

JURNAL ZEOLIT INDONESIA
Journal of Indonesian Zeolites

Vol. 7 No. 1, Mei, Tahun 2008

ISSN 1411-6723

1. Adsorpsi Cu(II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT. IPMOMI PAITON (**Nurul Fardilah Said, Nurul Widiastuti**) 1
2. Hidrolisis Lempung dari Kecamatan Capkala dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida (**Nelly Wahyuni, Imelda H.S., Yateman Arryanto, Sutarno, Ya'Zupriadi**) 12
3. Mengatasi Degradasi Lahan Melalui Aplikasi Pembena Tanah (Kajian Persepsi Petani di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur) (**S.H. Tala'ohu dan M. Al-Jabri**) 22
4. Pembuatan Zeolit Y dan USY untuk Komponen Aktif Katalis Perengkahan (**Subagjo**) 35
5. Pengaruh Waktu dan Perbandingan Si/Al terhadap pembentukan Zeolit A dari Abu Dasar Bebas Karbon Dari PT. IPMOMI dengan Metode Hidrotermal (**R.A. Syukuri Nikmah, Nurul Widiastuti, Hamzah Fansuri**) 42
6. Pertumbuhan Vegetatif Tanaman anggrek Dendrobium (*Dendrobium sp.*) pada Aplikasi Zeolit Sebagai Campuran Media Tanam dan Pupuk Pelengkap Cair (**Azlina Heryati Bakrie**) 53
7. Penggunaan Zeolit Sebagai Bahan Reklamasi Tailing Pada Tambang Emas (**Suardi dan Kharisma Suzana K**) 61

Diterbitkan Oleh:

IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)

Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)

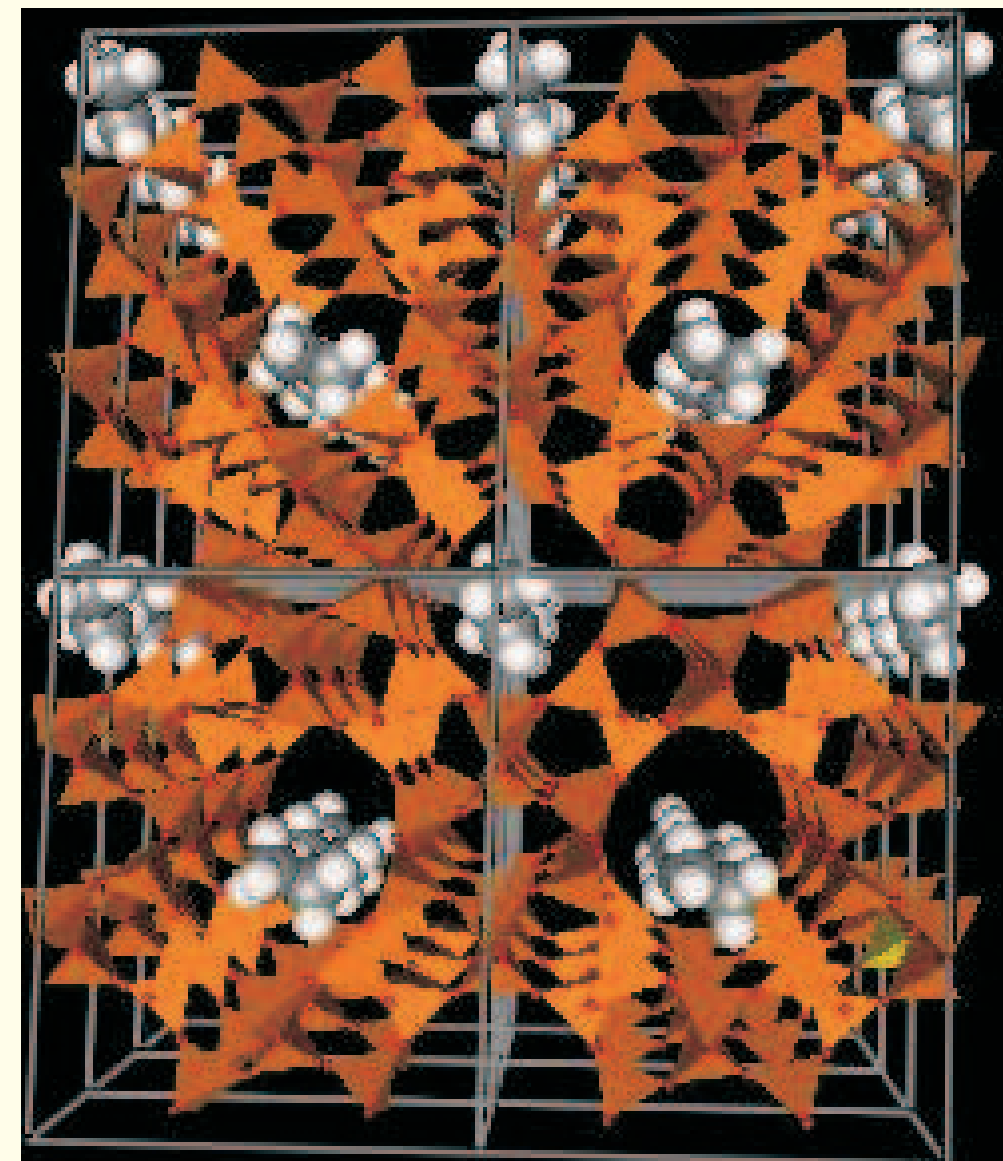
Alamat Redaksi:

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. 7 No. 1, Mei, Tahun 2008

ISSN 1411-6723

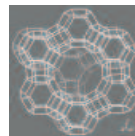


IKATAN ZEOLIT INDONESIA (IZI)
Indonesian Zeolite Assosiation (IZA)



JURNAL ZEOLIT INDONESIA

Journal of Indonesian Zeolites



Vol. 7 No. 1, Mei, Tahun 2008

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.

ADSORPSI Cu(II) PADA ZEOLIT A YANG DISINTESIS DARI ABU DASAR BATUBARA PT IPMOMI PAITON

Nurul Faradilah Said* dan Nurul Widiastuti

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email: nurul_widiastuti@chem.its.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu dasar batubara dengan merubahnya menjadi zeolit A yang digunakan sebagai penyerap ion logam Cu(II). Zeolit A dibuat dari abu dasar menggunakan metode peleburan alkali diikuti dengan proses hidrotermal. Suhu peleburan alkali dilakukan pada 750 °C selama 12 jam dan proses hidrotermal pada 100 °C dengan perbandingan molar SiO₂/Al₂O₃ 1,9. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa zeolit yang terbentuk adalah zeolit A. Zeolit A yang dihasilkan diuji kemampuan adsorpsinya terhadap ion logam Cu(II). Dalam pengujian ini dilakukan variasi beberapa parameter yang mempengaruhi yaitu waktu, konsentrasi, pH dan suhu. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zeolit A mampu mengadsorpsi Cu(II) hingga 83,35% dengan konsentrasi Cu(II) 50 mg/l pada pH 8 selama 360 menit. Pada penelitian ini, dipelajari beberapa aspek proses adsorpsi yaitu kinetika adsorpsi dan isotherm adsorpsi. Hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa kinetika adsorpsi Cu(II) pada zeolit A mengikuti model orde satu semu, sedangkan adsorpsi isotherm mengikuti model Freundlich.

Kata kunci: Abu dasar, adsorpsi

ABSTRACT

ADSORPTION OF Cu(II) ON ZEOLITE A SYNTHESIZED FROM COAL BOTTOM ASH OF PT. IPMOMI PAITON. The study aimed to utilizing coal bottom-ash into zeolite A that was used as absorber metal ion of Cu(II). Zeolite A is made from bottom-ash using alkali fusion followed by hydrothermal processes. Melting temperature of Alkali conducted at 750°C during 12 h hours and hydrothermal processes at 100°C with molar ratio of SiO₂/Al₂O₃ 1,9. The result XRD showed that zeolite was formed is zeolite A. Product of Zeolite A was examined the ability of adsorption metal ions of Cu (II). In this test conducted several parameter variations that influences are period, concentration, pH, and temperature. The result showed that zeolite A can adsorbing Cu(II) up to 83,35% with the concentration of Cu(II) 50mg/l at pH 8 for 360 minutes. This study was learning some aspects of adsorption process were kinetic adsorption and isothermal adsorption. The result indicate that the kinetics adsorption of Cu(II) at zeolit A was following model of pseudo-first order, while isothermal adsorption is following model of Freundlich.

Keywords: Bottom-ash, adsorption

PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan bakar potensial untuk Indonesia, namun penggunaan batubara sebagai sumber energi ini menghasilkan limbah abu yang bermasalah. Limbah abu tersebut dikenal dengan abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Dibandingkan dengan abu terbang, abu dasar ini masih belum banyak dimanfaatkan, salah satu alasannya adalah karena komposisi kimianya. Komponen terbesar dari kandungan abu dasar yaitu oksida-oksida silikon, alumunium, besi dan kalsium. Komponen kimia dari abu dasar sebagian besar berfasa amorf, yaitu sekitar 66% sampai 88% berat. Sementara itu, fasa kristalin utama adalah silika (SiO₂) dan

alumina (Al₂O₃). Dengan komposisi kandungan tersebut, abu dasar memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai dasar pembuatan zeolit yang banyak digunakan sebagai penyaring molekul (*molecular sieve*), penyerap kation serta katalis.

Sintesis zeolit dari beberapa bahan abu yang mengandung Si dan Al telah banyak dilakukan sebelumnya (Hollman dkk, 1999, Hui dan Chao, 2006, Molina dan Poole, 2004, Chandrasekar dkk, 2006). Penelitian terdahulu dari kelompok kami, telah mempelajari beberapa metoda dan variabel yang mempengaruhi pembentukan zeolit (Yanti dkk, 2009, Nikmah dkk, 2009). Salah satu dari metode tersebut yang berhasil

menghasilkan zeolit A dengan kemurnian tinggi adalah metode peleburan alkali yang diikuti dengan hidrotermal. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipilihlah metode tersebut untuk mensintesis zeolite A dari abu dasar.

Disisi lain, teknologi pelapisan logam meningkat sangat pesat karena diperlukan untuk melindungi produk perkaratan yang biasanya terjadi sangat cepat didaerah beriklim lembab seperti Indonesia. Namun demikian, teknologi pelapisan logam ini menghasilkan limbah yang memerlukan perhatian serius bila dibuang secara langsung. Limbah pada hasil proses pelapisan logam ini berwarna hijau kebiruan yang mengandung senyawa logam. Alternatif pemanfaatan limbah pelapisan logam ini antara lain dapat dilakukan dengan menyerap logam-logam tersebut menggunakan zeolit.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan abu dasar sebagai bahan untuk membuat zeolit A yang akan digunakan sebagai penyerap logam berat Cu(II). Zeolit A dibuat dari abu dasar menggunakan metode peleburan alkali diikuti dengan proses hidrotermal. Dalam pengujian ini dilakukan variasi beberapa parameter yang mempengaruhi yaitu waktu, konsentrasi dan pH.

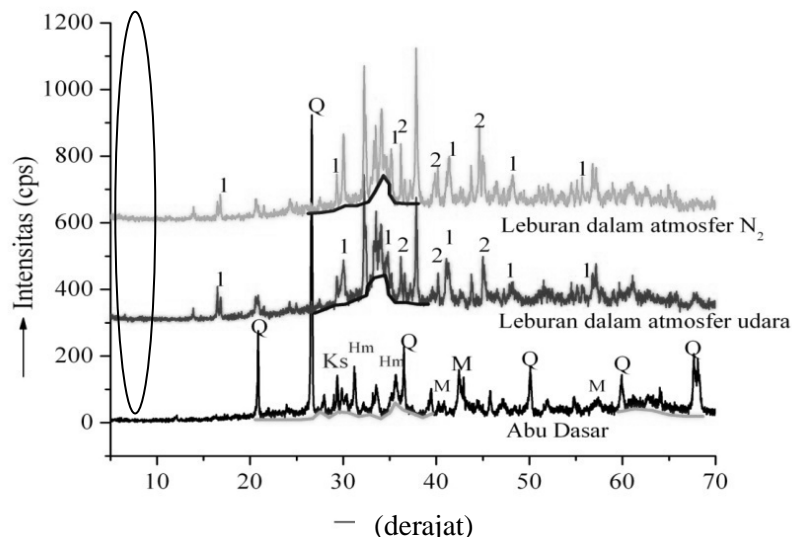
TINJAUAN PUSTAKA

Pembuatan Zeolit A Dari Abu Dasar

Penelitian pembuatan zeolit A dari abu dasar dengan beberapa metoda telah dilakukan sebelumnya. Salah satu metoda yang menghasilkan zeolit A murni adalah metoda peleburan yang diikuti hidrotermal (Yanti, 2009). Pada penelitian tersebut dilakukan dua keadaan yaitu dalam atmosfer udara dan dalam atmosfer N₂. Hasil yang diperoleh dianalisa menggunakan XRD. Gambar 1 merupakan difraktogram bahan awal (abu dasar) dan padatan leburan hasil peleburan dalam atmosfer udara dan dalam atmosfer N₂.

Kedua padatan leburan menunjukkan pola difraksi yang sama yaitu adanya garam natrium silikat dan natrium aluminasilikat. Dengan demikian, peleburan baik dalam atmosfer udara maupun dalam atmosfer N₂ menghasilkan produk yang sama.

