di industri-industri yang mengoperasikan tungku atau dapur peleburan bahan logam atau

nonlogam, diperlukan bahan baku agregat yang memiliki stabilitas kimia dan fisika yang tinggi pada suhu operasi tinggi (di atas 1400°C) (Anonymous¹, 1985) [2].

Efek sentuhan leburan panas dari material yang dilebur menyebabkan terjadinya penetrasi, korosi, dan erosi leburan material ke badan refraktori. Akibatnya dalam waktu tertentu lapisan refraktori mengalami kerusakan sehingga memerlukan penggantian. Kerusakan refraktori juga terjadi akibat deformasi pada rangka alat pemanasnya karena variasi suhu dan adanya bagian-bagian yang lewat panas (*over heating*) ataupun karena operasi alat pemanas yang suhunya berubah dengan cepat dan tidak berlanjut. Intensitas kerusakan refraktori sangat tergantung kepada kondisi operasi alat pemanasnya yang sangat bervariasi (Bartha, 2008) [3].

Dibutuhkan suatu upaya untuk meningkatkan kualitas dari suatu refraktori yang dibuat dari bahan-bahan mentah lokal. Salah satunya adalah dengan cara teknik infiltrasi. Maka dari itu, dilakukan suatu penelitian dalam upaya peningkatan kualitas refraktori alumina silikat sebagai bahan untuk pembuatan kowi peleburan logam kuningan. Dengan teknik infiltrasi ini tingkat porositas dari kowi akan menurun, sehingga peleburan kuningan akan lebih optimal dikarenakan logam yang meleleh tidak masuk ke dalam badan refraktori.

Dengan keberhasilan dari penelitian ini, diperoleh data tentang peningkatan kualitas pembuatan kowi dari bahan mentah lokal, sehingga dapat membantu industri dalam penyediaan alat produksi yang relatif murah dan tersedia di dalam negeri.

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, maka permasalahan yang akan dikaji dititikberatkan pada :

1. Bagaimana meningkatkan kualitas refraktori alumina silikat yang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan kowi peleburan logam kuningan dengan teknik infiltrasi?
2. Bagaimana menguji refraktori baik secara kimia serta sifat fisik, dan keramik?

Maksud dari penelitian ini adalah meningkatkan kualitas dari refraktori alumina silikat dengan teknik infiltrasi sebagai krusibel peleburan logam kuningan, adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membandingkan kualitas antara refraktori alumina silikat yang dibuat dengan teknik infiltrasi dengan non infiltrasi.
2. Mengkarakterisasi hasil sintesis secara kimia, fisika, dan keramik.

TINJAUAN PUSTAKA

Refraktori

Pengertian Refraktori

Menurut terminologi ASTM-C-71-99a, refraktori (*refractory*) menurut pengertian bahasa berarti tahan terhadap temperatur tinggi. Menurut terminologi, refraktori didefinisikan sebagai bahan anorganik bukan logam yang memiliki sifat kimia dan fisika sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk bahan konstruksi struktur atau sebagai komponen suatu sistem yang dikenai lingkungan panas dengan suhu minimum 1000 °F (Anonymous², 2000) [4].

Refraktori Alumina Silikat

Seperti diketahui bahan refraktori adalah material non logam yang tahan terhadap suhu tinggi untuk waktu yang lama. Tergantung pada komposisinya salah satu kegunaan bahan refraktori adalah untuk peleburan logam. Bahan baku krusibel refraktori terdiri atas *ball clay*, kaolin, talk dan alumina.

Bahan-bahan refraktori dibuat dengan kombinasi dan bentuk yang bervariasi tergantung pada penggunaannya. Persyaratan-persyaratan umum bahan refraktori adalah tahan terhadap suhu tinggi, tahan terhadap perubahan suhu yang mendadak, tahan terhadap lelehan terak logam, kaca, gas panas, dan lain-lain, tahan terhadap beban pada kondisi perbaikan, tahan terhadap beban dan gaya abrasi, menghemat panas, memiliki koefisien ekspansi panas yang rendah, tidak boleh mencemari bahan yang bersinggungan (The Carbon Trust, 1993) [5].

Refraktori asam atau alumina silikat. Refraktori asam dapat disebut juga sebagai refraktori silika dan refraktori semi asam disebut juga refraktori alumina silikat dengan kandungan Al₂O₃ lebih dari 30%. Sedangkan sifat refraktori alumina silikat antara lain: konduktivitas suhu relatif rendah, koefisien muai panas kecil, tahan abrasi dan spalling serta tahan terhadap *slag* asam maupun *slag* basa (Subari & Rachman, 2002) [6].

Singer, F & S. Singer berpendapat bahwa untuk komposisi dalam perbandingan tertentu keramik yang mencapai suhu 1300 °C, pemakaian *ball clay* berkisar 15-25%. Apabila kadarnya lebih tinggi dari 25% mengakibatkan berkurangnya sifat dari badan keramik dan akan banyak timbul retak-retak. Demikian juga dengan penambahan talk yang merupakan pelebur yang baik dimana badan keramik akan cepat padat. Adanya unsur alumina dan silikat pada komposisi krusibel refraktori, memiliki fungsi masing masing seperti alumina akan meningkatkan titik lebur, meningkatkan kekuatan mekanik serta ketahanan terhadap abrasi. Sedangkan silika selain bersifat tahan api juga mengurangi penyusutan dan meningkatkan ketahanan asam (Singer & Singer, 1979) [7].

Teknik Infiltrasi

Porositas adalah hal yang unik dan menjadi masalah yang terjadi di dunia industri metalurgi. Banyak cara yang dilakukan untuk mengatasi masalah porositas tersebut, diantaranya dengan cara mengisi pori atau rongga tersebut dengan logam atau polimer. Secara umum ada dua klasifikasi teknik yang sering dilakukan untuk mengatasi masalah porositas tersebut, yaitu:

1. *Impregnation* (Pengisian)

Suatu teknik dengan cara mengisi pori oleh larutan minyak atau fluida lainnya yang dirembeskan atau ditembuskan ke dalam pori yang terbentuk ketika proses pembakaran. Cara lainnya adalah dengan melakukan pengisian dengan resin polimer yang akan meresap ke dalam ruangan pori dalam bentuk larutan.

2. *Infiltration* (Infiltrasi)

Suatu teknik pengisian pori dari suatu bahan keramik dengan menggunakan logam yang telah dicairkan. Beberapa hal penting dalam teknik infiltrasi, diantaranya adalah:

- Titik lebur dari logam yang akan diisikan ke dalam pori harus lebih rendah daripada titik lebur bahan keramik
- Melibatkan pemanasan dari logam yang akan diisikan dengan bahan keramik yang sebelumnya telah dibakar setengah matang (dalam bentuk biskuit) agar gaya kapilaritas dari logam pengisi dapat masuk ke dalam pori.
- Struktur hasil infiltrasi menjadi relatif tidak berpori (*non porous*) dan bagian yang telah terinfiltrasi memiliki densitas yang relatif lebih seragam, yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan

dari bahan yang telah diinfiltrasikan tersebut (Medraj, 2009) [8].

METODE PENELITIAN

Pembuatan krusibel refraktori alumina silikat dengan teknik infiltrasi

Bahan baku dengan ukuran butiran lolos ayakan 0,5-1,5 mm ditimbang sesuai komposisi pada Tabel 1. Kepada masing-masing komposisi ditambahkan bahan perekat, seperti CMC dan air antara 7-10% dari berat total bahan. Kemudian dilakukan pengadukan atau pencampuran sampai homogen sehingga terbentuk massa granulasi, setelah itu dilakukan pemeraman selama satu hari. Massa yang telah homogen setelah pemeraman disiapkan untuk proses pembentukan dengan metode *press*. Pencetakan dengan mesin *press hidrolik (hydraulic press machine)*. Massa granulasi yang dipakai sebanyak 80 gram dimasukkan ke dalam cetakan baja, kemudian ditekan dengan mesin *press hidrolik* pada tekanan 5 ton. Krusibel dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan pengeringan. Pengeringan dilakukan dalam suhu ruangan. Krusibel yang telah kering selanjutnya dibakar pada suhu 900 °C ditahan selama delapan jam (pembakaran biskuit).

Krusibel yang telah dibakar, dilapisi dengan zat penginfiltrasi dengan konsentrasi 5% yang terbuat dari bahan penyusunnya yang sebelumnya sudah dihaluskan terlebih dahulu dan diayak pada ukuran 325 mesh dan dilarutkan dalam air suling dengan penambahan *Water Glass* sebanyak 2%. Setelah itu, dibakar kembali pada suhu 1400 °C sampai zat penginfiltrasi masuk ke dalam pori - pori dari krusibel. Proses infiltrasi ini diulang dengan mengganti konsentrasi zat penginfiltrasinya (10%, 15%, 20%, dan 25%).