Perbedaan padatan yang didapat pada peleburan abu dasar dalam atmosfer udara dan atmosfer N₂ hanyalah pada kandungan karbon yang masih dapat dipertahankan pada



Gambar 1. Difraktogram Padatan Hasil Peleburan Abu Dasar pada Atmosfir Udara dan Atmosfir N₂ (Suhu 750°C selama 1 Jam) (1 = Natrium Silikat, 2= Natrium Alumina Silikat, Q = Kuarsa; M = Mullit; Hm = Hematite ; Ks = Calsite)

peleburan yang dilakukan dalam atmosfer N₂ yaitu 2,31% (Yanti, 2009). Karena pada penelitian ini, zeolit akan dimanfaatkan sebagai bahan adsorben untuk Cu(II), maka dipilihlah metode peleburan dalam atmosfer udara. Dari sisi ekonomis metode ini lebih murah dan untuk aplikasi tersebut, tidak diperlukan adanya kandungan karbon yang harus dipertahankan karena karena adsorpsi Cu(II) pada zeolit mengikuti mekanisme pertukaran ion.

Ekstrak leburan kemudian dipergunakan dalam pembuatan gel. Rasio molar SiO₂/Al₂O₃ gel dikontrol melalui penambahan sumber Al. Penambahan Al diperlukan untuk memperkecil rasio molar gel karena kelarutan Al dalam ekstrak leburan lebih kecil dari kelarutan Si, sehingga ekstrak leburan memiliki rasio molar SiO₂/Al₂O₃ besar yaitu 34,48. Preparasi gel untuk sintesis zeolit A pada penelitian ini diatur pada rasio molar gel SiO₂/Al₂O₃ 1,926 dimana rasio molar 1,926 merupakan kondisi yang sesuai untuk sintesis zeolit A.

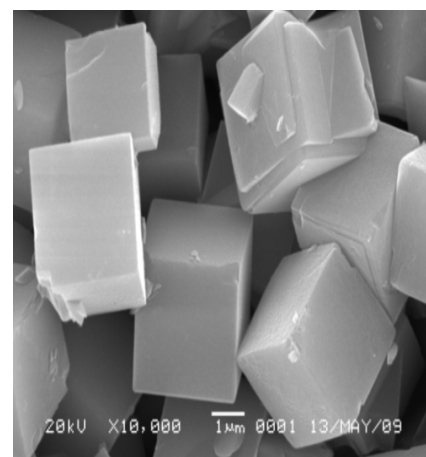
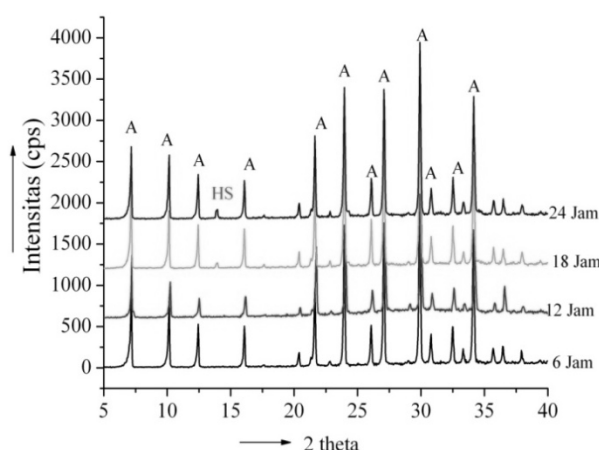
Proses pembentukan zeolit dari prekursor zeolit hasil leburan abu dasar-alkali dilakukan secara hidrotermal dalam otoklaf *stainless steel* pada suhu 100°C. Perlakuan hidrotermal dilakukan pada suhu 100 °C. Menurut Barrer (1982) zeolit dengan rasio Si/Al rendah hanya dapat terbentuk pada

kisaran suhu 100 °C. Yanti (2009) juga melakukan penelitian tentang pengaruh waktu hidrotermal yang divariasi 6, 12, 18 dan 24 jam untuk mempelajari kristalinitas dan KTK zeolit yang terbentuk.

Nilai KTK dari zeolit A meningkat dari 53,21 meq/100g pada abu dasar menjadi 347,83 meq/100 g. Nilai KTK zeolit A tidak terlalu berbeda pada waktu reaksi 6 sampai 24 jam yakni pada kisaran 306,91 sampai 347,83 meq/100g, namun KTK tertinggi 347,83 meq/100 g pada waktu reaksi hidrotermal 12 jam karena produk sintetis zeolit A memiliki kristalinitas tertinggi. Oleh karena itu, waktu reaksi hidrotermal selama 12 jam akan dilakukan dalam penelitian ini diambil pada waktu 12 jam yaitu pada hasil zeolit A dengan kristalinitas yang tinggi serta nilai KTK yang besar juga (Yanti, 2009).

Adsorpsi

Pada pengujian kemampuan zeolit A yang disintesis dari abu dasar ini dipelajari beberapa parameter yang mempengaruhi adsorpsi yaitu waktu, konsentrasi, pH. Aspek teoritis dalam adsorpsi juga dipelajari yang meliputi kinetika dan isoterm adsorpsi. Data adsorpsi dilaporkan dalam kapasitas adsorpsi



Gambar 2. Gambar Difraktogram Hasil Sintesis Zeolit A pada Suhu 100 °C selama 6, 12, 18 dan 24 Jam dan Hasil SEM Zeolit A pada Suhu 12 Jam

dan efisiensinya seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (1) dan (2).

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad (1)$$

$$\text{Efisiensi Penghilangan } (\%) = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\% \quad (2)$$

dimana, C_o adalah konsentrasi awal (mg/L), C_e konsentrasi kesetimbangan (mg/L), V adalah jumlah volume (L) dan m adalah massa.

Untuk analisa data kinetik digunakan beberapa model yaitu orde 1 semu, orde dua semu, Bangham, dan Elovich. Pertama, orde satu semu adalah persamaan yang biasa digunakan untuk menggambarkan adsorpsi (Englert & Rubio 2005; Panayotova 2001; Wang et al. 2005) dan ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_f(q_e - q_t) \quad (3)$$

Persamaan (3) diintegrasikan pada kondisi batas $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$ pada $t = t$, jadi:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (4)$$

dimana q_t (mg/g) adalah jumlah adsorbat yang diserap pada waktu t (min), q_e (mg/g) adalah kapasitas adsorpsi kesetimbangan (mg/g), dan k adalah konstanta laju.

Model orde dua semu dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_s(q_e - q_t)^2 \quad (5)$$

Integrasi pada kondisi batas $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$ pada $t = t$, diperoleh

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_s q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (6)$$

Persamaan Bangham digunakan untuk mempelajari tahap waktu terjadinya sistem adsorpsi dan persamaannya digambarkan sebagai berikut:

$$\log \log \left[\frac{C_o}{C_o - q_t m} \right] = \log \left[\frac{k_o m}{2.303 V} \right] + \alpha \log t \quad (8)$$

dimana C_o adalah konsentrasi awal adsorbat dalam larutan (mg/L), V adalah volume larutan (mL), m adalah berat adsorben per liter larutan (g/L), q_t (mg/g) adalah jumlah adsorbat yang tertinggal pada waktu t , dan α (< 1) dan k_o adalah tetap/konstan (Mall et al. 2006). Persamaan Elovich pada persamaan (10) (Thomas & Thomas 1997) berasumsi bahwa permukaan padat sesungguhnya adalah sepenuhnya heterogen.

$$\frac{dq_t}{dt} = \alpha e^{-\beta q_t} \quad (10)$$

Integrasi persamaan (10) pada kondisi awal $q_t = 0$ pada $t = 0$ dan $q_t = q_t$, diperoleh:

$$q_t = (1/\beta) \ln(\alpha\beta) + (1/\beta) \ln t \quad (11)$$

dimana α adalah laju adsorpsi awal (mg/(g min)) dan parameter β berhubungan dengan luas permukaan yang tertutup dan energi aktivasi (g/mg) (Gupta & Bhattacharyya 2006; Ozacar 2006).

Untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi, beberapa persamaan isotherm seperti Langmuir, Freundlich dan model Tempkin digunakan. Model isotherm adsorpsi Langmuir (12) mengasumsikan bahwa penyerapan mengambil tempat yang homogen dalam adsorben dan distribusi yang seragam. Akibatnya, sesekali molekul adsorbat menempati tempat, tak ada lebih lagi penyerapan dapat mengambil tempat. Oleh karena itu, model Langmuir valid untuk adsorpsi monolayer pada permukaan dengan jumlah terbatas dari tempat yang sama.

$$q = \frac{q_{\max} K C_e}{1 + K C_e} \quad (12)$$

dimana q_{\max} (mg/L) dan K (L/mg) adalah kapasitas monolayer yang dicapai pada konsentrasi tinggi dan konstanta kesetimbangan, berturut-turut. C_e adalah konsentrasi kesetimbangan dalam larutan (mg/L) dan q menunjukkan jumlah yang diserap pada kesetimbangan (mg/g) (Dursun et al. 2005; Mall et al. 2006; Zeng et al. 2004).

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{Kq_{\max}} + \frac{1}{q_{\max}} C_e \quad (13)$$

Selanjutnya model Freundlich menganggap permukaan heterogen dengan distribusi yang tidak seragam dari panas dari adsorpsi diatas permukaan dan tempat ikatan tidak ekivalen dan atau bebas. Parameter Freundlich ditentukan dengan rumus:

$$q = K_F C_e^{\frac{1}{n}} \quad (14)$$

dimana K_F dan $1/n$ menunjukkan faktor kapasitas Freundlich dan parameter intensitas Freundlich, berturut-turut. C_e adalah konsentrasi kesetimbangan dalam larutan (mg/L) dan q menunjukkan jumlah yang diserap pada kesetimbangan (mg/g).

$$\log q = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (15)$$

Model isotherm Tempkin menjelaskan tentang interaksi antara adsorben dengan adsorbetnya. Model ini menganggap adsorpsi pada semua molekul pada permukaan akan menurun linier dengan jumlah interaksi antara adsorbat dan adsorben dan adsorpsinya dikarakterisasi dengan energi sampai energinya maksimum. Parameter Tempkin ditentukan dengan rumus:

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln(K_t C_e) \quad (16)$$

Model liniernya yaitu:

$$q_e = B_1 \ln K_t + B_1 \ln C_e \quad (17)$$

METODE PENELITIAN

Sintesis Zeolit A dari Abu Dasar dengan Cara Peleburan

Proses peleburan dilakukan dengan cara menambahkan abu dasar yang telah bebas air dicampur dengan NaOH yang sudah digerus dengan perbandingan NaOH/abu dasar = 1,2 dalam *stainles steel krusibel* hingga rata dan di diamkan selama 30 menit. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu 750°C selama 1 jam dalam *muffle furnace*.

Selanjutnya campuran didinginkan, digerus dan dibuat suspensi dengan penambahan 12 air deionisasi mL/g, campuran hasil peleburan diikuti oleh pengadukan dengan laju sekitar 600 rpm dan pemeraman (*aging*) selama 2 jam dalam botol polietilen pada suhu kamar. Selanjutnya, campuran ini disaring dan diambil ekstraknya sebagai supernatan sumber Si dan Al. Kandungan Si, Al, Na, Fe dan Ca terlarut pada ekstrak tersebut dianalisis dengan ICP-AES merk Fison 3410+. Supernatan yang telah diketahui kandungan Si, Al dan Na-nya selanjutnya dibuat *slurry* berkomporsi molar relatif Al₂O₃: 1,926 SiO₂ dengan penambahan larutan NaAlO₂-NaOH sebagai sumber Al untuk mengatur rasio molar Si/Al yang sesuai untuk sintesis zeolit A. Campuran (*slurry*) dan residu dimasukkan dalam autoklaf stainless steel yang tertutup rapat untuk kristalisasi hidrotermal pada suhu 100°C selama 12 jam. Setelah perlakuan hidrotermal, padatan hasil kristalisasi dipisahkan dari filtratnya, dicuci dengan air destilat sampai pH 9-10 dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam kemudian ditimbang. Zeolit hasil sintesis dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD).

Adsorpsi Cu(II) pada Zeolit A Hasil Sintesis

Untuk mempelajari efek waktu kontak dalam kinetik, laju penghilangan logam Cu oleh abu dasar dan zeolit A ditentukan untuk menentukan waktu optimum ketika terjadi kesetimbangan. Penentuan kesetimbangan dilakukan dengan mencampur larutan Cu 50 mg/l dengan zeolit A dengan rasio 0,5 gram/100 ml untuk variasi waktu 45menit- 24 jam pada 25°C. Untuk mempelajari efek dari konsentrasi awal dan adsorpsi isotherm, model batch digunakan dengan variasi konsentrasi 0,5- 50mg/l zeolit A /larutan 0,5 gram/ 100 ml. Efek pH juga dipelajari dengan variasi pH awal larutan dari 4-10 selama 6 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia abu dasar yang digunakan dalam penelitian ini dianalisa menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan kandungan fasa mineralnya menggunakan difraksi sinar-X (XRD) , Hasil pada Tabel 1. menunjukkan bahwa komponen kimia utama abu dasar adalah silikon (Si), aluminium (Al), besi (Fe) dan kalsium (Ca), sedangkan rasio berat Si/Al pada material awal sebesar 3,54 atau bila

dikonversi ke dalam rasio mol Si/Al sebesar 3,41.