Tabel 1. Rancangan komposisi refraktori alumina silikat

Jenis Oksida	A (%)
SiO ₂ (diambil dari kaolin Belitung)	96,46
Alumina (Al ₂ O ₃)	3,84
Magnesium Oksida (MgO)	10,50

Keterangan : A = komposisi optimal hasil penelitian yang telah dilakukan (Suhanda & Soewanto, 2002) [9]

Pencetakan Benda Uji

Komposisi yang telah homogen dicetak dengan bentuk sesuai dengan uji yang akan dilakukan. Benda uji dibuat untuk uji kimia, fisik, mineral (morfologi), dan keramik. Dalam pembuatan benda uji dilakukan dengan menambahkan bahan perekat, seperti CMC dan air antara 7-10%. Untuk pencetakan digunakan alat *press* dengan tekanan antara 3-5 ton dan dicegah agar tidak laminasi atau hancur setelah keluar dari cetakan. Untuk uji ketahanan *slag*, benda uji dibuat dalam bentuk krus untuk dipakai melebur logam kuningan pada krus tersebut dan dilihat secara visual kemampuan menahan cairan dari leburan logam kuningan.

Pengeringan Benda Uji

Benda uji yang telah dibuat dikeringkan pada udara terbuka dan di oven pengering sampai contoh kering dan siap dibakar. Suhu pengeringan diatur mulai 300 °C – 100 °C.

Infiltrasi Benda Uji

Krusibel yang telah dibakar, dilapisi dengan zat penginfiltrasi dengan konsentrasi 5% yang terbuat dari bahan penyusunnya yang sebelumnya sudah dihaluskan terlebih dahulu dan diayak pada ukuran 325 mesh dan dilarutkan dalam air suling dengan penambahan *Water Glass* sebanyak 2%. Setelah itu, dibakar kembali pada suhu 1400 °C sampai zat penginfiltrasi masuk ke dalam pori-pori dari krusibel. Proses infiltrasi ini diulang dengan mengganti konsentrasi zat penginfiltrasinya (10%, 15%, 20%, dan 25%).

Pembakaran Benda Uji

Benda uji yang telah diinfiltrasi dibakar menggunakan tungku gas atau *gas kiln* pada suhu 1400 °C pembakaran sampai didapat hasil bakaran yang optimal. Dalam proses pembakaran ini, suhu pembakaran, trayek pembakaran dan kondisi pembakaran akan dicatat dan dievaluasi sebagai bahan kajian.

Pengujian sifat kimia, fisik, dan keramik

Produk hasil pembakaran benda uji, dilakukan uji sifat kimia, untuk mengetahui struktur morfologi dari pembentukan refraktori tersebut dengan menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM). Selain itu dilakukan uji fisik (porositas, densitas, penyerapan air, dan kekuatan mekanik) serta uji keramik untuk mengetahui kehandalan dari

refraktori yang disintesis dari sifat-sifat keramikanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk membuktikan terjadinya peningkatan kualitas dari refraktori alumina silikat yang telah diinfiltrasi, maka dilakukanlah beberapa uji terhadap sifat fisik, kimia, dan keramikanya. Parameter peningkatan kualitas refraktori alumina silikat ini dibatasi oleh peningkatan densitas, penurunan porositas dan penyerapan air, peningkatan kekuatan dan bentuk morfologi yang lebih rapat dan homogen. Untuk menghitung densitas, porositas, dan penyerapan air dibutuhkan data berat kering, berat basah, dan berat dalam air dari benda uji atau krus yang akan diamati sifat – sifat fisiknya. Hal tersebut dilakukan dengan menimbang berat benda uji dan krus dengan neraca analitis pada saat kondisi kering, di dalam air dan basah.

Perhitungan untuk menentukan besarnya kekuatan mekanik dari refraktori tersebut pun dilakukan dengan menggunakan suatu alat penentu kuat lentur bahan keramik (*bending press machine*). Hasil dari penggunaan alat tersebut akan menghasilkan data berat beban, lebar patahan, dan tinggi patahan. Adapun rumus yang digunakan dalam mencari kekuatan mekanik pada refraktori tersebut adalah :

$$\text{Kekuatan} = \frac{3GP}{2L(T)^2}$$

dengan, G = Berat beban / Kg
P = penumpu (10 cm)
L = lebar patahan / cm
T = tinggi patahan / cm

Pada uji kekuatan ini, dilakukan pula uji gores untuk memperlihatkan kekerasan dari suatu bahan keramik. Uji dilakukan dengan cara menggoreskan batuan mineral alam yang sudah disediakan menurut tingkat kekerasannya (dalam skala mosh). Skala itu menunjukkan 1 untuk terlunak dan 10 untuk terkeras. Kekerasan suatu bahan diukur dengan mencari bahan terkeras yang dapat digores oleh bahan yang diukur, dan/atau bahan terlunak yang dapat menggores bahan yang diukur. Tabel di bawah ini menunjukkan perbandingan dengan kekerasan mutlak yang diukur oleh sklerometer.

Refraktori yang sudah diinfiltrasi, dapat tergores oleh batuan *quarz*. Hal ini berarti

tingkat kekerasan untuk refraktori yang sudah diinfiltrasi mencapai angka 6 - 7 pada skala mosh (6,5 mosh). Refraktori ini memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan refraktori yang tidak diinfiltrasi yang hanya mencapai angka 3 – 4 pada skala mosh (3,5 mosh). Sekali lagi ini menunjukkan peningkatan kualitas dari refraktori alumina silikat yang telah diinfiltrasi dengan ditandainya peningkatan kekerasan dari refraktori itu sendiri.

Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung besarnya densitas, porositas, dan penyerapan air. Untuk menghitung densitas digunakan rumus :

$$\text{Densitas} = \frac{BK}{BB - BDA}$$

sedangkan untuk mencari porositas dan penyerapan air dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$\text{Porositas} = \frac{BB - BK}{BB - BDA} \times 100 \%$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{BB - BK}{BK} \times 100 \%$$

Tabel 2. Urutan Kekuatan Mineral (dalam skala Mosh)

Skala	Mineral	Kekerasan Mutlak
1	Kapur ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)	1
2	Gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	2
3	Kalsit ($CaCO_3$)	9
4	Fluorit (CaF_2)	21
5	Apatit ($Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$)	48
6	Feldspar ($KAlSi_3O_8$)	72
7	Quartz (SiO_2)	100
8	Topaz ($Al_2SiO_4(OH, F)_2$)	200
9	Korundum (Al_2O_3)	400
10	Batu permata (C)	1500

Tabel 3. Data Uji Kekuatan Refraktori

No	Konsentrasi Infiltran	Berat Beban (G) / Kg	Lebar (L) / cm	Tinggi (T) / cm
1	Tanpa Infiltran	15,13	2,074	1,118
2	5 %	19,25	2,033	1,049
3	10 %	12,00	2,026	1,059
4	15 %	8,00	2,076	1,110
5	20 %	9,00	2,074	1,118
6	25 %	8,13	2,090	1,118

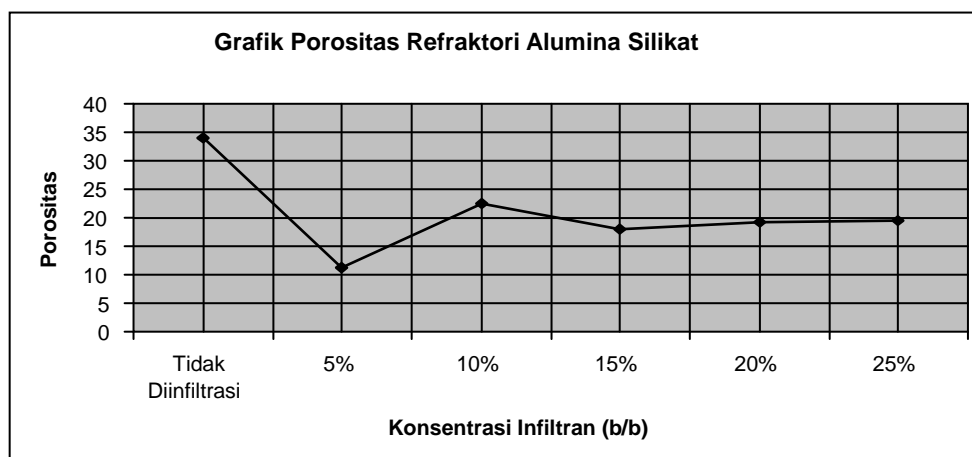
Tabel 4. Sifat Fisik Refraktori Alumina Silikat Terinfiltrasi dan Tidak Terinfiltrasi

No	Konsentrasi Infiltran	Densitas Kg/m ³	Porositas %	Penyerapan Air %	Kekuatan Kg/cm ²
1	Tidak Diinfiltrasi	1.86	33.94	18.29	87.517
2	5%	2.34	11.36	4.85	129.072
3	10%	2.16	22.61	10.44	79.221
4	15%	2.23	18.07	8.11	46.915
5	20%	2.23	19.37	8.70	52.076
6	25%	2.21	19.44	8.81	46.654

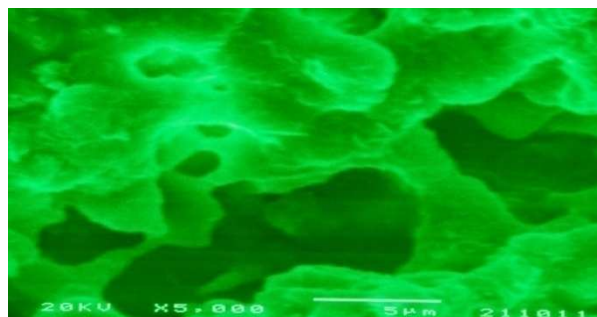
Pada tabel di atas dapat ditunjukkan bahwa terjadi peningkatan densitas dan kekuatan serta terjadinya penurunan porositas dan penyerapan air pada refraktori yang telah diinfiltrasi. Kualitas terbaik dihasilkan oleh refraktori yang diinfiltrasi dengan infiltran berkonsentrasi 5%. Terjadi peningkatan densitas dari $1,86 \text{ kg/m}^3$ menjadi $2,34 \text{ kg/m}^3$, adanya penurunan porositas dan penyerapan air dari 33,94% dan 18,29% menjadi 11,36% dan 4,85%. Ini menunjukkan bahwa infiltran telah berhasil masuk ke dalam pori refraktori. Berkaitan dengan pengaruh variasi konsentrasi, data tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi di atas 5% tidak memberikan pengaruh yang signifikan atau relatif sama. Hal ini berarti bahwa konsentrasi encer lebih optimal untuk dapat masuk ke dalam pori refraktori dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih pekat, walaupun infiltran dengan konsentrasi di atas 5% pun dapat menurunkan tingkat porositas jika

dibandingkan dengan refraktori yang tidak diinfiltrasi.

Sebenarnya, jika dilihat dari data yang dihasilkan terlihat bahwa peningkatan kualitas dari refraktori ini tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan proses pembakaran yang kurang sempurna dan kondisi suhu tungku yang berbeda di setiap ruang dalam tungku tersebut. Hal ini menyebabkan tidak semua benda uji mendapatkan suhu yang sama yaitu 1400°C , ada beberapa benda uji yang mendapatkan suhu di bawah suhu 1400°C . Belum lagi pada tahap *soaking periode* atau penahanan suhu yang dilakukan tidak terlalu lama, biasanya tahap ini dilakukan minimal selama dua jam. Faktor – faktor itulah yang menyebabkan tidak optimalnya pengaruh teknik infiltrasi terhadap peningkatan suatu refraktori khususnya pada refraktori alumina silikat ini.



Gambar 1. Grafik Hubungan Porositas Dengan Konsentrasi Infiltran



Gambar 2. Refraktori Alumina Silikat yang tidak diinfiltrasi

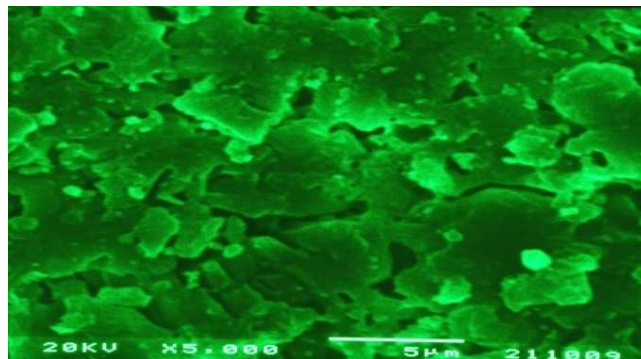
Hasil proses infiltrasi pada refraktori alumina silikat, secara *visual* dapat terlihat bahwa infiltran hanya dapat masuk ke dalam pori yang berada pada permukaan refraktori saja. Hal ini dapat disebabkan oleh partikel infiltran yang tidak dapat mengisi pori pada refraktori atau kurangnya tekanan yang dapat membuat penetrasi infiltran untuk masuk ke dalam pori tidak maksimal. Untuk itu dilakukan analisa terhadap morfologi pada permukaan refraktori yang sudah terinfiltrasi untuk membuktikan bahwa infiltran telah masuk ke dalam pori pada permukaan refraktori tersebut. Gambar 2 menunjukkan hasil analisa SEM pada refraktori alumina silikat yang tidak diinfiltrasi. Agar dapat dibandingkan dengan morfologi refraktori yang diinfiltrasi, maka analisa dilakukan pada bagian permukaan refraktori saja dengan pembesaran 5.000 kali sama halnya seperti analisa yang dilakukan pada morfologi permukaan refraktori yang sudah diinfiltrasi.

Gambar tersebut juga menunjukkan ukuran pori yang cukup besar yaitu sekitar lebih dari 10 μm . Porositas adalah suatu akibat yang selalu dihasilkan dari proses pembakaran suatu bahan keramik, namun setiap proses pembakaran tersebut dapat menimbulkan

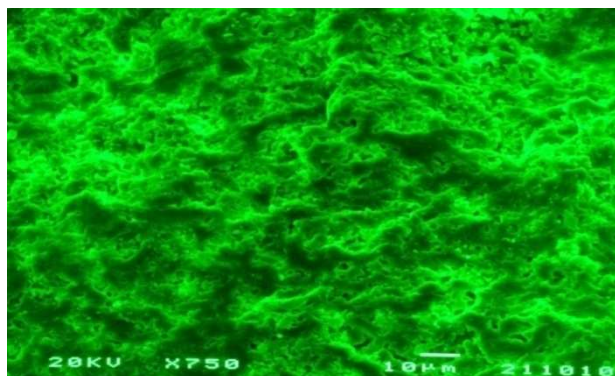
porositas yang berbeda – beda. Pori itulah yang nantinya akan diisi dan ditutupi oleh infiltran yang berhasil masuk ke dalam pori permukaan pada refraktori tersebut.

Gambar 3 menunjukkan hasil analisa SEM terhadap morfologi refraktori alumina silikat yang sudah diinfiltrasi. Analisa tersebut dilakukan pada permukaan refraktori dengan pembesaran yang sama dengan sebelumnya yaitu 5000 kali. Dapat terlihat secara jelas perbedaan antara morfologi permukaan refraktori yang diinfiltrasi dengan yang tidak terinfiltrasi. Daerah yang terinfiltrasi memperlihatkan morfologi yang lebih rapat dan relatif homogen. Hal ini membuktikan bahwa infiltran yang dapat masuk ke dalam pori permukaan berasal dari mineral yang sama dengan bahan penyusun refraktori tersebut, yang ditunjukkan oleh bentuk morfologi yang homogen atau serupa.

Dapat terlihat pula ukuran pori yang lebih kecil daripada ukuran pori pada morfologi yang tidak terinfiltrasi. Pada Gambar 3 tersebut dapat diperkirakan ukuran pori hanya mencapai kurang lebih 1 μm , sepuluh kali lipat jauh lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori yang tidak terinfiltrasi.



Gambar 3. Refraktori Alumina Silikat yang sudah diinfiltrasi



Gambar 4. Daerah yang terinfiltrasi dan yang tidak terinfiltrasi pada satu sampel

Pada proses infiltrasi ini ternyata infiltran hanya dapat masuk ke dalam pori pada permukaan refraktori saja, sehingga bagian dalam dari refraktori itu sendiri belum terinfiltrasi, maka dapat dikatakan pula bahwa kekuatan pada bagian permukaan akan lebih baik jika dibandingkan dengan bagian dalamnya.

Oleh karena itu, pada Gambar 4 akan ditunjukkan bahwa pada satu sampel akan terdapat bagian yang sudah terinfiltrasi dan ada juga bagian yang belum dapat terinfiltrasi. Perbandingan morfologi antara daerah yang sudah terinfiltrasi dengan daerah yang belum terinfiltrasi pada satu sampel hanya dapat terlihat pada pembesaran 750 kali. Dapat terlihat bahwa daerah yang sudah terinfiltrasi nampak relatif lebih gelap dibandingkan dengan daerah yang belum terinfiltrasi yang pada gambar tersebut terlihat lebih terang. Hal ini disebabkan bahwa bagian gelap tersebut menunjukkan bahwa pori – porinya telah tertutupi oleh infiltran, sedangkan bagian yang lebih terang menunjukkan bahwa ukuran pori – pori masih besar dan tidak tertutupi oleh mineral tertentu. Pembuktiannya dapat diperlihatkan pada gambar sebelumnya yaitu gambar 4.2 dan 4.3 yang sudah mengalami pembesaran 5000 kali sehingga dapat terlihat secara jelas perbedaan morfologi antara daerah yang sudah terinfiltrasi dengan daerah yang belum terinfiltrasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terjadi peningkatan kualitas refraktori alumina silikat yang sudah diinfiltrasi jika dibandingkan dengan refraktori alumina silikat yang tidak diinfiltrasi.
2. Refraktori alumina silikat yang sudah diinfiltrasi dengan konsentrasi infiltran 5% memiliki densitas sebesar 2,34 g/cm³, porositas sebesar 11,36%, penyerapan air 4,85%, kekuatan sebesar 129,072 kg/cm², dan morfologi yang rapat dan relatif homogen, sedangkan refraktori alumina silikat yang tidak diinfiltrasi

memiliki densitas sebesar 1,86 kg/m³, porositas sebesar 33,94%, penyerapan air 18,29%, kekuatan sebesar 87,517 kg/cm², dan morfologi pori yang tidak rapat dengan ukuran pori yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Suropto & F. Edwin. 2008. Pengembangan bahan mentah lokal untuk industri refraktori. *Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia*. 17(1), 12-16.
2. Anonymous¹. 1985. *Refractory Manufacturing Technology*. Minoyogyo Co.Ltd. Nagoya.
3. Bartha, P. 2008. The Cement Rotary Kiln and Its Refractory Lining. *Inter-ceram, Refractories Manual*. P.14-17.
4. Anonymous², ASTM C71-99a. 2000. Standard terminology relating to refractories. *Annual Books of ASTM Standar*. 15(1).
5. The Carbon Trust. Energy Efficiency Office, UK Government. 1993. *Good Practice Guide 76 –Continuous Steel Reheating Furnaces: Specification Design and Equipment*. www.thecarbontrust.co.uk/energy/pages/home.asp.
6. Subari & C. Rachman. 2002. Refraktori asam dan alumina silikat. *Informasi Teknologi dan Gelas*. 23(84-85), 17-20.
7. Singer, F & S Singer. 1979. *Industrial Ceramics*. Chapman and Hall. London.
8. Medraj, M. 2009. *Powder Metallurgy*. Mech Eng.Dept. - Concordia University. Montreal.
9. Suhandha & S. Rahardjo. 2002. Sintesis dan Karakterisasi Alkorit Hasil Sistem Campuran Bahan Mentah dan Semi Aktif. *Jurnal Nusantara Kimia*. 9(1), 41-46.
10. Bureau of Energy Efficiency. 2005. *Energy Efficiency in Thermal Utilities*. Ministry of Power. India.