Hasil XRD ditunjukkan pada Gambar 3. Komponen mineral abu dasar yang utama adalah mineral kuarsa (SiO_2) yang ditunjukkan oleh pola difraksi pada $2\theta = 20,87^\circ; 26,63^\circ; 36,52^\circ; 50,08^\circ; 59,92^\circ; 67,68^\circ; 68,12^\circ; 68,30^\circ$ (PDF 46-1045) dan mulit ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) pada $35,27^\circ; 40,80^\circ; 42,93^\circ; 57,56^\circ$ (PDF 15-0776). Fasa lain yang tampak yaitu *hematite* (Fe_2O_3) yang ditunjukkan oleh pola difraksi pada $31,12^\circ; 35,65^\circ$ (PDF 24-0072) dan kalsit (CaCO_3) dengan PDF(47-1743) pada $29,33^\circ$.

Hasil pencocokan puncak-puncak tersebut sesuai dengan *Powder Diffraction File* (PDF) yang diperoleh dari *Data Base Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) 1997 dengan nomor seri PDF 39-0222 sebagai standar terbentuknya zeolit A. Hampir semua puncak-puncak yang muncul pada pola XRD merupakan puncak-puncak

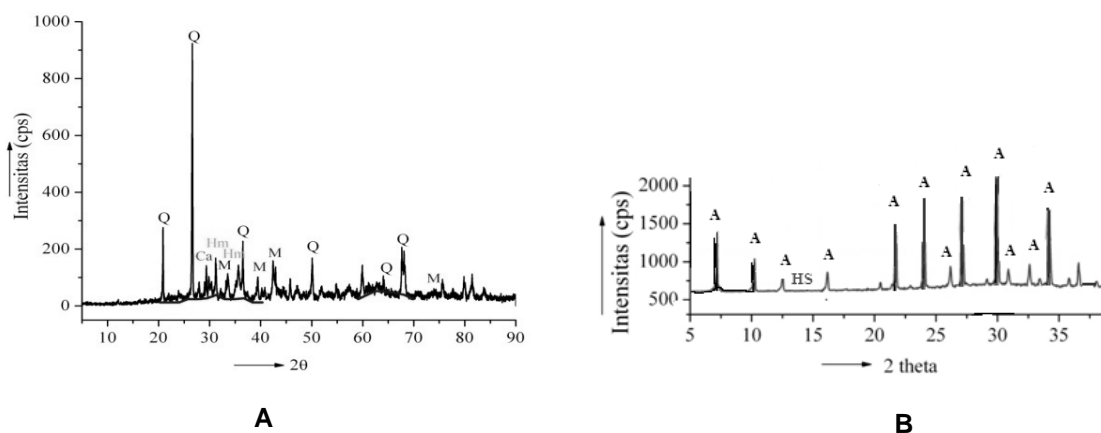
karakteristik zeolit A, walaupun ada puncak zeolit Hidroksi-sodalit yang muncul pada $2\theta = 13,9$ (PDF 31-1271).

Zeolit A yang telah terbentuk selanjutnya diuji kapasitas adsorpsinya dengan mempelajari beberapa parameter yaitu waktu, konsentrasi dan pH. Gambar 4 menunjukkan penghilangan ion Cu (II) oleh zeolit A hasil sintesis. Peningkatan penyerapan oleh zeolit sintesis meningkat tajam pada 60 menit pertama dan kesetimbangan penyerapan terjadi setelah 240 menit berikutnya dengan logam teradsorp sebesar 67,18%.

Kecenderungan dari grafik yaitu meningkat tajam pada menit-menit awal dan setelah mengalami waktu kesetimbangan grafik akan datar. Hal ini terjadi karena pada awalnya banyak sisi adsorben yang kosong sehingga kecenderungan larutan untuk terserap ke adsorben semakin tinggi dengan bertambahnya waktu kontak hingga tercapai waktu kesetimbangan.

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Dasar PLTU Paiton

Unit Senyawa	% Berat	Unit Senyawa	% Berat
SiO_2	24,1	BaO	0,42
Al_2O_3	6,8	MnO	0,32
Fe_2O_3	33,59	HgO	0,09
CaO	26,3	CuO	0,076
K_2O	0,58	ZnO	0,21
SO_3	0,76	V_2O_5	0,05
TiO_2	1,21	Cr_2O_3	0,098
In_2O_3	0,86	NiO	0,055

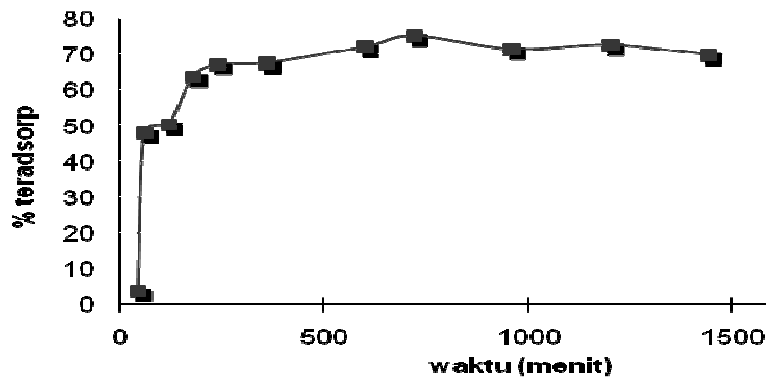


Gambar 3. Difraktogram Sinar-X dari (A) Abu dasar dan (B) Zeolit Hasil Sintesis

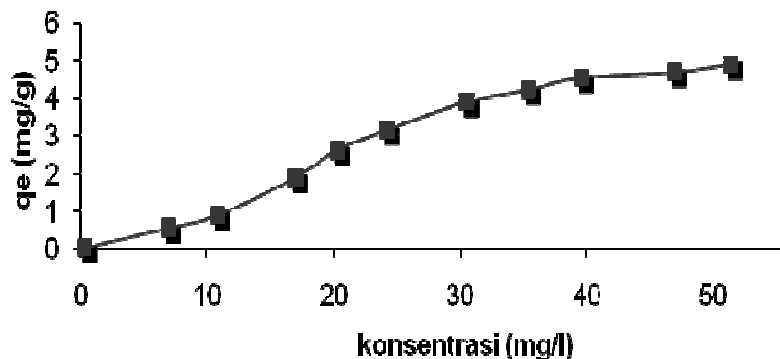
Mekanisme penghilangan logam menggunakan zeolit termasuk reaksi pertukaran ion. Zeolit ini dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan logam dalam larutan karena zeolit mempunyai muatan negatif akibat adanya perbedaan muatan antara Si⁴⁺ dengan Al³⁺. Muatan negatif ini muncul karena atom Al yang bervalensi 3 harus mengikat 4 atom oksigen yang lebih elektronegatif dalam kerangka zeolit. Dengan adanya muatan negatif ini, maka zeolit mampu mengikat kation dengan ikatan yang lemah seperti kation Na dan Ca. Karena lemahnya ikatan inilah, maka zeolit bersifat sebagai penukar kation yaitu kation Na atau Ca akan tergantikan posisinya dengan ion logam Cu(II). Adsorpsi kation logam berat terjadi pada

permukaan dengan grup hidroksil pada zeolit dan kombinasi muatan positif dari kation logam dan muatan negatif pada permukaan zeolit.

Gambar 5 menunjukkan pengaruh konsentrasi awal Cu(II) pada zeolit A. Kemampuan penyerapan logam Cu meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi logam Cu. Hal ini karena meningkatnya konsentrasi awal logam Cu(II) akan memberikan daya dorong yang lebih besar, sehingga logam Cu akan berpindah (migrasi) dari permukaan luar ke dalam pori-pori zeolit A yang berukuran mikro. Logam Cu mampu bertukar kation tidak hanya pada permukaan luar zeolit tapi juga pada permukaan dalam zeolit.



Gambar 4. Hubungan Waktu Kontak (Menit) dengan q_e (mg/g). Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Volume 100 ml, Konsentrasi Awal 50 mg/l, T=25°C dan pH 6

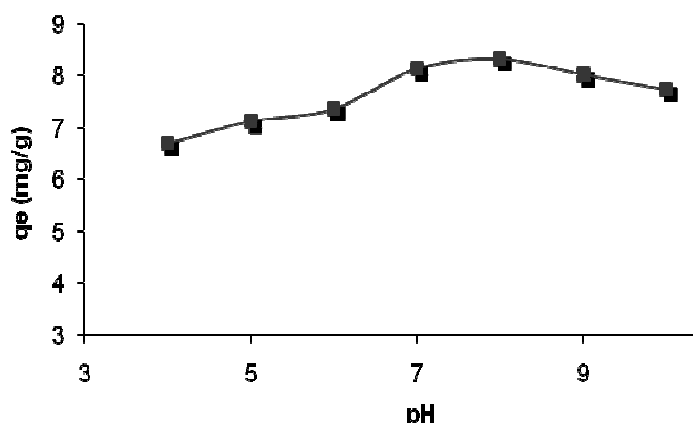


Gambar 5. Hubungan Konsentrasi Awal (mg/l) dengan q_e (mg/g). Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Volume 100 ml, Konsentrasi Awal 50 mg/l, T=25°C dan pH 6

Kesetimbangan tercapai ketika semua pertukaran logam Cu(II) dan kation pada permukaan luar dan dalam zeolit A telah tercapai.

Secara umum besarnya logam yang teradsorp akan naik pada pH lebih besar dari 6. Pada pH yang rendah dan bersifat asam akan menyebabkan konsentrasi ion H⁺ akan naik dan akan terjadi kompetisi antara ion H⁺ dan ion logam untuk bertukar tempat dengan kation lain pada adsorben zeolit (Chunfeng, 2009). Adanya kompetisi antara ion H⁺ dengan ion logam ini dapat menyebabkan rusaknya struktur zeolit karena adanya kompetisi pertukaran ion sehingga menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam (Chunfeng, 2009).

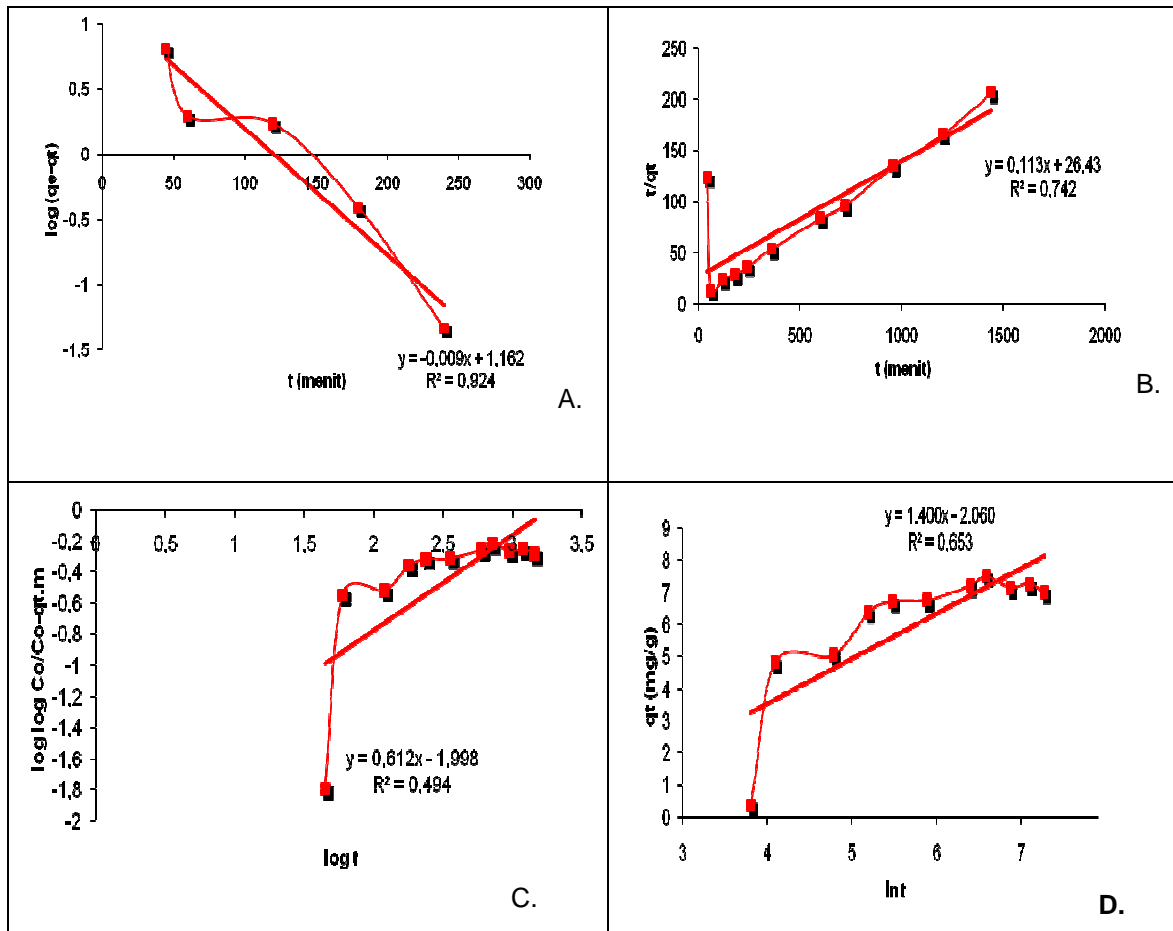
Sedangkan, pH yang tinggi dapat menyebabkan semakin banyaknya logam hidroksida yang mengendap dan mengurangi ion logam dari larutan (Chunfeng, 2009). Pada pH yang tinggi ini, kompetisi ion H⁺ sebagai kompetitor ion logam akan menurun karena larutan bersifat basa. Dengan menurunnya ion H⁺ ini maka ion logam dapat teradsorp secara maksimal (Wang, 2008). Peneliti lain juga melaporkan bahwa penyerapan logam Cu naik seiring dengan naiknya pH. Hal ini dikarenakan pada pH rendah menyebabkan meningkatnya konsentrasi ion H⁺ sehingga terjadi kompetisi antara logam Cu dengan ion H⁺ yang terikat pada abu dasar maupun zeolit (Hui *et al*, 2006).