PENGHILANGAN LOGAM BERAT DALAM LARUTAN DENGAN ZEOLIT ALAM

Saryati, Supardi, Supandi S*, Rohmad S

Bidang Bahan Industri Nuklir-PTBIN-BATAN
Email: supandi_1@yahoo.com; ssuminta@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mempelajari pengaruh proses aktivasi zeolit alam secara kimia terhadap efisiensi penghilangan logam berat (%) dan komposisi kimia zeolit alam. Larutan 0,5M HCl, NH₄OH, KOH dan NaOH digunakan sebagai aktivator. Larutan logam berat (Cu, Cd, Pb, Zn, Fe dan Mn) 50 ppm digunakan sebagai sampel. Komposisi kimia zeolit dilihat secara semi-kuantitatif dengan menggunakan peralatan SEM-EDX. Diperoleh hasil bahwa perbandingan Si/Al turun karena aktivasi dengan basa dan naik karena aktivasi dengan asam. Efisiensi zeolit tanpa aktivasi dengan bahan kimia dalam pembuangan ion logam berat dalam air mencapai diatas 80% untuk Cd, Pb, Cu dan Fe, 44% untuk Zn dan 21% untuk Mn. Aktivasi zeolit alam dengan asam umumnya menurunkan efisiensi, kecuali untuk Fe dan Pb, sedangkan aktivasi dengan garam dan basa umumnya menaikkan efisiensi pembuangan logam berat.

Kata kunci: zeolit, difraksi sinar-X, dan logam berat

ABSTRACT

HEAVY METAL REMOVAL AT SOLUTION WITH NATURAL ZEOLITE. This research studied the effect of chemical activation processes of natural zeolite to heavy metal removing efficiency (%) and chemical composition of natural zeolite. The solutions 0,5M of HCl, NH₄OH, KOH and NaOH was used as an activator. Heavy metal solutions (Cu, Cd, Pb, Zn, Fe and Mn) of 50 ppm was used as sample. Chemical composition of zeolite was viewed semi-quantitatively using a SEM-EDX. The result indicate that Si/Al ratio was decreased because alkali activity and increased because the acid activity. The efficiency of zeolite without chemical activation on disposal heavy metals in water reached above 80% for Cd, Pb, Cu and Fe, 44% for Zn and 21% for Mn. Activation of natural zeolite with acid generally reduce the efficiency, except Fe and Pb, whereas activation with mineral salts and alkaline generally increase disposal heavy metal efficiency.

Keywords: zeolite, X-ray diffraction, and heavy metals

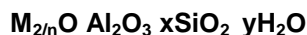
PENDAHULUAN

Peningkatan tingkat pencemaran logam berat yang berasal dari limbah industri, merupakan ancaman yang serius pada kesehatan penduduk, sumber kehidupan dan sistem ekologi. Walaupun ada banyak sumber logam berat, tetapi sektor industri merupakan sumber pencemaran yang spesifik, merupakan sumber pencemaran lingkungan dengan logam berat dan berbahaya ini [1-7]. Ion-ion logam seperti Pb⁺⁺, Cu⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, and Cr⁺⁺⁺ mempunyai tendensi terakumulasi dalam organisme, menyebabkan beberapa penyakit dalam tubuh makhluk hidup [4].

Beberapa proses untuk menghilangkan logam berat yang terlarut telah baku, termasuk penukar ion, pengendapan, penyaringan, osmose dan elektrodialisi [1-4]. Diantara beberapa proses penghilangan logam berat

tersebut, proses penukar ion dengan zeolit alam terlihat lebih menarik. Zeolit alam juga mendapat perhatian yang signifikan diantara ilmuwan, terutama karena kemampuan penukar ionnya yang istimewa. Deposit zeolit alam sangat banyak di beberapa Negara, sehingga menjanjikan beberapa keuntungan bagi industri lokal, seperti efisiensi biaya, karena dapat mengolah limbah dengan biaya rendah [3]. Akhir-akhir ini zeolit alam telah dipelajari secara intensif karena aplikasinya dalam penghilangan logam berat dalam larutan secara kuantitatif dengan menggunakan fenomena penukar ion [1-12]. Dalam industri zeolit dapat digunakan dalam bermacam macam proses, seperti penyaringan molekul, penukar ion, adsorber dan katalis. Dalam penghilangan kation dari air limbah industri dilaporkan bahwa zeolite, khususnya *clinoptilolite* mempunyai kemampuan yang kuat untuk ion-ion logam berat [7,9].

Zeolite adalah senyawa kristalin aluminosilikat hidrat dengan logam alkali tanah serta mempunyai rumus kimia sebagai berikut:



Dengan M adalah kation yang dapat dipertukarkan dengan valensi n. M umumnya ion golongan I atau II, juga logam lain, bukan logam dan kation organik yang dapat memberikan keseimbangan dari muatan negative dari Al dalam struktur. Dalam kerangka struktur mengandung bentuk sangkar dan pori-pori dengan ukuran tertentu yang umumnya tertutup oleh kation dan molekul air [4, 6, 7].

Ada beberapa faktor yang menentukan kemampuan zeolit dalam proses penyerapan dan penukar ion, seperti perbandingan Si/Al dalam struktur zeolit, volume dan ukuran pori-pori, volume, ukuran dan bentuk sangkar dalam struktur zeolit. Oleh karena itu, untuk dapat dipergunakan sebagai bahan penyerap/penukar ion, zeolit alam perlu diaktivasi/dimodifikasi baik secara kimia maupun fisika, dengan tujuan selain memperbesar pori-pori juga melarutkan beberapa ion logam yang tidak bermanfaat dan mengganti dengan ion logam yang diinginkan [9,10].

Dalam makalah ini dilaporkan pengaruh proses pada komposisi zeolit dan unjuk kerja zeolit dalam penghilangan logam berat (Cu, Cd, Pb, Zn) dari larutan. Komposisi kimia zeolit dilihat dengan menggunakan peralatan analisis energi dispersif sinar X (EDX) dan kemampuan penghilangan metal dipelajari dari perbedaan konsentrasi metal dalam larutan sebelum dan sesudah dikontakkan dengan zeolit dan dinyatakan dalam efisiensi penghilangan (%) yang dihitung dengan persamaan:

$$\text{Efisiensi (\%)} = (C_i - C_f)/C_i \times 100\%$$

Dengan C_i adalah konsentrasi ion awal (ppm), C_f adalah konsentrasi ion akhir (ppm).

PERCOBAAN

Bahan

Serbuk zeolit pasaran dari Lampung dan beberapa larutan standar ion dalam air seperti Cu, Cd, Pb, Zn, Fe dan Mn serta HCl, NH_4OH dan KOH (dari Merck).

Alat

Perangkat peralatan polarografi EG&G PAR M 384B, yang dilengkapi dengan SMDE EG&G PAR M303A. Perangkat peralatan *Spectroscopy Electron Microscopy* – SEM yang dilengkapi dengan peralatan analisis energi dispersif sinar X –EDX dari JEOL dan perangkat peralatan XRD dari Simatsu.

Cara kerja

Serbuk zeolit diayak, dipilih yang lolos ayakan 40 mesh tertahan pada ayakan 60 mesh, kemudian dicuci bersih sampai air tapisnya jernih, dikeringkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu $100^{\circ}C$ selama ± 3 jam. Selanjutnya ditimbang 25 gram zeolit kering direndam dalam larutan pengaktif selama 1 – 4 hari pada suhu $80^{\circ}C$ dan digunakan larutan 0,5 M HCl, NH_4Cl , KOH dan NaOH sebagai pengaktif. Setelah direndam, dicuci sampai bebas Cl dan OH, kemudian dipanaskan dalam furnace suhu $400^{\circ}C$ selama 4 jam.