Gambar 6. Hubungan pH dengan q_e (mg/g). Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, volume 100 ml, konsentrasi awal 50 mg/l, $T=25^{\circ}\text{C}$ dan pH 6

Tabel 2. Ringkasan dari perhitungan kapasitas adsorpsi dari beberapa model

Model kinetika	Parameter		Model kinetika	Parameter	
	Orde satu semu			Bangham	
k_f (min^{-1})	q_e (mg/g)	R^2	k_o (mL/(g/L))	α	R^2
0,0223	14,546	0,9241	0,4623	0,6126	0.4941
h (mg/g min)	Orde dua semu		Elovich		R^2
	q_e (mg/g)	R^2	α (mg/(g min))	β (g/mg)	
0,0378	8,8417	0.7426	0,3217	0,7138	0.6539



Gambar 7. Analisa Beberapa Model Kinetik, (a.) Model Orde Satu Semu, (b.) Model Orde Dua Semu, (c.) Model Bangham dan (d.) Model Elovich, Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Konsentrasi Awal 50mg/L, Volume 100 ml, Suhu 25°C , t = 6 Jam dan pH 6

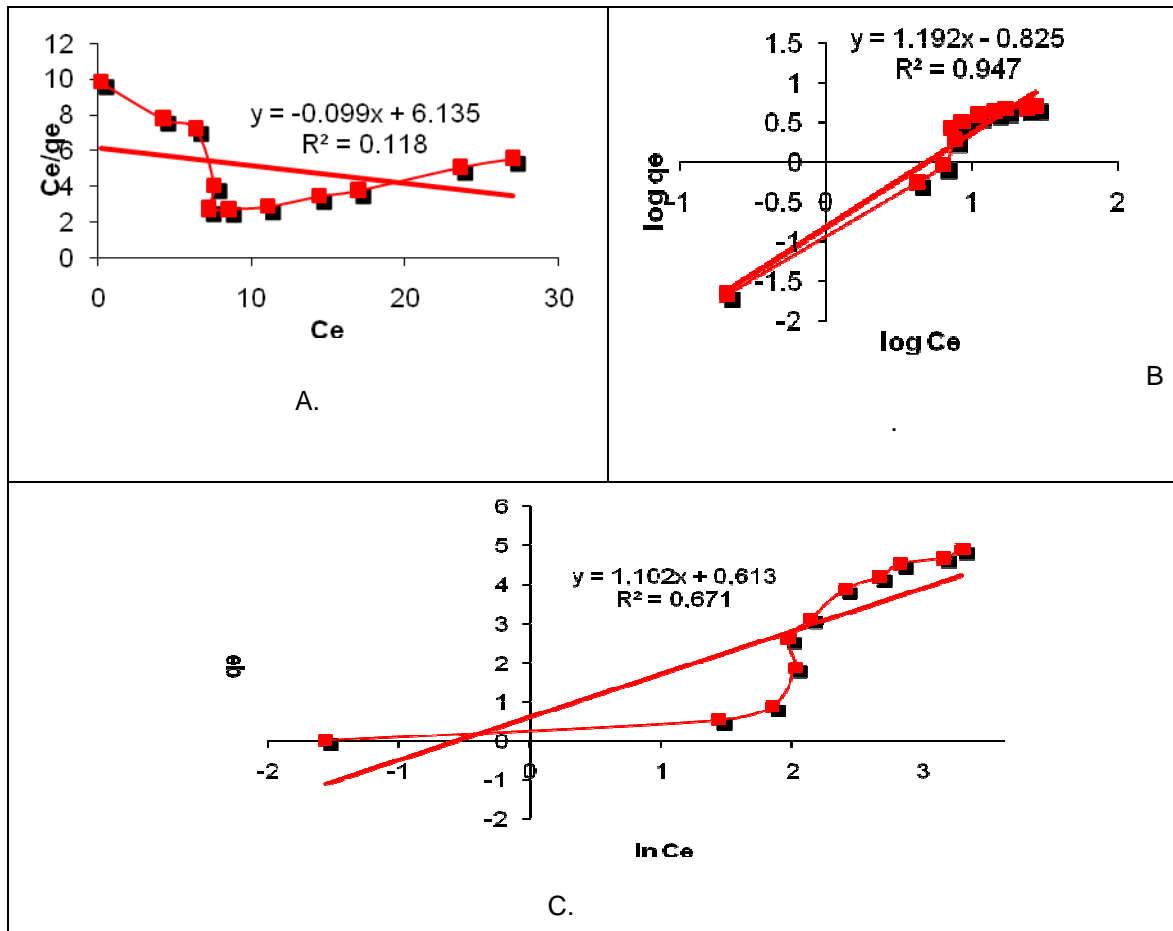
Kinetika Adsorpsi Penghilangan Logam Cu

Kinetika dianalisa dengan beberapa model. Hasil dapat dilihat di Gambar 7. Nilai parameter adsorpsi kinetik dari lima model dirangkum dalam Tabel 2. Dari data tersebut diketahui bahwa adsorpsi logam Cu menggunakan zeolit A mengikuti model orde satu semu.

Isoterm Adsorpsi dari Penghilangan Logam Cu

Isoterm dianalisa dengan beberapa model. Hasil dapat dilihat di Gambar 8. Isoterm

adsorpsi dari Cu(II) sangat penting diolah untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi. Isoterm adsorpsi terkarakterisasi oleh nilai konstanta tertentu yang menggambarkan karakteristik permukaan, afinitas dari adsorben dan kapasitas adsorpsi dari adsorben. Untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi, persamaan isotherm yang bermacam-macam telah digunakan seperti Langmuir, Freundlich dan model Tempkin. Nilai parameter adsorpsi isotherm dari tiga model dirangkum dalam Tabel 3. Dari data tersebut diketahui bahwa adsorpsi logam Cu menggunakan abu dasar maupun zeolit A mengikuti model Freundlich.



Gambar 8. Analisa Beberapa Model Isoterm, (a.) Model Langmuir, (b.) Model Freundlich, (c.) Model Tempkin. Kondisi Proses: Jumlah Adsorben 0,5 gram, Konsentrasi Awal 50mg/L, Volume 100 ml, Suhu 25°C , t = 6 Jam dan pH 6

Tabel 3. Ringkasan dari Perhitungan Isoterm Adsorpsi dari Beberapa Model

Model isotherm		Parameter	
Langmuir			
Adsorben	K		R^2
Zeolit A	-0.016		0,1186
Freundlich			
Adsorben	K	1/n	R^2
Zeolit A	0,149	1,192	0,947
Tempkin			
Adsorben	K	B	R^2
Zeolit A	1,74449	1,1025	0,6714

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa zeolit A berhasil disintesis dari abu dasar dengan menggunakan metode peleburan alkali diikuti proses reaksi hidrotermal. Kondisi sintesis zeolit ini yaitu suhu peleburan alkali pada 750 °C selama 12 jam dan proses

reaksi hidrotermal 100 °C dan perbandingan rasio molar SiO₂/Al₂O₃ 1,926. Adsorpsi logam Cu menggunakan zeolit A mengikuti model kinetik orde satu semu dan model isoterm Freundlich.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hollman, G.G. Steenbruggen, G. dan Jurkovicova, M.J., 1999, "A Two-Step Process for the Synthesis of Zeolites from Coal Fly ash", *Fuel*, Vol. 78, hal. 1225–1230.
2. Hui, K. S., Chao, C. Y. H., 2006, "Pure, Single Phase, High Crystalline, Chamfered-Edge Zeolit 4A Synthesized from Coal Fly Ash for Use as a Builder in Detergent", *J. Hazardous Material B* 137, 401-409.
3. Molina, A. dan Poole, C., 2004, "A Comparative Study Using Two Methods To Produce Zeolites from Fly Ash", *Minerals Engineering*, 17, p. 167–173.
4. Chandrasekhar, G., et al., 2007, "Synthesis of hexagonal and cubic mesoporous silica using power plant bottom ash", *Microporous and Mesoporous Materials* 111, hal. 455–462.
5. Yanti, Yuli, 2009, "Sintesis zeolit A dan zeolit A-karbon dari abu dasar PT.IPMOMI PAITON dengan metode fusi", *Kimia FMIPA ITS, Surabaya*.
6. Nikmah, Syukuri R. A., 2009, "Sintesis Zeolit A dari abu dasar bebas sisa karbon dari PLTU PT. IPMOMI dengan metode hidrotermal langsung", *Kimia FMIPA ITS, Surabaya*.
7. Barrer, R. M., 1982, "*Hydrothermal Chemistry of Zeolites*", Academic Press Inc, London.
8. Englert, A. H. & Rubio, J., 2005, 'Characterization and environmental application of a Chilean natural zeolite', *International Journal of Mineral Processing*, vol. 75, no. 1-2, pp. 21-29.
9. Panayotova, M. I., 2001, 'Kinetics and thermodynamics of copper ions removal from wastewater by use of zeolite', *Waste Management*, vol. 21, pp. 671-676.
10. Wang, S., Li, L., Wu, H. & Zhu, Z. H., 2005, 'Unburned carbon as low-cost adsorbent for treatment of methylene blue-containing wastewater', *Journal of colloid and interface science*, vol. 292, no. 2, pp. 336-343.
11. Mall, I. D., Srivastava, V. C. & Agarwal, N.K., 2006, 'Removal of orange-G and methyl violet dyes by adsorption onto bagasse fly ash-kinetic study and equilibrium isotherm analysis', *Dyes and Pigments*, vol. 69, pp. 210-223.
12. Thomas, J. M. & Thomas, W. J., 1997, *Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis*, VCH, Weinheim.
13. Gupta, S. S. & Bhattacharyya, K. G., 2006, 'Adsorption of Ni(II) on clay', *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 295, pp. 21-32.
14. Ozacar, M., 2006, 'Contact time optimization of two-stage batch adsorber design using second-order kinetic model for the adsorption of phosphate onto alunite', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 137, no. 2, pp. 1197-1205.
15. Dursun, G., Cicek, H. & Dursun, A. Y., 2005, 'Adsorption of phenol from aqueous solution by using carbonised beet pulp', *Journal of Hazardous Materials*, vol. 125, no. 1-3, pp. 175-182.
16. Zeng, L., Li, X. & Liu, J., 2004, 'Adsorptive removal of phosphate from aqueous solutions using iron oxide tailings', *Water Research*, vol. 38, no. 5, pp. 1318-1326.
17. Chunfeng, Wang, 2009, "Evaluation of zeolites synthesized from fly ash potential adsorbents for wastewater containing heavy metals", *Journal of environmental sciences*, P.127-136.
18. Wang, C F., Li, J. S., Wang, L. J., Sun, X. Y., 2008, "Influence of NaOH concentrations on synthesis of pure-form zeolite A from fly ash using two-stage method", *Journal of Hazardous Materials*, 155, 58–64.

HIDROLISIS LEMPUNG DARI KECAMATAN CAPKALA DENGAN VARIASI KONSENTRASI LARUTAN ASAM KLORIDA

Nelly Wahyuni*, Imelda HS*, Yateman Arryanto**, Sutarno**, dan Ya' Zupriadi*

*Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Tanjungpura, Pontianak

**Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta
Jl. A. Yani, Pontianak, 78124 Telp/Fax. 0561-577963
Email: nelly_kimiauntan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Hidrolisis lempung telah dilakukan dengan mereaksikan lempung dengan larutan asam klorida (HCl) yang disertai dengan pengadukan selama 24 jam. Hidrolisis dilakukan dalam beberapa variasi konsentrasi larutan HCl yaitu 6, 7, 8, 9, dan 10 M pada suhu ruang. Lempung terhidrolisis dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom, Spektrofotometer Inframerah dan Difraktometer Sinar-X. Analisis Spektrofotometer Serapan Atom tidak menunjukkan terjadinya penurunan kandungan aluminium pada lempung terhidrolisis yang mengindikasikan tidak terjadi pelepasan logam aluminium dari struktur lempung. Spektra inframerah dari lempung terhidrolisis asam tidak menunjukkan hilangnya puncak serapan untuk ikatan Al-OH yang terdapat pada lapisan oktahedral dari struktur lempung. Difraktogram dari lempung terhidrolisis tidak menunjukkan terjadinya perubahan sudut 2θ , hanya terjadi peningkatan intensitas puncak difraksi yang mengindikasikan terjadinya pelepasan logam-logam pengotor dari struktur lempung.

Kata kunci : Lempung, Hidrolisis, Larutan asam klorida (HCl)

ABSTRACT

HIDROLIYSIS OF CLAY FROM CAPKALA WITH VARIATION OF CHLORIDE ACID CONCENTRATIONS. *Hydrolysis of clay from Capkala with variation of chloride acid concentrations has been done. Hydrolysis of clay has been conducted by reacting clay in HCl with stirring during 24 hours. Hydrolysis was conducted in several variations of HCl concentration at room temperature. Hydrolyzed clay was characterized by the Atomic Absorption Spectrophotometer, Infrared Spectrophotometer, and X-ray Diffractometer. The analysis of Spectrophotometer of Atomic Absorption was not showed the decreasing of aluminum content of hydrolized clay which is not the extrication of aluminum metal from clay structure. Infrared spectra from hydrolized clay was not showed the eliminated of absorption peak for Al-OH bonds in octahedral layer. Diffractograms of hydrolized clay was not showed the changing angle of 2θ but figuring the increase of intensity of diffraction peak which indicates discharge of pollutant metals from clay structure.*

Keywords: Clay, Hydrolysis, Hydrochloric Acid (HCl)

PENDAHULUAN

Kalimantan Barat khususnya Kecamatan Capkala, Kabupaten Bengkayang memiliki cadangan kaolin yang cukup besar sekitar 8.700.000 ton (Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Kalimantan Barat, 2006). Selain itu, cadangan kaolin juga ditemukan di Kabupaten Sambas dan Sekadau. Kaolin merupakan material lempung tipe 1:1 dengan komposisi kimia umumnya $\text{Si}_4\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$. Kristalnya terdiri dari lembar-lembar oktahedral aluminium yang tertumpuk di atas lembar tetrahedral silika. Lembaran tetrahedral ini dapat dijadikan sumber silikaalumina pada pembuatan bahan mesopori. Bahan mesopori

banyak dikembangkan saat ini karena aplikasinya yang luas baik untuk adsorben molekul-molekul organik besar atau sebagai katalis.

Secara tradisional, kaolin banyak digunakan pada industri pembuatan kertas, cat, keramik, karet, plastik, cat, semen sebagai bahan pengisi, *ingredient* atau *extender*. Aplikasi ini berhubungan dengan sifat kaolin yaitu berwarna putih atau mendekati warna putih, memiliki kapasitas adsorpsi dan viskositas rendah (Murray, H H., 2000). Selain itu, kaolin dapat dijadikan bahan baku zeolit sintetik seperti zeolit-A, zeolit tipe faujasite (Atta, A.Y., 2007) yang banyak digunakan di industri pembuatan detergen.

Upaya peningkatan potensi lempung telah banyak dikembangkan dengan tujuan agar daya gunanya lebih bervariasi dan menguntungkan. Beberapa penelitian tentang lempung telah dilakukan. Selama ini modifikasi lempung hanya dilakukan dengan memanfaatkan ruang antar lapis lempung yaitu dengan menambahkan suatu tiang penyanggah atau yang disebut dengan pemilar. Namun, penelitian lempung juga dapat dilakukan dengan memodifikasi struktur lempung melalui hidrolisis dengan asam.

Linssen *et al.* (2002) telah melakukan sintesis material mesopori dari lempung saponite tipe 2:1 yang telah dihidrolisis dengan larutan larutan asam klorida (HCl), dimana proses hidrolisis dilakukan pada suhu 25°C dengan variasi konsentrasi HCl 6-10 M. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa proses hidrolisis lempung pada konsentrasi 8 M menghasilkan material yang luas permukaannya meningkat yaitu dari 660 m²/g menjadi 900 m²/g dan volume porinya meningkat dari 0,49 cm³/g menjadi 0,61 cm³/g. Selain itu disimpulkan bahwa lempung yang telah dihidrolisis memiliki porositas yang seragam.

Hidrolisis lempung menggunakan asam menunjukkan bahwa produk lempung yang telah terhidrolisis memiliki luas permukaan dan volume pori yang lebih besar. Proses hidrolisis lempung dengan asam akan menghasilkan lempung dengan porositas yang tinggi (Franus *et al.*, 2004; Alemdaroglu *et al.*, 2001).

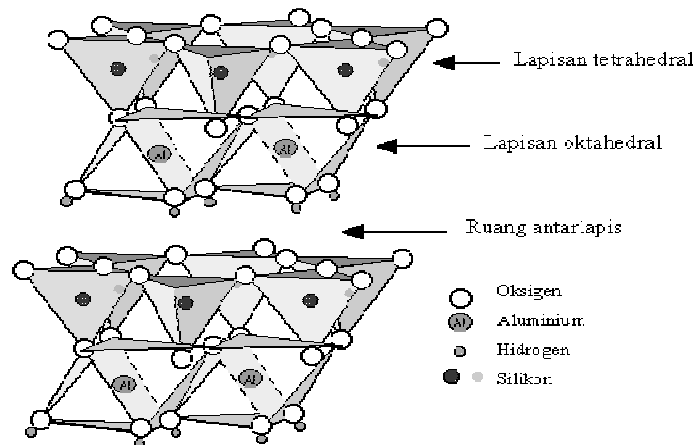
Lempung mempunyai lapisan oktahedral yang tersusun dari kation Al³⁺ dan mengandung beberapa kation Mg²⁺, Fe²⁺ dan Fe³⁺. Lapisan oktahedral ini memiliki stabilitas yang lebih rendah dibanding lapisan tetrahedral yang berbentuk silikat. Kation oktahedral ini dapat dihilangkan melalui hidrolisis dengan asam. Pelepasan kation oktahedral akan membuka struktur lempung sehingga akan dihasilkan lempung dengan luas permukaan dan ukuran pori yang lebih besar (Linssen *et al.*, 2002; Madejova *et al.*, 1998; 2003). Hidrolisis dengan asam diharapkan dapat meningkatkan aktivitas

lempung terutama dalam bidang adsorpsi. Lempung yang telah dihidrolisis dengan asam dan kehilangan beberapa kation di lapisan oktahedral selanjutnya disebut *hydrolyzed clay*.

Sejauh ini hidrolisis dengan asam pada lempung yang berasal dari Kecamatan Capkala, Kalimantan Barat belum pernah dikaji. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan hidrolisis lempung yang berasal dari Kecamatan Capkala menggunakan larutan asam klorida (HCl) dengan variasi konsentrasi 6-10 M. Karakterisasi lempung yang telah dihidrolisis dilakukan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), *Infrared Spectrophotometer* (IR) dan *X-Ray Diffraction* (XRD).

Lempung terdiri atas kisi silikat yang mempunyai luas permukaan besar, mampu mengikat dan melepaskan molekul air, serta mampu mengembang dan mengkerut. Berdasarkan strukturnya, lempung dibedakan menjadi 3 yaitu lempung tipe 1:1, lempung tipe 2:1 dan lempung tipe 2:1:1. Lempung tipe 1:1 terdiri dari satu lapisan oktahedral dan satu lapisan tetrahedral, contohnya kaolin dan haloisit. Lempung tipe 2:1 terdiri dari dua lapisan oktahedral dan satu lapisan tetrahedral, contohnya montmorilonit dan illit. Sedangkan, lempung tipe 2:1:1 merupakan lempung tipe 2:1 dengan satu lapisan oktahedral tambahan yang tersusun berselang-seling, contohnya paligorskit dan sepiolit (Tan, 1995).

Mineral kaolin (Gambar 1) adalah aluminosilikat terhidrasi dengan komposisi kimia umum Al₂O₃:SiO₂:H₂O adalah 1:2:2 atau 2SiO₂.Al₂O₃.2H₂O per sel unit dan merupakan salah satu lempung silikat. Berdasarkan jumlah lembar tetrahedral dan oktahedral dalam satu lapisannya, kaolin tergolong tipe 1:1. Kaolin dapat diidentifikasi oleh nilai jarak dasar (001) sebesar 7,14 Å pada difraktogram sinar-X dan oleh difraksi order kedua pada 3,57 Å (Chen and Tuan, 2002; Laraba, 2006; Tan, 1995).



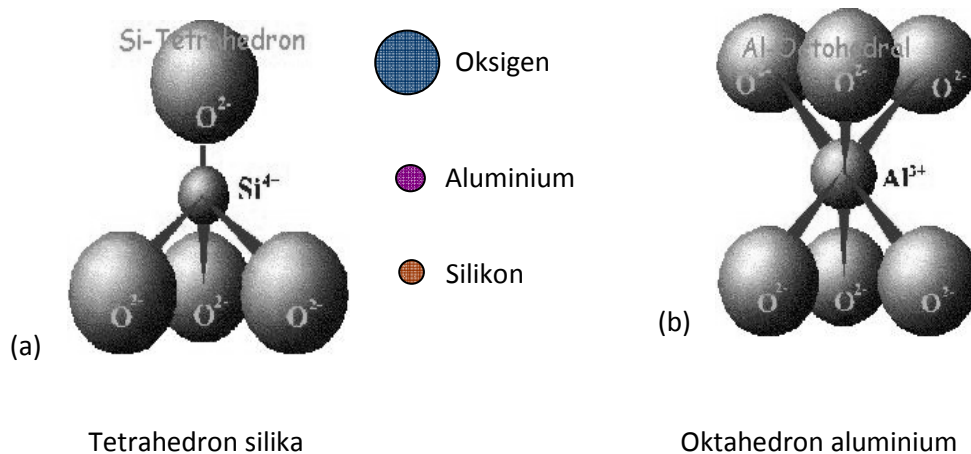
Gambar 1. Struktur kaolin, yang terdiri dari 1 lembar tetrahedral silika dan 1 lembar oktahedral aluminium

Hidrolisis lempung dengan asam akan mengganggu struktur berlapis dari lempung. Lapisan oksida aluminium diserang sehingga melarutkan beberapa aluminium dan unsur lain di lapisan oktahedral. Pelepasan kation Al oktahedral dari struktur lempung akan membuka struktur dengan distribusi satu lembar ukuran pori sehingga secara relatif kadar keasaman dari lempung akan meningkat. Sementara lapisan tetrahedral mineral lempung yang terbentuk oleh ikatan silikon dan ion hidrogen sangat sulit untuk diserang (Franus et al., 2004). Struktur tetrahedron silika dan oktahedron alumina pada lempung ditampilkan pada Gambar 2.

Ikatan kimia di antara struktur lempung memegang peranan penting dalam proses hidrolisis. Ikatan kovalen Si-O yang terdapat di lapisan tetrahedral pada mineral lempung kaolin merupakan ikatan yang sangat kuat. Energi pembentukannya sekitar 3110-3142 kg kal/mol. Tiap ion silikon dalam tetrahedral dikelilingi oleh empat atom oksigen, kaidah Pauling menyatakan bahwa kekuatan ikatan dibagi secara sama rata di antara ikatan-ikatan tetrahedral; dengan kata lain, muatan ion silikon dibagi dengan jumlah ikatan. Akibatnya tiap atom oksigen dalam

tetrahedral mempunyai separuh muatannya dipenuhi oleh silikon yang mengikatnya.

Semakin besar jumlah ikatan Si-O dengan rangkaian jumlah tetrahedral silika yang semakin besar melalui penggunaan bersama atom oksigen, makin besar pula ketahanannya terhadap hidrolisis dengan asam. Sedangkan pada lapisan oktahedral, ion aluminium dikelilingi oleh enam atom oksigen. Oleh karena itu, kekuatan ikatan dengan tiap atom oksigen yang disumbangkan oleh ion Al adalah $\frac{3}{6}$ atau $\frac{1}{2}$. Ikatan Al-O dalam lapisan ini hanya membutuhkan 1793-1878 kg kal/mol dalam pembentukannya sehingga ikatan Al-O pada proses hidrolisis lebih mudah diputuskan dibanding ikatan Si-O (Huang dan Schnitzer, 1997; Tan, 1995). Reaksi hidrolisis kation melibatkan serangan proton atau protonasi, dimana proton (H^+) dari asam memasuki daerah lapisan oktahedral mineral lempung. Penyerangan proton terjadi karena ukurannya yang kecil ($r = 0,3 \text{ \AA}$) dan potensial ionnya (q/r) yang besar sehingga ion H^+ dapat masuk ke dalam kisi-kisi mineral dan menggantikan posisi kation yang lepas (Huang dan Schnitzer, 1997; Ismangil dan Hanudin, 2005).



Gambar 2. Struktur tetrahedron silika (a) dan oktahedron aluminium (b) dari lempung

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah lempung yang diambil dari Kecamatan Capkala, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat, serta larutan asam klorida (HCl) yang berfungsi untuk hidrolisis lempung dan perak nitrat (AgNO_3) yang digunakan untuk uji pencucian lempung terhidrolisis yang telah bebas Cl^- .

Alat-alat utama yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah ayakan ukuran 80 dan 120 *mesh*, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Shimadzu AA-6800, Spektrofotometer inframerah (IR) Shimadzu FTIR 8201 PC, *X-Ray Diffraction* (XRD)

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu preparasi lempung, hidrolisis lempung dengan menggunakan larutan asam klorida (HCl) serta karakterisasi lempung.