Zeolit aktif ini digunakan dalam penghilangan logam berat dari larutan. Struktur kristal zeolit diamati dengan *X-ray diffraction (XRD)* dan komposisi kimia zeolit diamati dengan *Spectroscopy Electron Microscopy* – SEM yang dilengkapi dengan peralatan analisis energi dispersif sinar X -EDX.

Penghilangan ion logam dengan zeolit alam dilakukan dengan sisten catu, menggunakan 1 g of zeolit dengan 50 ml larutan yang mengandung ion logam berat dengan konsentrasi 50 ppm pada temperatur ruang dalam botol erlenmeyer, dikocok selama 5 jam. Konsentrasi logam berat dalam larutan ditentukan sebelum dan sesudah kontak dengan zeolit, dengan metoda voltametri [13].

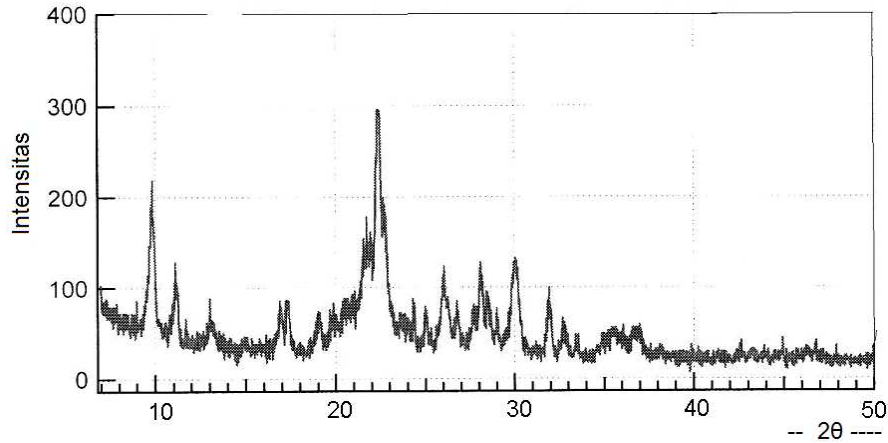
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pola difraksi sinar X dalam Gambar 1, zeolit alam yang digunakan ini dapat diidentifikasi sebagai *clinoptilolite* karena mempunyai tiga puncak yang karakteristik pada $2\theta = 9.89, 22.45$ and 30 [2].

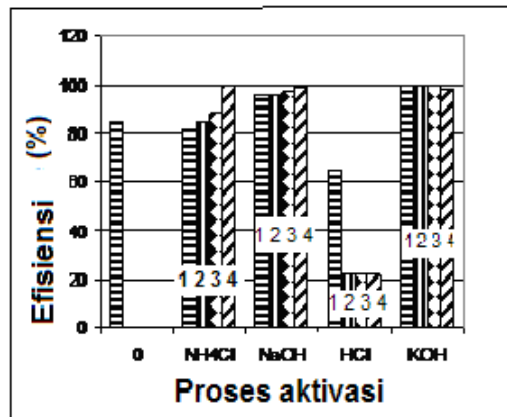
Kemampuan zeolit dalam penghilangan logam berat (Cu, Cd, Pb, Cd, Zn, Fe, Mn) dari larutan yang yang dihitung dari konsentrasi logam berat sebelum dan sesudah kontak dengan zeolit yang dinyatakan dengan efisiensi (%) terlihat dalam Gambar 2-7. Terlihat bahwa zeolit tanpa aktivasi secara

kimia menunjukkan efisiensi penghilangan logam berat cukup bagus untuk Cu, Cd, Pb dan Fe (diatas 80 %), sedangkan untuk Zn, dan Mn hanya 44% dan 21%. Efisiensi penghilangan logam berat ini dipengaruhi oleh bahan kimia yang digunakan untuk aktivasi. Lama perendaman dalam proses aktivasi dengan asam/basa tidak menunjukkan perbedaan efisiensi yang berarti. Aktivasi dengan basa dapat meningkatkan efisiensi

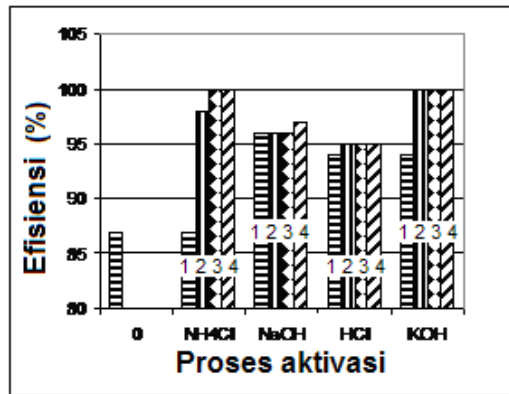
penghilangan Zn dan Mn, sedangkan aktivasi dengan HCl, secara umum menurunkan efisiensi kecuali untuk Pb dan Fe. Aktivasi dengan NH_4Cl meningkatkan efisiensi untuk Mn lebih dari 60%. Perubahan efisiensi ini sesuai dengan pustaka [10-12], yang menyatakan bahwa kemampuan penyerapan dan penukaran ion zeolit dipengaruhi oleh perbandingan Si/Al dalam struktur zeolit.



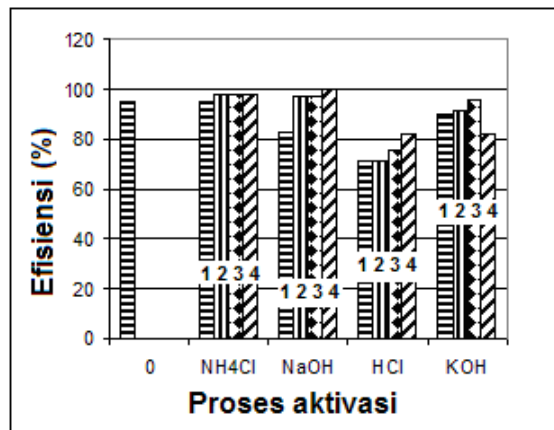
Gambar 1. Pola difraksi sinar X zeolit alam dalam daerah region $2\theta = 5 - 50$



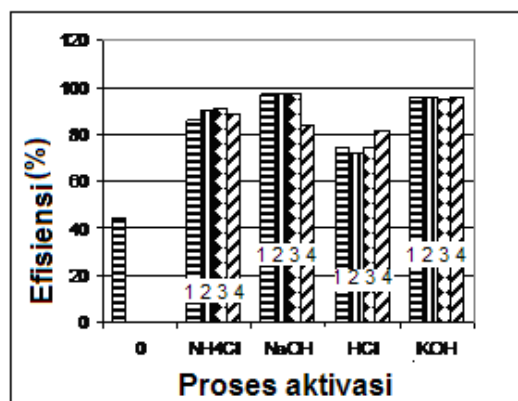
Gambar 2. Efisiensi penghilangan Cu dengan zeolit alam tanpa aktivasi dengan bahan kimia (0) dan zeolit yang telah diaktivasi dengan bahan kimia (NH_4Cl , NaOH , HCl , KOH). Lama proses aktivasi 1, 2, 3 dan 4 hari



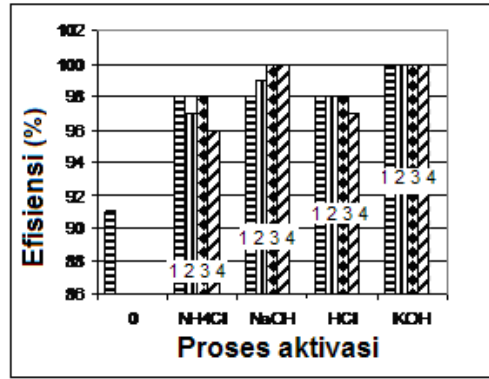
Gambar 3. Efisiensi penghilangan Pb dengan zeolit alam tanpa aktivasi dengan bahan kimia(0) dan zeolit yang telah diaktivasi dengan bahan kimia(NH₄Cl. NaOH, HCl, KOH) . Lama proses aktivasi 1, 2, 3 dan 4 hari



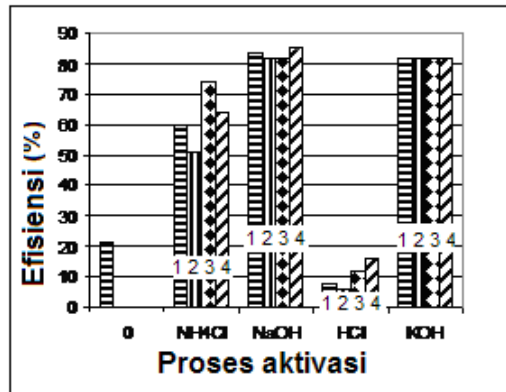
Gambar 4. Efisiensi penghilangan Cd dengan zeolit alam tanpa aktivasi dengan bahan kimia(0) dan zeolit yang telah diaktivasi dengan bahan kimia(NH₄Cl. NaOH, HCl, KOH) . Lama proses aktivasi 1, 2, 3 dan 4 hari



Gambar 5. Efisiensi penghilangan Zn dengan zeolit alam tanpa aktivasi dengan bahan kimia (0) dan zeolit yang telah diaktifasi dengan bahan kimia(NH₄Cl. NaOH, HCl, KOH) . Lama proses aktivasi 1, 2, 3 dan 4 hari



Gambar 6. Efisiensi penghilangan Fe dengan zeolit alam tanpa aktivasi dengan bahan kimia (0) dan zeolit yang telah diaktivasi aktivasi dengan bahan kimia(NH_4Cl . NaOH , HCl , KOH) . Lama proses aktivasi 1, 2, 3 dan 4 hari



Gambar 7. Efisiensi penghilangan Mn dengan zeolit alam tanpa aktivasi dengan bahan kimia(0) dan zeolit yang telah diaktivasi dengan bahan kimia (NH_4Cl . NaOH , HCl , KOH) . Lama proses aktivasi 1, 2, 3 dan 4 hari

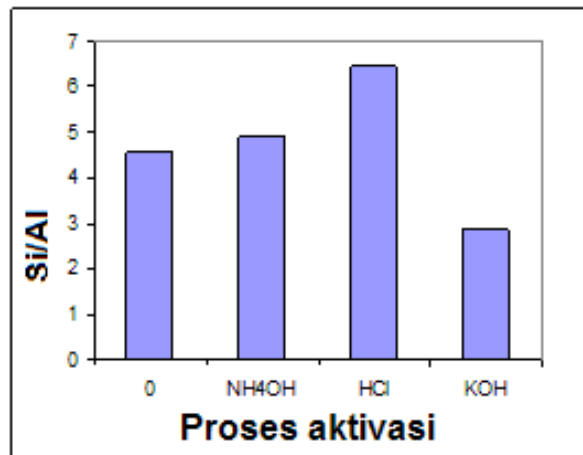
Dari Tabel 1, hasil analisis semikuantitatif komposisi kimia zeolit dengan SEM-EDX terlihat bahwa % Al menjadi kecil setelah perlakuan dengan asam dan menjadi besar pada perlakuan dengan basa, sehingga dengan demikian perbandingan Si/Al menjadi kecil pada perlakuan dengan basa dan menjadi besar pada perlakuan dengan asam.

Sedangkan perlakuan dengan garam (NH_4Cl) hanya sedikit lebih besar dari tanpa perlakuan dengan bahan kimia, seperti terlihat pada Gambar 8. Kenyataan ini sesuai dengan pustaka [11,12], yang menyatakan bahwa perlakuan dengan basa akan melarutkan Si dan perlakuan dengan asam akan terjadi dealuminasi.

Tabel 1. Kandungan unsur (% masa) dalam zeolit alam yang ditentukan secara semikuantitatif dengan SEM-EDX

Proses Aktivasi	% masa									
	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe	Zn	Cu
0	48,67	1,95	-	9,34	36,76	1,51	1,58	3,9	-	-
NH_4OH	47,65	-	-	8,12	39,73	1,61	-	2,89	-	-
HCl	43,95	-	0,22	4,55	29,33	2,39	0,96	2,55	1,77	3,14
KOH	46,82	1,97	1,10	10,62	30,29	2,26	2,24	4,91	0,79	-

Keterangan: 0 = aktivasi tanpa bahan kimia, hanya pemanasan



Gambar 8. Perbandingan Si/Al dalam zeolit alam yang diaktivasi dengan NH₄Cl, HCl, KOH

KESIMPULAN

1. Zeolit alam dari lampung mengandung zeolit tipe *clinoptilolite*
2. Efisiensi zeolit tanpa aktivasi dalam pembuangan ion logam berat dalam air sampai diatas 80% untuk Cd,Pb,Cu dan Fe , 44% untuk Zn dan 21% untuk Mn.
3. Perbandingan Si/Al turun karena aktivasi dengan basa dan naik karena aktivasi sengan asam.
4. Aktivasi zeolit alam dengan asam umumnya menurunkan efisiensi, kecuali untuk Fe dan Pb. Aktivasi dengan garam dan basa umumnya menaikkan efisiensi pembuangan logam berat. Lama proses aktivasi tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.

DAFTAR PUSTAKA

1. MARINOS A. STYLIANOU et all, 2007, Removal of Cu(II) in bed and bath reactors using natural zeolite and exfoliated vermiculite as adsorbents, *Desalination* 215, 133-142.
2. ACHANAI BUASRI et all, 2008, Use of natural clinoptilolite for the removal of lead(II) from wastewater in batch experiment, *Chiang Mai J. Sci.* 35 ,3, 447 – 456.
3. MIRJANA MINCEVA et al., 2007, Removal of Zn⁺⁺, Cd⁺⁺ and Pb⁺⁺ from binary aqueous solution by natural zeolite and granulated activated carbon, *Macedonian Journal of Chemistry and chemical engineering*, 26, 2, 125 – 134.
4. E ERDEN, N KARAPINAR, R. DONAT, 2004, The removal of heavy metal cations by natural zeolites, *Journal of Colloid and Interface Science* 280, 309 - 314.
5. ONA GYLIENE, SIGITA VISNIAKOVA, 2008, Heavy Metal Removal from Solution Using Natural and Synthetic Sorbents, *Environmental Research, Engineering and Management* 1, 43, 28 – 34
6. M.M. RAHMAN, N. HASNIDA and WAN NIK, 2009, Preparation of Zeolite Using Local Raw Material Rice Husk as a Silica Source, *J. Sci. Res* 1, 2, 285-291.
7. SEVGI KOCAOBA and YUKSEL ORHAN, 2009, Heavy metal adsorption by clinoptilolite from aqueous solutions, <http://www.gisig.it/eco.imagins/kacaoba.pdf>.
8. A.CHOJNACKI et al., 2004, The Application of Natural Zeolites for Mercury Removal: From laboratory tests to industrial scale, *Minerals Engineering* 12, 933 – 937.
9. CRISTIANE DA ROSTA OLIVEIRA, JORGE RUBIO, 2007, Adsorption of ions onto treated natural zeolite, *Mat. Res.* 10, 4.
10. TAMSIL LAS, 1999, Prospek Penggunaan Zeolit dalam bidang Industri dan Lingkungan, *Prosiding Seminar HKI, Serpong*.
11. SCHOKS,M.R, 1990, Water Quality and treatment, *A Hand Book of Community Water Suplies*, 4th ed, Mc Graw-Hill Inc, New York.

12. TSITSISHVILI G.V, ANDRONIKASHVILI T.G, 1992, Natural Zeolite, Ellis Horwood, New York.
13. SARYATI *et al.*, 2005, The water chemistry development of cooling reactor, Indonesian Journal of Materials Science, Vol 6, 3.

SINTESIS MATERIAL NANOPORI ZEOLIT (ZSM-5) DARI COAL FLY ASH

Bambang Sunendar Purwasasmita^{*)}, Agung Kurnia^{**)}, Arie Wibowo^{*)},

^{*)} Kelompok Keahlian Teknik Fisika, Prodi Teknik Fisika FTI, ITB

^{**)} Program Studi Teknik Material, FTMD, ITB

Email: purwa@tf.itb.ac.id

ABSTRAK

Coal fly ash (CFA) merupakan limbah pemakaian batu bara yang membutuhkan perhatian serius dalam penanganannya karena jumlahnya yang sangat besar dan mengandung substansi yang berbahaya terhadap lingkungan. Salah satu metode pengolahan limbah CFA yang menarik adalah memanfaatkan CFA sebagai bahan baku zeolit karena CFA kaya akan silika dan alumina. Dalam penelitian ini, CFA dimanfaatkan sebagai bahan baku sintesis nanoporous zeolit (ZSM-5) sehingga diharapkan dapat menjadi solusi dalam penanganan limbah CFA sekaligus menghasilkan material berharga yang banyak dibutuhkan pada berbagai aplikasi. Berdasarkan hasil karakterisasi XRD dan SEM, diketahui bahwa struktur ZSM-5 dan zeolit lain ($\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}\cdot 27\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Na}_{0,3}\text{Al}_{2,564}\text{Si}_{100}\text{O}_{203,996}$) telah berhasil disintesis pada proses hidrotermal pada temperatur 97°C dan tekanan 1,3 bar.

Kata kunci: coal fly ash, zeolit, ZSM-5, proses hidrotermal

ABSTRACT

SYNTHESIS MATERIAL OF ZEOLITE NANOPOROUS (ZSM-5) FROM COAL FLY ASH. Coal fly ash (CFA) is the waste of coal usage that requires serious attention on handling because it is have the large quantity and containing a dangerous substances for environmental. The interesting method of waste processing of CFA is using CFA as zeolite raw material because CFA have a rich silicate and alumina. In this study, CFA is used as a raw material for zeolite synthesis nanoporous (ZSM-5) so that expected could be a solution for waste processing of CFA and also could be deliver a valuable materials that needed on many applications. Based on the result of characterization XRD and SEM, was known that structure of ZSM-5 and other zeolites ($\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}\cdot 27\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Na}_{0,3}\text{Al}_{2,564}\text{Si}_{100}\text{O}_{203,996}$) have been successfully synthesized on hydrothermal processing at temperature of 97°C and the pressure of 1,3 bar.