Preparasi lempung dilakukan mengikuti metode yang dilakukan oleh Wahyuni (2004). Lempung dari Kecamatan Capkala, Kabupaten Bengkayang dipanaskan pada suhu $80^\circ - 90^\circ \text{C}$ selama 3 jam, dihaluskan kemudian dilakukan pengayakan dengan ukuran 80 *mesh*. Lempung yang lolos ayakan 80 *mesh* dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali, kemudian dilakukan penyaringan. Lempung basah selanjutnya dikeringkan pada suhu $80 - 90^\circ \text{C}$ selama 3 jam, kemudian diayak dengan ayakan 80 *mesh*. Lempung

yang lolos pada ayakan 80 *mesh* diayak lagi dengan ayakan 120 *mesh*. Lempung yang tertahan pada ayakan 120 *mesh* yang kemudian disebut *fresh clay* dan siap digunakan untuk perlakuan selanjutnya yaitu hidrolisis lempung.

Hidrolisis lempung dilakukan mengikuti metode yang dilakukan oleh Linssen (2002) Lempung sebanyak 50 g hasil preparasi direaksikan dengan larutan HCl sebanyak 400 ml dengan konsentrasi tertentu. Hidrolisis dilakukan pada suhu ruang dengan cara menuangkan larutan HCl ke dalam *beaker glass* yang berisi lempung secara perlahan sambil diaduk menggunakan magnetik stirer. Setelah semua HCl dimasukkan, proses hidrolisis dibiarkan berlangsung selama 24 jam. Variasi konsentrasi HCl yang digunakan adalah 6, 7, 8, 9, dan 10 M. Hasil padatan disaring dan dicuci dengan akuades hingga bebas ion Cl^- dengan uji AgNO_3 . Padatan (*leached clay*) dikeringkan di dalam oven pada temperatur $80^\circ - 90^\circ \text{C}$ sampai berat konstan.

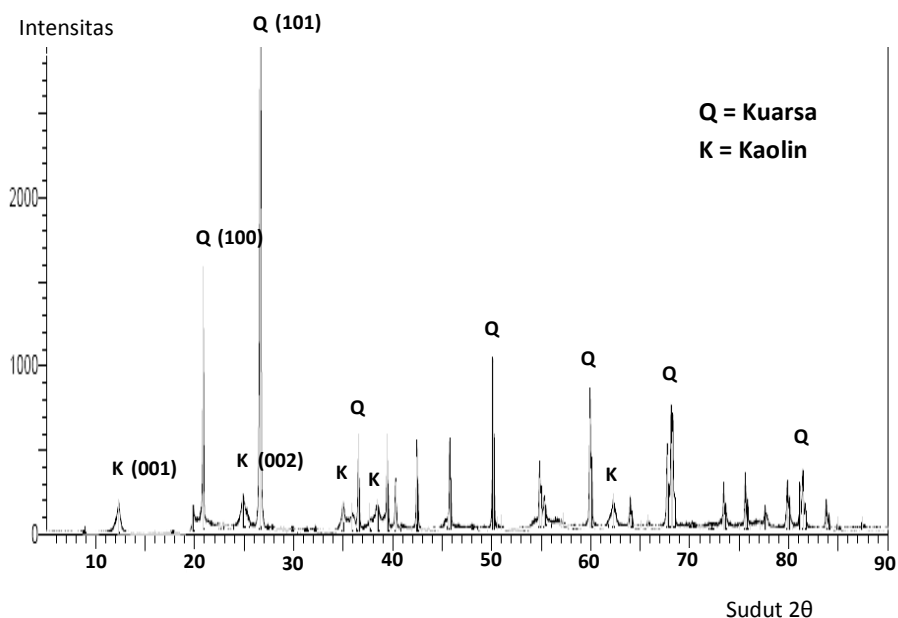
Komposisi kimia SiO_2 lempung alam dan lempung terhidrolisis asam ditentukan dengan metode gravimetri. Identifikasi gugus fungsi lempung alam dan lempung terhidrolisis asam digunakan pula spektrofotometer Inframerah. Sedangkan, struktur lempung alam dan lempung terhidrolisis asam dilakukan dengan alat difraktometer sinar-X yang menggunakan radiasi $\text{Cu-K}\alpha$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Difratogram lempung Capkala ditampilkan pada gambar 3.

Pada difraktogram lempung Capkala menunjukkan adanya serapan pada sudut $2\theta = 20,86^\circ$ yang bersesuaian dengan jarak $d = 4,25 \text{ \AA}$ serta serapan yang kuat pada sudut $2\theta = 26,63^\circ$ ($d = 3,34 \text{ \AA}$) dengan intensitas yang sangat tinggi yaitu sebesar 4886,37. Kedua serapan ini merupakan penciri jarak dasar d_{100} dan jarak dasar d_{101} untuk mineral kuarsa (Sutarno *et al.*, 2004). Kedua puncak yang muncul pada difraktogram ini sesuai dengan database JCPDS tahun 1997 yang menyatakan bahwa puncak-puncak tersebut

merupakan puncak dari mineral kuarsa yang tersusun atas SiO_2 . Selain itu difraktogram pada gambar 3 juga menunjukkan adanya mineral kaolin yang memberikan serapan pada sudut $2\theta = 12,33^\circ$ yang bersesuaian dengan jarak dasar $d = 7,17 \text{ \AA}$ untuk difraksi tingkat pertama d_{001} dan pada sudut $2\theta = 24,95^\circ$ ($d = 3,56 \text{ \AA}$) untuk difraksi tingkat kedua (Chen and Tuan, 2002; Laraba, 2006; Tan, 1995). Sedangkan, puncak-puncak yang lain seperti mineral illit menunjukkan serapan yang jauh lebih kecil. Sehingga dapat dikatakan bahwa mineral lempung yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar tersusun atas mineral kuarsa dan sedikit mineral kaolin.



Gambar 3. Difraktogram Lempung Capkala

Tabel 1. Komposisi Kimia Lempung Capkala dan Lempung Terhidrolisis Asam HCl

Jenis Sampel	Al_2O_3 (% b/b)	SiO_2 (% b/b)	Rasio Si/Al
Lempung Capkala	17,54	72,42	4,12
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 6 M	17,38	73,11	4,20
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 7 M	18,21	70,97	3,89
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 8 M	18,28	70,65	3,86
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 9 M	17,50	72,63	4,15
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 10 M	17,94	72,32	4,03

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa komposisi Al_2O_3 lempung Capkala adalah sebesar 17,54 % dan SiO_2 sebesar 72,42 %. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi utama penyusun lempung dalam penelitian ini adalah silika (SiO_2), dimana data ini didukung

oleh analisis XRD lempung Capkala yang menunjukkan bahwa mineral kuarsa yang tersusun atas SiO_2 memiliki intensitas yang sangat tinggi. Hidrolisis lempung dengan larutan asam klorida ternyata tidak memberikan perubahan yang signifikan

terhadap kandungan Al_2O_3 dan SiO_2 dalam lempung. Perubahan rasio Si/Al yang sangat kecil yaitu 0,08 (HCl 6 M) tidak dapat dikatakan sebagai pelepasan aluminium dari struktur lempung. Menurut Sutarno dkk (2004) bahwa perubahan yang cukup signifikan terhadap rasio Si/Al yang menyebabkan proses pelarutan spesi aluminium adalah sebesar 0,65, dimana perubahan ini disertai dengan penurunan intensitas puncak difraksi dari mineral lempung.

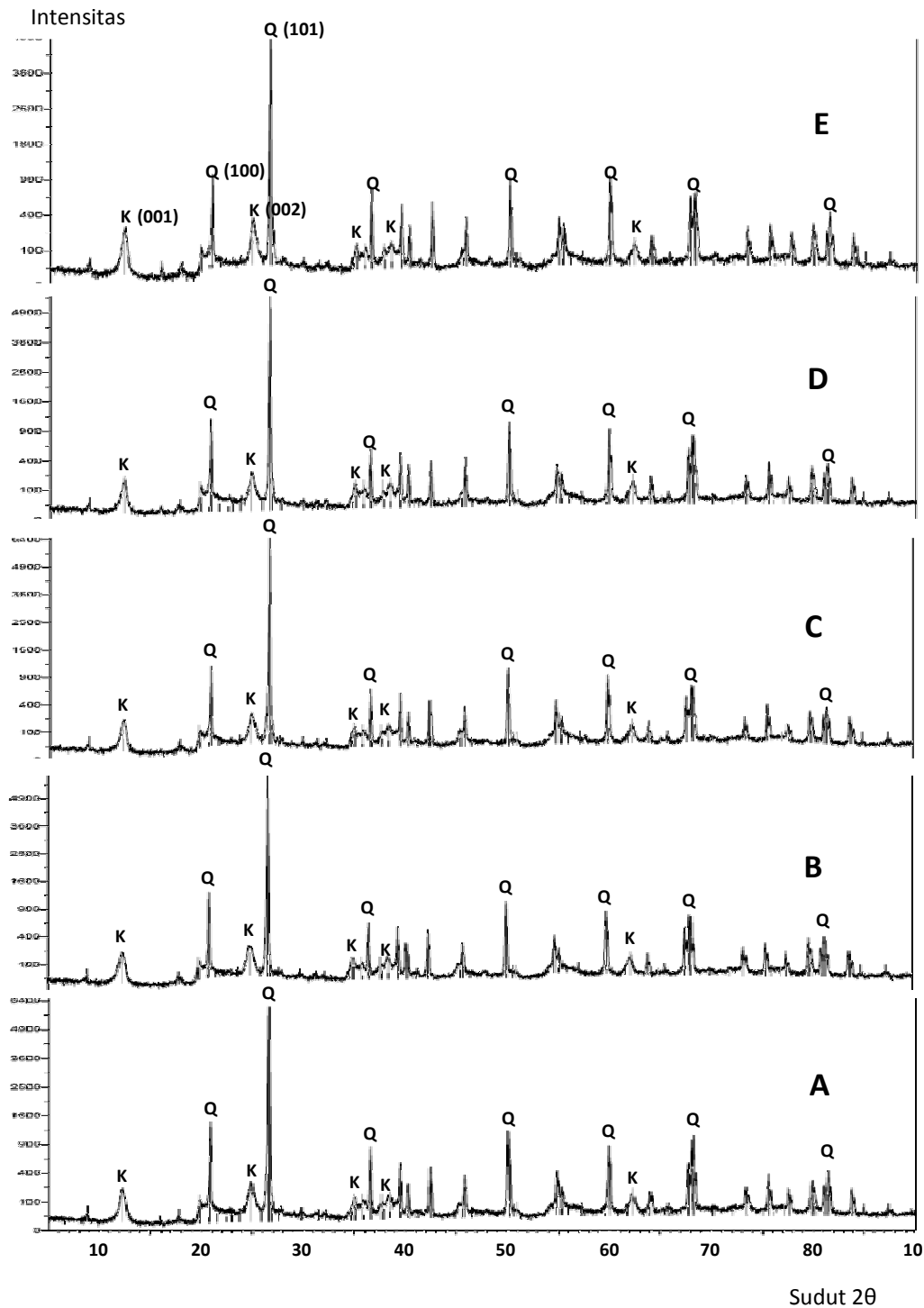
Penggunaan sinar-X dalam analisis lempung bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur lempung yang terjadi setelah dihidrolisis dengan larutan asam klorida. Pelepasan logam-logam dari struktur lempung dapat ditunjukkan melalui hasil difraksi sinar-X yang kemudian dibandingkan dengan lempung alam. Hidrolisis lempung dengan larutan asam klorida tidak menunjukkan perubahan yang signifikan terhadap struktur lempung. Hal ini dapat dilihat dengan tidak terjadinya pengurangan intensitas dari puncak difraksi dari lempung. Hasil analisis difraksi sinar-X terhadap lempung terhidrolisis asam HCl dengan berbagai konsentrasi disajikan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa hidrolisis asam tidak memberikan pengaruh terhadap struktur mineral kuarsa dan kaolinit. Hal ini dapat dilihat dari jarak dasar untuk

mineral kuarsa yang tidak mengalami perubahan. Baik untuk jarak difraksi d_{100} maupun jarak difraksi d_{101} . Perubahan yang terjadi hanya terlihat pada intensitas puncak. Intensitas puncak mineral kuarsa untuk jarak difraksi d_{101} mengalami peningkatan. Hal ini menginformasikan bahwa hidrolisis asam menyebabkan terjadinya transformasi struktur atau pengaturan kembali tetrahedral silika kuarsa (Sutarno, dkk., 2004) sehingga kristalinitasnya semakin meningkat. Menurut Tan (1995) dan Sirappa (2002), intensitas difraksi sinar-X menunjukkan kesempurnaan kristal dan kerapatan susunan atom dalam kristal. Semakin ramping puncak difraksi suatu mineral, maka kristalinitasnya semakin meningkat dengan susunan atom yang semakin rapat. Intensitas puncak difraksi dari suatu mineral merupakan persentase relatif dari komponen-komponen penyusunnya. Jika salah satu komponen berkurang atau hilang, maka akan meningkatkan persentase komponen yang lain. Mineral kuarsa mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pembentukannya (Sukandarrumidi, 1999). Oleh karena itu, peningkatan intensitas juga dapat diperkirakan terjadi akibat lepasnya logam-logam pengotor setelah hidrolisis. Peningkatan intensitas dari mineral kuarsa setelah proses hidrolisis dengan asam ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Intensitas puncak untuk mineral kuarsa dari lempung Capkala dan lempung terhidrolisis asam HCl

Jenis Sampel	2θ	d_{101}	Intensitas
Lempung Capkala	$26,63^\circ$	$3,34 \text{ \AA}$	4886,37
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 6 M	$26,62^\circ$	$3,34 \text{ \AA}$	6022,59
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 7 M	$26,64^\circ$	$3,34 \text{ \AA}$	5590,35
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 8 M	$26,65^\circ$	$3,34 \text{ \AA}$	5892,06
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 9 M	$26,63^\circ$	$3,34 \text{ \AA}$	5189,61
Lempung Terhidrolisis Asam HCl 10 M	$26,65^\circ$	$3,34 \text{ \AA}$	4934,21



Gambar 4. Difraktogram Lempung Capkala Terhidrolisis Asam HCl dengan Variasi Konsentrasi (A) 6 M, (B) 7 M, (C) 8 M, (D) 9 M dan (E) 10 M

Berdasarkan tabel 2 terlihat bahwa pada mineral kuarsa terjadi peningkatan intensitas puncak difraksi d_{101} , yaitu dari 4886,37 pada lempung alam menjadi 6022,59 pada lempung hasil hidrolisis dengan asam HCl 6 M. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi asam HCl 6 M sangat baik

digunakan untuk melepaskan logam-logam pengotor yang terdapat pada lempung.