Keywords: coal fly ash, zeolite, ZSM-5, hydrothermal process

PENDAHULUAN

Harga yang relatif murah dan ketersediaan cadangan yang masih melimpah menjadikan batubara sebagai salah satu primadona sumber energi di dunia. Hal ini dapat terlihat dari pemenuhan 50% sumber energi amerika serikat yang berasal dari batu bara (EIA-Official Energy Statistics from the U.S. Government, 2008) [1]. Akan tetapi, konsumsi batu bara melalui pembakaran akan menghasilkan limbah berupa coal fly ash (CFA) dan coal bottom ash dalam jumlah yang sangat besar. Jumlah CFA yang dihasilkan beberapa negara dunia dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Sampai sejauh ini pemanfaatan terbesar CFA adalah dalam bidang konstruksi yaitu sebagai bahan baku semen, beton, aspal dan batu bata. Namun pemanfaatan tersebut hanya sekitar 15% dari total fly ash yang dihasilkan,

sedangkan 85% sisa CFA masih dibuang begitu saja ke laut ataupun ditimbun (Prashant Kumar *et al.*, 2001) [2]. Penimbunan ataupun pembuangan langsung akan menimbulkan permasalahan serius terhadap lingkungan karena CFA mengandung substansi berbahaya seperti arsenic (As), cadmium (Cd), copper (Cu), lead (Pb), zinc (Zn), selenium (Se) and mercury (Hg) serta zat radioaktif seperti uranium (U), thorium (Th), radium (Ra), dan radon (Rn) (Baba and Gurdal, 2006) [3].

Selain sebagai bahan baku konstruksi, CFA memiliki potensi lain yang belum banyak digali, yaitu sebagai sumber logam berharga, sebagai bahan baku dalam proses sintesis zeolit, dan sebagai bahan baku dalam berbagai aplikasi keramik lainnya seperti untuk fireproofing material (Vinay Kumar *et al.*, 2006) [4].

Tabel 1. Jumlah limbah CFA dunia di ambil dari beberapa negara ^[1].

Negara	Limbah CFA (juta ton)		
	2005	2006	2007
Cina	2.333	2.584	2.893
Amerika	1.125	1.112	1.128
India	506	551	579
Jepang	196	197	206
Australia	156	156	146
Indonesia	25	24	50

Dalam penelitian ini, kami memanfaatkan CFA sebagai bahan baku sintesis ZSM-5 karena ZSM-5 adalah salah satu *nanoporous material* yang berharga dengan aplikasi sebagai katalis selektif dalam industri minyak, filter, absorben dan biomaterial (Vinay Kumar *et al.*, 2006). Diharapkan dengan adanya studi pendahuluan ini, limbah CFA dapat dimanfaatkan menjadi *nanoporous material* yang berharga sekaligus menjadi salah satu solusi penanganan limbah CFA.

METODOLOGI PENELITIAN

Sintesis zeolit dari CFA

Sebelum digunakan sebagai bahan baku pembuatan zeolit, CFA di-*leaching* terlebih dahulu dengan menggunakan HCl 10 M untuk menghilangkan pengotor yang tidak diinginkan. Selanjutnya CFA tersebut dicampurkan dengan NaOH padatan dengan perbandingan berat 1 : 1,2 dan dipanaskan pada temperatur 550°C selama 1 jam. Campuran yang dihasilkan kemudian didinginkan pada temperatur kamar dan dihaluskan dengan *ball milling* selama 24 jam dengan bola alumina hingga didapatkan masa fusi. Kemudian ditambahkan aqua dm dengan perbandingan berat 1:4 untuk selanjutnya disaring sehingga didapatkan larutan supernatant,

Sebanyak 57 ml larutan supernatant ditambahkan kedalam 22,5 ml larutan Sodium dodecyl sulphate (SDS) 0,21 M dan NH₄OH hingga pH 9,5-10. Kemudian campuran ini dihidrotermal selama 5 hari pada temperatur 97°C dan tekanan 1,3 bar dan di-*aging* selama 3 hari. Selanjutnya sampel dipanaskan pada temperatur 550°C selama 5 hari dan didinginkan pada temperatur kamar hingga didapatkan produk akhir.

Karakterisasi

Untuk mengetahui kandungan di dalam sampel CFA sebelum dan sesudah *leaching*, dan larutan supernatant yang dihasilkan, dilakukan karakterisasi dengan menggunakan metode Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). Struktur kristal dari sampel yang dihasilkan dianalisis dengan menggunakan metoda X-Ray Diffraction (XRD) (Philips Analytical X-Ray B.V, dengan CuK α , $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$). Morfologi dan kandungan unsur dari sampel yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan metoda Scanning Electron Microscopy dan Energy Disperse X-ray Spectroscopy (SEM-EDS) (JSM – 35 C). Sedangkan untuk mengetahui berbagai gugus fungsi dan ikatan yang terbentuk, digunakan metoda Fourier Transform Infra Red (FTIR).

HASIL DAN ANALISIS

Perlakuan Awal CFA

Sifat kimia CFA banyak dipengaruhi oleh karakteristik batu bara yang dibakar dan teknik yang digunakan selama pengelolaan dan penyimpanannya. Tabel 2 menunjukkan kisaran normal komposisi kimia dari tiga jenis CFA yang diperoleh dari tiga jenis batu bara yaitu bituminous, subbituminous dan lignite.

Oleh karena itu, sebelum digunakan sebagai bahan baku sintesis zeolit, kandungan senyawa didalam CFA karakterisasi terlebih dahulu dengan menggunakan metoda AAS. Selain itu, pengukuran AAS juga dilakukan terhadap CFA setelah proses *leaching* dan larutan supernatant untuk mengetahui kandungan senyawa didalamnya. Hasil pengukuran AAS tersebut dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

Dari hasil pengukuran, diketahui bahwa CFA yang menjadi bahan baku dalam percobaan ini tergolong CFA yang berasal dari batubara jenis bituminous. Seperti terlihat pada tabel 3,

diketahui bahwa didalam CFA telah mengandung bahan baku awal pembuatan zeolit ZSM-5 yaitu silika (31,66%), alumina (21,96%) dan Na₂O (0,49%). Akan tetapi didalam CFA juga masih mengandung Fe₂O₃ dan CaO yang merupakan pengotor yang tidak diinginkan dalam sintesis ZSM-5. Oleh karena itu, sebelum digunakan, CFA di-*leaching* terlebih dahulu dengan HCl 10 M untuk menghilangkan pengotor yang tidak diinginkan. Dari hasil karakterisasi AAS diketahui bahwa jumlah pengotor didalam CFA telah berkurang sebanyak 90% setelah proses *leaching*.

Proses selanjutnya adalah penambahan NaOH berlebih terhadap CFA yang telah mengalami proses *leaching*. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan jumlah Na didalam supernatant, meningkatkan kelarutan silika dan alumina serta mengurangi kelarutan Fe³⁺ dan Ca²⁺ yang tidak diinginkan dalam proses sintesis ZSM-5. Kandungan utama dalam supernatant dapat dilihat pada tabel 2.

Hasil XRD

Hasil XRD sampel dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini. Dari pola tersebut, dapat terlihat bahwa terdapat puncak pada 2θ = 8,935° yang berdasarkan literatur merupakan puncak

spesifik dari ZSM-5 (Si_{11,96}Al_{0,04}O₂₄) (PDF #800922). Selain ZSM-5 yang terbentuk, didalam sampel terdapat pula zeolit tipe lain yaitu Na₁₂Al₁₂Si₁₂O₄₈·27 H₂O (PDF #470162) dan Na_{0,3}Al_{2,564}Si₁₀₀O_{203,996} (PDF #430040). ZSM-5 yang masih sedikit pada sampel dipengaruhi oleh adanya kandungan senyawa lain (pengotor) yang dapat menghambat pembentukan struktur ZSM-5.

Spektrum FTIR

Berbagai ikatan yang terbentuk dapat dibuktikan dengan menggunakan metoda FTIR yang hasilnya dapat dilihat pada gambar 2. Munculnya puncak pada daerah sekitar 1100 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus Si-O-Si didalam sampel. Sedangkan puncak pada daerah 800 cm⁻¹ menunjukkan terbentuknya gugus Si-OH selain gugus Si-O-Si. Hal ini diperkuat dengan adanya puncak pada daerah 3300 cm⁻¹ yang merupakan indikasi adanya gugus OH (Silverstein *et al.*, 1991) [5]. Semua puncak tersebut menunjukkan adanya gugus silicate didalam sampel. Sedangkan keberadaan gugus Al-O-Al dapat diketahui dari munculnya puncak pada daerah 593 cm⁻¹ (Kazuo Nakamoto, 1986) [6].

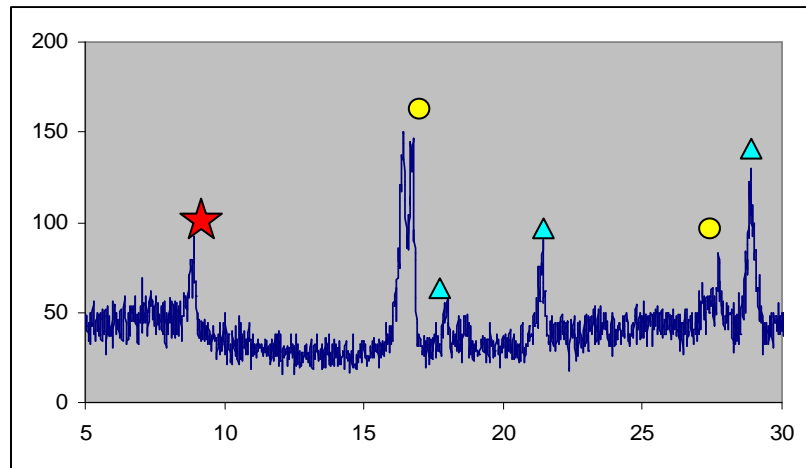
Tabel 2.. Komposisi kimia CFA dihasilkan dari jenis batubara yang berbeda ^[4].

Component	Composition / mass%		
	Bituminous	Subbituminous	Lignite
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	10-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

Tabel 3. Data kuantitatif hasil AAS

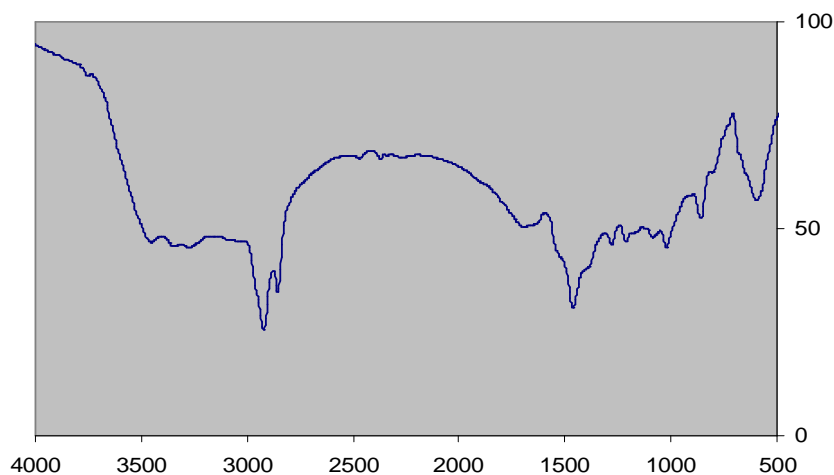
Komponen	CFA awal (%)	CFA akhir (%)	Supernatant (ppm)
SiO ₂	31,66	tk	10100
Al ₂ O ₃	21,96	tk	600
Fe ₂ O ₃	13,96	1,72	tk
CaO	9,06	0,44	60
MgO	4,26	tk	tk
K ₂ O	0,68	tk	tk
Na ₂ O	0,49	tk	31800
HP	6,92	tk	tk

Keterangan, tk= tidak dilakukan karakterisasi pada unsur tersebut



Gambar 1. Spektrum XRD Sampel

- Keterangan:
- ★ ZSM-5 (PDF # 800922)
 - ▲ $\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48} \cdot 27 \text{H}_2\text{O}$ (PDF # 470162)
 - $\text{Na}_{0,3}\text{Al}_{2,564}\text{Si}_{100}\text{O}_{203,996}$ (PDF # 430040)



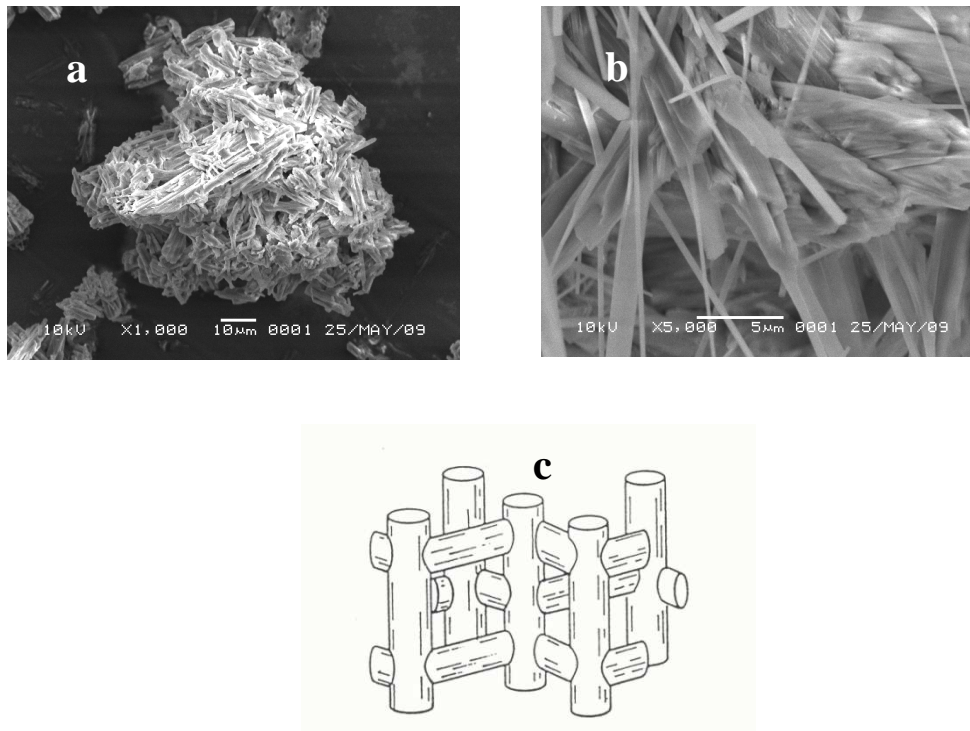
Gambar 2. Spektrum FTIR sampel

Selain gugus silikat tersebut, adanya puncak pada daerah 2900 cm^{-1} dan 1400 cm^{-1} yang mengindikasikan masih adanya pengotor karbon^[5] yang berasal dari proses penghilangan SDS yang tidak sempurna.

Hasil SEM-EDS

Untuk mengetahui morfologi sampel yang terbentuk, dilakukan karakterisasi SEM yang hasilnya dapat dilihat pada gambar 3 berikut

ini. Sebagaimana terlihat pada gambar 3, morfologi sampel terlihat memanjang beraturan seperti fiber. Morfologi memanjang ini sesuai dengan model struktur ZSM-5 yang berasal pada literatur (University of Limerick, 2005) [7]. Hasil SEM ini memperkuat hasil XRD yang menunjukkan struktur ZSM-5 sudah terbentuk dalam sampel.



Gambar 3. Gambar (a) dan (b) SEM sampel , dan (c) model struktur ZSM-5^[7]

Untuk mengidentifikasi kandungan unsur-unsur didalam sampel, dilakukan karakterisasi dengan metoda EDS. Dari hasil EDS (tabel 4) diketahui bahwa kandungan unsur-unsur terbesar adalah oksigen (O), sodium (Na), silikon (Si) dan aluminium (Al). Kandungan unsur-unsur ini mendukung ke arah pembentukan zeolit ZSM-5. Namun pada sampel juga masih terkandung pengotor yang tidak diinginkan yaitu karbon dan kalsium. Pengotor karbon berasal dari proses penghilangan SDS yang tidak sempurna, sedangkan kalsium berasal dari CFA yang masih tersisa. Adanya pengotor ini dapat penghambat proses pembentukan struktur berpori ZSM-5.

Tabel 4. Data kuantitatif hasil EDS pada sampel

Unsur	Massa (%)
C	11,27
O	52,93
Na	32,73
Al	0,23
Si	2,80
S	-
Ca	0,03

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil AAS, diketahui bahwa CFA yang digunakan dalam percobaan ini berasal dari batubara jenis bituminous. Selain itu, proses *leaching* telah berhasil menghilangkan pengotor Ca^{2+} dan Fe^{3+} dari CFA sebanyak 90%. Berdasarkan data XRD dan SEM, diketahui bahwa Zeolit ZSM-5 telah berhasil disintesis dengan bahan baku CFA dengan menggunakan metoda hidrotermal pada tekanan 1,3 bar dan temperatur 97°C. Meskipun begitu, zeolit yang dihasilkan masih berupa campuran dengan zeolit lain yaitu dengan $Na_{12}Al_{12}Si_{12}O_{48} \cdot 27 H_2O$ dan $Na_{0,3}Al_{2,564}Si_{100}O_{203,996}$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Energy Information Administration (EIA)- Official Energy Statistics from the U.S. Government. 2008. "International Energy Annual Report 2006", Energy Information Administration, December.
2. Prashant Kumar, N Mal, Y Oumi, K Yaman, T Sano. 2001. "Mesoporous Materials Prepared Using Coal Fly Ash as Silicon and Aluminium Source", Journal of Materials Chemistry, 11, 3285-3290.
3. Baba, A., Gurdal, G., 2006, "Concentrations of heavy metals in fly ash from CAN coal combustion thermal power

- plant (Canakkale-Turkey)-II", Chinese Journal Geochemistry, Vol. 25 (Suppl.)
4. Vinay Kumar JHA, M Matsuda, M Miyake. 2006. "Resource Recovery from Coal Fly Ash Waste: an Overview Study", Journal of Ceramic Society of Japan 116 [2] 167-175.
 5. Silverstein, R.M., Bassler, G.C., Morrill, T.C., 1991. "Spectrometric Identification of Organic Compounds", John Wiley & Sons, 5th edition.
 6. Kazuo Nakamoto, 1986, "Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds", John Wiley & Sons, 4th edition.
 7. University of Limerick. 2005. "Zeolites", Summer School in Energy and Environmental Catalysis. July.