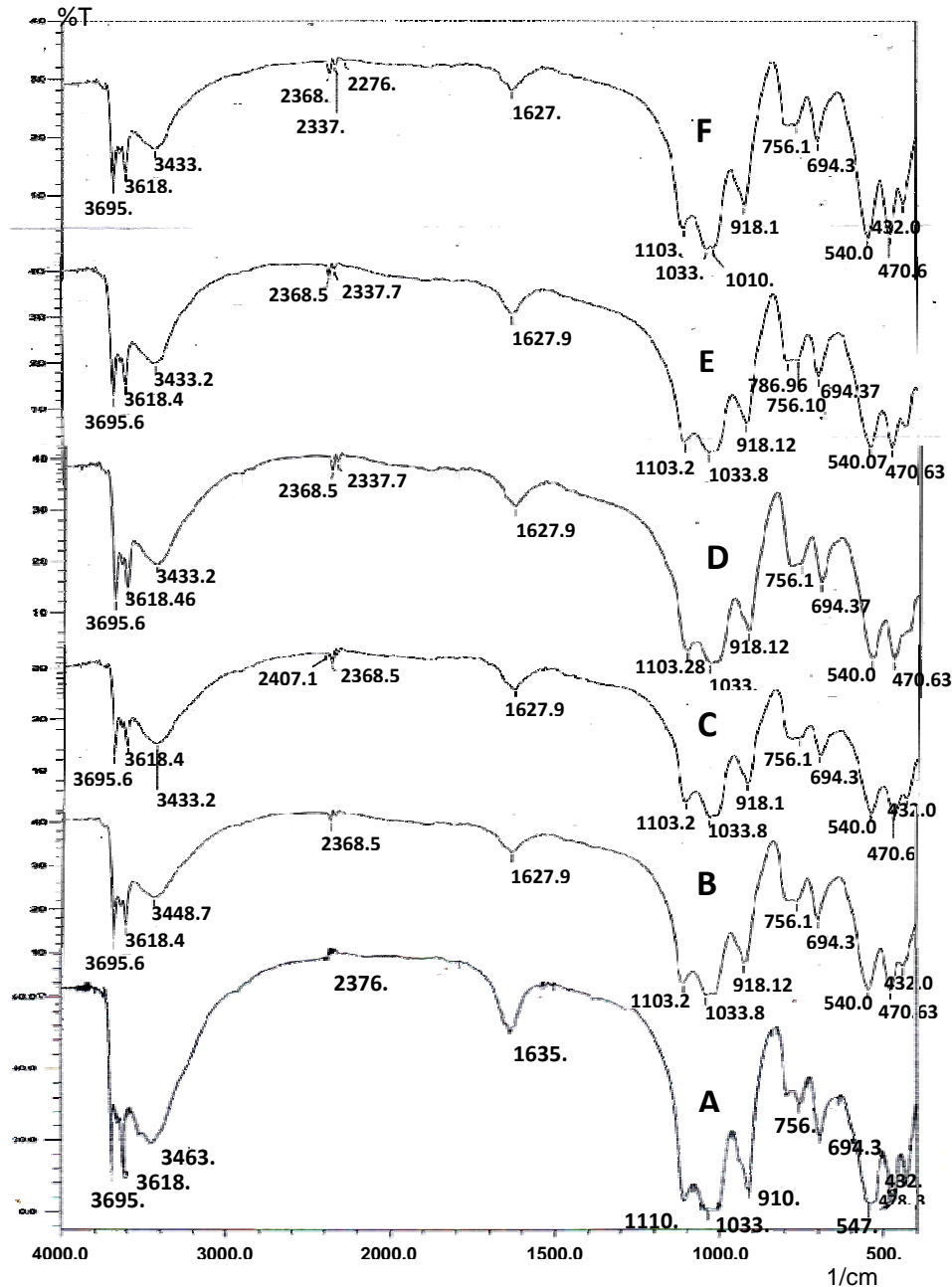
Spektrum serapan inframerah dari mineral lempung mempunyai pola yang khas, yang dapat digunakan untuk mengkaji perubahan struktur dari informasi keberadaan gugus-gugus fungsionalnya. Secara keseluruhan,

proses hidrolisis tidak berpengaruh terhadap gugus fungsi lempung (gambar 5). Hal ini dapat dilihat dengan tidak adanya pergeseran puncak pada bilangan gelombang $1110,80 \text{ cm}^{-1}$ dan $910,30 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan daerah vibrasi O-Al-OH dan Al-OH oktahedral lempung (Abdallah, 2006), serapan pada bilangan gelombang $547,70 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan puncak vibrasi untuk Al oktahedral, dan bilangan gelombang $432,00 \text{ cm}^{-1}$ untuk vibrasi tekuk Al-O (Yahiaoui *et al.*, 2003).

Puncak serapan di daerah $1033,80 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi regangan asimetris Si-O (Tan,1995) di lapisan tetrahedral. Serapan ini tidak mengalami pergeseran bilangan gelombang setelah lempung dihidrolisis dengan larutan asam klorida, yang mengindikasikan bahwa proses hidrolisis tidak mempengaruhi struktur tetrahedral lempung yang terbentuk dari ikatan Si-O. Hal ini disebabkan karena ikatan Si-O lebih kuat yang ditandai dengan besarnya energi pembentukannya jika dibandingkan dengan ikatan Al-O pada lapisan oktahedral lempung (Huang dan Schnitzer, 1997). Serapan di bilangan gelombang $694,30 \text{ cm}^{-1}$ (Wongwiwattana, 2002), $797-697 \text{ cm}^{-1}$

Abdallah (2006) merupakan daerah vibrasi regangan simetris Si-O. Menurut Sukandarrumidi (1999) pada suhu ruang mineral kuarsa tidak dapat bereaksi dengan asam. Sedangkan puncak pada bilangan gelombang $478,30 \text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan untuk vibrasi T-O lentur. Hal ini mirip dengan hasil yang ditemukan oleh Kumar *et al.*, (2007) yang menyatakan bahwa gugus yang kuat pada $420-500 \text{ cm}^{-1}$ menandakan T-O lentur.

Berdasarkan data analisa kimia, XRD dan IR terlihat bahwa hidrolisis lempung Capkala dengan larutan asam klorida tidak dapat melepaskan logam aluminium yang terdapat pada lapisan oktahedral lempung. Fenomena ini terjadi diperkirakan karena sampel yang digunakan sebagian besar terdiri atas mineral kuarsa sehingga perlakuan dengan larutan asam klorida hanya dapat dilihat pengaruhnya terhadap mineral kuarsa. Sedangkan pada mineral kaolin yang jumlahnya sangat sedikit, pengaruh perlakuan dengan asam tidak teramati. Selain itu, juga dapat dikatakan bahwa lempung yang digunakan dalam penelitian ini sangat stabil terhadap perlakuan dengan larutan asam klorida.



Gambar 5. Spektra IR Lempung Capkala (A) dan Lempung Terhidrolisis Asam HCl dengan Variasi Konsentrasi: (B) 6 M, (C) 7 M, (D) 8 M, (E) 9 M dan (F) 10 M

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa hidrolisis lempung dengan larutan asam klorida (HCl) tidak dapat melepaskan logam aluminium dari struktur lempung Capkala. Hidrolisis hanya melepaskan logam-logam pengotor yang terdapat pada permukaan lempung yang akhirnya berpengaruh terhadap peningkatan

intensitas puncak pada jarak dasar d_{101} untuk mineral kuarsa. Hidrolisis tidak teramati terhadap struktur kaolin karena komposisinya yang sangat kecil. Variasi konsentrasi HCl tidak berpengaruh terhadap karakter lempung Capkala terhidrolisis larutan asam klorida, hanya berpengaruh terhadap pelepasan logam-logam pengotor, dimana pada konsentrasi HCl 6 M memberikan hasil yang terbaik untuk pelepasan logam-logam pengotor dari struktur lempung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Propinsi Kalimantan Barat. 2006. Peluang Investasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kalimantan Barat.
2. Murray, H.H. 2000. Traditional and New Application for Kaolin, Smectite, and Palygorskite: a General Overview. *Appl. Clay Sci*, 17, 207-221
3. Atta, A.Y., Ajayi, O.A., and Adefila, S.S. 2007. Sintesis of Faujasite Zeolites from Kankara Kaolin Clay. *J. App. Sci. Res.* 3 (10): 1017-1021.
4. Linsen, T., Cool, P., Baroudi, M., Cassier, K., Vansant, E.F., Lebedev, O., and Landuyt, V.J., 2002, Leached Natural Saponite as the Silicate Source in the Synthesis of Aluminium Hexagonal Mesoporous Materials, *J. Am. Chem. Soc.*
5. Franus, W., Klinik, J., and Franus, M., 2004, Mineralogical Characteristics and Textural Properties of Acid-Activated Glauconite, *J. Chem. Mineral*, 35:0032-6267.
6. Alemdaroglu, T., Akkus, G., Onal, M., and Sarikaya, Y., 2003, Investigation of the Surface Acidity of a Bentonite Modified by Acid Activation and Thermal Treatment, *Turk. J. Chem.*, 27:675-681.
7. Madejova, J., 2003, FTIR Techniques in Clay mineral Studies, Institute of Inorganic Chemistry, Slovak Academy of Science.
8. Tan, K.H., 1995, Dasar-Dasar Kimia Tanah, Goenadi, D.H. (alih bahasa), Radjagukguk, B. (ed), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
9. Chen, C.Y., and Tuan, W.H., 2002, Evolution of Mullite Texture on Firing Tape-Cast Kaolin Bodies, *J. Am. Ceram. Soc.*, 85(5):1121-1126.
10. Laraba, M., 2006, Chemical Analyses with X-ray Diffraction X-ray, X-ray Fluorescence and the Influence of the Impurities on the Quality of Kaolin of Tamazert EL-Milia, Algeria, *J. of App. Scien.*, 6(5):1020-1027.
11. Huang, P.M., dan Schnitzer, M., 1997, Interaksi Mineral Tanah Dengan Organik Alam Dan Mikroba, Goenadi, D.H. (alih bahasa), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
12. Ismangil dan Hanudin, E., 2005, Degradasi Mineral Batuan Oleh Asam-Asam Organik, *J. Ilm. Tan. Ling.*, 5(1):1-17.
13. Wahyuni, N., Arryanto, Y., dan Kartini, A., 2004, Modifikasi Lempung Alam dengan Pemilar Besi Oksida dan Surfaktan Benzalkonium Klorida: Sintesis dan Karakterisasi dengan Spektrofotometer Inframerah (FTIR), Prossiding Seminar Nasional Kimia X, Jurusan Kimia FMIPA, UGM, Yogyakarta.
14. Sutarno, Arryanto, Y., dan Budhyantoro, A., 2004, Sintesis Faujasite dari Abu Layang Batubara: Pengaruh Refluks dan Penggerusan Abu Layang Batubara terhadap Kristalinitas Faujasite, *Indo. J. of Chem.*, 9(3):285-290.
15. PDF Joint Committee, 1997, Database PCPDFWIN, New York.
16. Sirappa, M.P., dan Sastiono, A., 2002, Analisis Mineral Lempung Tanah Regosol Lombok dengan Menggunakan Sinar-X dalam Kaitannya dengan Penentuan Sifat dan Cara Pengelolaan Tanah, *J. Ilm. Tan. Ling.*, 3(2):1-6.
17. Sukandarrumidi, 1999, Bahan Galian Industri, Cetakan Pertama, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
18. Abdallah, S.M., 2006, Towards a More Safe Environment: (1) A New Modified Clay for Removing Heavy Metals from Low Quality Water, *J. Appl. Sci. Res.*, 2(7):391-396.
19. Yahiaoui, A., Belbachir, M., and Hachemaoui, A., 2003, An Acid Exchange Montmorillonite Clay-Catalyzed Synthesis of Polyepichlorhydrin, *Int. J. Mol. Sci.*, (4):548-561.
20. Wongwiwattana, J., 2002, Synthesis and Kinetic Study of Zeolite Na-A from Thai Kaolin, Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Chemistry Suranaree University of Technology, (Thesis).
21. Kumar, P. D., Jadhav, S.S., and Devotta, 2007, Surface-Modified-Zeolite A for Sequestration of Arsenic and Chromium Anion, National Environmental Engeneering Research Institute, Nehru Marg, India, *J. Curr. Scien.*, 92(4).

MENGATASI DEGRADASI LAHAN MELALUI APLIKASI PEMBENAH TANAH (Kajian Persepsi Petani di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur)

S. H. Tala'ohu* dan M. Al-Jabri

Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi
Jl. Tentara Pelajar No. 1 A, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor 16111
Email: s_talaohu@yahoo.com*

ABSTRAK

Peningkatan kualitas tanah terdegradasi dapat ditempuh melalui penggunaan pembenah tanah (Zeolit, pupuk kandang, kompos, dll.), sistem usaha tani konservasi, pengelolaan bahan organik, sistem pemupukan berimbang spesifik lokasi, serta efisiensi penggunaan air. Penelitian bertujuan untuk mengetahui: (1) jenis pembenah tanah yang masih digunakan petani, sumber informasi, serta dosis penggunaannya; (2) kendala penggunaan dan manfaatnya, (3) tingkat efisiensi pemupukan, dan (4) peluang pengembangan. Penelitian dilaksanakan dengan metode survei yakni wawancara terstruktur yang meliputi: karakteristik petani, identifikasi, dan prospek pengembangan pembenah tanah di masa yang akan datang. Identifikasi penggunaan pembenah tanah antara lain: jenis pembenah tanah yang dikenal/digunakan petani, sumber informasi, aplikasi, dampak penggunaan, manfaat dan kendala penggunaan. Hasil penelitian menunjukkan: distribusi umur responden ≤ 55 tahun (80,7%) dan > 55 tahun (19,3%). Diseminasi melalui penyuluhan, demplot di lahan petani guna menumbuhkembangkan keyakinan petani akan manfaat dan pentingnya penggunaan pembenah tanah dalam mengatasi degradasi lahan, meningkatkan produktivitas, serta produksi pertanian. Pembenah tanah yang dikenal/pernah digunakan oleh 24% petani responden adalah butiran zeolit (Agro-88) dan dolomit; takaran pembenah tanah untuk: sawah 500 kg zeolit/ha dan 577 kg dolomit/ha; tegalan 219 kg zeolit/ha dan 409 kg dolomit/ha; kebun campuran 600 kg zeolit/ha dan 143 kg dolomit/ha. Manfaat pembenah tanah adalah meningkatkan produksi: padi, jagung, dan sayur-sayuran (bunga kol, cabai, tomat) sekitar 10-30%, meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi dosis pupuk Urea sebanyak 15-30% dan SP-36 sebanyak 30%.

Kata kunci: Degradasi lahan, pembenah tanah zeolit, efisiensi pemupuk, produktivitas lahan

ABSTRACT

OVERCOME LAND DEGRADATION WITH SOIL AMELIORANT APPLICATION (STUDY OF FARMER PERCEPTIONS IN MALANG, EAST JAVA). Improving the quality of soils degradation can be achieved using the soil ameloirant (i. e. Zeolite, manure, compost, etc.), conservation farming systems, organic management, system balanced fertilization specific location, and efficiency of water use. This study aimed to determine: (1) the type of soil ameloirant that is still used by farmers, sources of information, and its use of doses, (2) constraints and benefit of use, (3) fertilizer efficiency, and (4) development opportunities. This study conducted by survey method that is structured interview included: farmer characteristics, identification, and soil ameloirant development prospects in the future. Identification of soil ameloirant, such as: type of soil ameloirant used by farmers, sources of information, applications, the impact of the use, benefits and constraints of use. The results showed that: the distribution age of respondent ≤ 55 years (80.7%) and > 55 years (19.3%). Dissemination through counseling, pilot project on farmers land in order to developing the confidence of farmers will benefit and importance of the use soil ameloirant to repair land degradation, increasing productivity, and agricultural production. The soil ameloirant have been used by 24% of respondents farmers is zeolite granules (Agro-88) and dolomite; measurement of soil ameloirant for rice field: 500 kg of zeolit /ha and 577 kg dolomite/ha; garden: 219 kg zeolite/ha and 409 kg dolomite/ ha; mixed-garden: 600 kg of zeolit/ha and 143 kg dolomite/ha. Soil ameloirant benefits is for increasing the production: paddys, corns, and vegetables (cauliflower, peppers, tomatoes) around 10-30%, improving the soil fertility and reducing dosage of urea fertilizer as much as 15-30% and SP-36 as much as 30%.

Keywords: Land degradation, zeolite soil ameloirant, fertilizer efficiency, land productivity

PENDAHULUAN

Luas lahan terdegradasi di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat (selama kurun waktu 1993–2003) mencapai luas \pm 23,2 juta ha dengan rata-rata pertambahan 0,52 juta ha per tahun. Perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum yang dipantau dengan citra satelit menunjukkan bahwa selama tahun 1992–2002, hutan berkurang 3,23% dan sawah irigasi 2,28%. Penyusutan areal hutan di daerah berlereng yang merupakan kawasan resapan air berdampak terhadap peningkatan laju erosi dan sedimentasi di Waduk Saguling dari 1,19 mm/tahun menjadi 1,46 mm/tahun dan di Waduk Cirata dari 0,83 mm/tahun menjadi 2,10 mm/tahun. Rata-rata laju sedimentasi per tahun di kedua waduk tersebut berada di atas ambang batas perencanaan waduk (1,0 mm/tahun dan 1,78 mm/tahun (Haeruman, 1997; Puslittanak, 1997). Jika laju erosi tidak dapat ditekan dan sedimentasi terus meningkat, maka akan terjadi penumpukan sedimen waduk sehingga daya tampungnya terus berkurang. Air yang tidak tertampung, akan mengalir ke daerah hilir yang dapat menyebabkan longsor maupun banjir. Pada lahan-lahan yang terdegradasi, efisiensi serapan hara akan rendah disebabkan penggunaan pupuk yang tidak rasional (Yamagata, 1967; Mumpton and Fishman, 1977; Sanchez, 1976; Westerman, 1990; World Bank, 2001; Suwardi, 1997b; Simanjuntak, 2002; Al-Jabri, 2006; Prakoso, 2006;).

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas lahan yang telah terdegradasi adalah penggunaan pembenah tanah dikombinasi dengan teknik konservasi tanah dan air, pengelolaan bahan organik, sistem pemupukan berimbang spesifik lokasi berdasarkan hasil uji tanah dan kebutuhan tanaman. Manfaat langsung penggunaan pembenah tanah bagi pembangunan pertanian adalah memperbaiki/meningkatkan produktivitas lahan kritis, sehingga produksi tanaman pangan (padi, jagung, dan kedelai) dan tanaman lainnya dapat ditingkatkan dan ketergantungan impor komoditas terutama tanaman pangan secara bertahap dapat dikurangi (Prihatini *et al.* 1987; Suwardi, 1997a; Al-Jabri, 1990; Rachman *et al.* 2006).

Arsyad (2000) mengemukakan bahwa konsep penggunaan pembenah tanah untuk merehabilitasi lahan terdegradasi adalah: (1) pemantapan agregat tanah guna mencegah erosi dan pencemaran, (2) merubah sifat

hydrophobic atau *hydrophilic*, sehingga mampu meningkatkan kapasitas tanah menahan air (*water holding capacity*), (3) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), sehingga unsur hara dalam tanah tidak mudah tercuci dan dapat diserap akar tanaman.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 02 Tahun 2006, yang dimaksud dengan pembenah tanah adalah bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral yang berbentuk padat atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Sedangkan dikalangan ahli tanah, pembenah tanah dikenal sebagai *soil conditioner* yang secara lebih spesifik diartikan sebagai bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral, berbentuk padat maupun cair, mampu memperbaiki struktur tanah, dapat merubah kapasitas tanah menahan dan melalukan air, serta dapat memperbaiki kemampuan tanah memegang unsur hara, sehingga unsur hara tidak mudah hilang, dan tanaman masih mampu memanfaatkannya.

Meskipun pembenah tanah kapur pertanian dan zeolit telah diperjualbelikan dan digunakan petani, akan tetapi sampai saat ini masih sangat sedikit data/informasi yang menjelaskan secara terperinci tentang jenis dan dosis pembenah tanah yang umum digunakan petani, kendala penggunaan pembenah tanah dan tingkat efisiensi pemupukan di tingkat petani sebagai dampak dari penggunaan pembenah tanah, serta prospek/pelebaran pengembangan pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengidentifikasi jenis, dosis pembenah tanah yang digunakan petani; 2) Kendala penggunaan pembenah tanah di tingkat petani; 3) Tingkat efisiensi pemupukan sebagai dampak penggunaan pembenah tanah; 4) Peluang pengembangan/penggunaan pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Penelitian dilakukan di Kecamatan Pujen, Batu, dan Junrejo; Kabupaten Malang-Provinsi Jawa Timur. Pemilihan lokasi didasarkan pada pertimbangan bahwa lahan yang ditanami komoditas sayuran memiliki

tingkat degradasi lahan yang relatif tinggi. Petani responden diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yakni: petani pengguna, petani pernah menggunakan, dan petani yang tidak pernah menggunakan pembenah tanah. Pemilihan responden pada masing-masing kelompok dilaksanakan secara acak setelah melakukan koordinasi dengan kepala desa/ketua kelompok tani. Lokasi dan jumlah petani responden dalam setiap kelompok yang diwawancara seperti pada Tabel 1. Guna melengkapi data dan informasi dari petani, maka dilaksanakan juga wawancara kepada penyuluh pertanian lapang (PPL) dan distributor pembenah tanah. Penelitian ini dilaksanakan mulai Juni sampai Oktober 2007.

Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan melalui metode survei yakni wawancara langsung menggunakan kuisisioner terstruktur baik kepada petani, penyuluh pertanian lapangan (PPL), dan distributor. Data yang dikumpulkan dari petani responden meliputi: (i) karakteristik petani, (ii) informasi jenis pembenah tanah yang umum dikenal dan digunakan, (iii) sumber informasi dan dosis aplikasi, (iv) manfaat dan kendala penggunaan pembenah tanah di tingkat petani, (v) tingkat efisiensi pemupukan sebagai dampak penggunaan pembenah tanah, serta (vi) peluang pengembangan penggunaan pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan.

Tahapan kegiatan

Tahapan kegiatan penelitian terdiri atas dua bagian yaitu: studi pustaka (*desk work*) dan survei lapangan.

a. Studi pustaka

Pada tahap ini dilakukan kajian hasil-hasil penelitian tentang pembenah tanah. Hasil

kajian digunakan untuk menyusun kuesioner dan menentukan lokasi untuk studi di lapangan.

b. Survei di Lapangan

Survei terdiri atas dua bagian yakni pra survei dan survei utama. Pra survei dimaksudkan untuk menghimpun data tentang implementasi dan permasalahan pembenah tanah di tingkat lapangan, melalui koordinasi dan konsultasi dengan BAPPEDA dan Dinas Pertanian Tingkat I dan II, serta Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) sekaligus menentukan lokasi penelitian. Survei utama dilakukan dengan cara wawancara langsung kepada petani, PPL, dan distributor/agen penjual pembenah tanah. Pada saat dilakukan survei, diambil contoh jenis pembenah tanah zeolit Agro-88 dari toko dan distributor untuk dianalisis di laboratorium. Jenis analisis yang ditetapkan adalah: kapasitas tukar kation (KTK), kandungan unsur P_2O_5 , K_2O , Ca, Mg serta pH dan kadar air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembenah tanah dikelompokkan menjadi dua yakni pembenah tanah alami dan sintetis. Pembenah tanah alami yang sudah dikenal dan banyak digunakan petani terutama bahan organik, kapur pertanian (kaptan) seperti kalsit- $CaCO_3$; butiran zeolit (Agro-88) dan dolomit- $CaCO_3.MgCO_3$. Pembenah tanah alami lainnya diantaranya adalah: bitumen, skim lateks, sedangkan pembenah tanah sintetis antara lain: VAMA, HPAN, SPA, PAAM/PAM, Poly-DADMAC, dan Hydrostock. Selama pelaksanaan penelitian ini, dijumpai bahwa petani responden hanya mengetahui pembenah tanah alami yakni zeolit, dolomit, dan pupuk kandang/kompos. Umumnya responden tidak mengenal pembenah tanah sintetis.

Tabel 1. Lokasi dan jumlah responden setiap kelompok

Lokasi				Kelompok Responden				
Provinsi	Kabupaten	Kecamatan	Desa	Petani pengguna	Petani mantan pengguna	Petani bukan pengguna	PPL	Distributor
Jawa Timur	Malang	Junrejo	Torongrejo	0	9	9		
			Batu	7	2	4	2	3
			Pujen	7	3	3		

Berdasarkan Permentan No.02 Tahun 2006: pupuk kandang dengan kandungan C-organik $\geq 12\%$ dikategorikan ke dalam pupuk organik. Bahan organik dengan C-organik $> 12\%$ juga dapat berfungsi sebagai pembenah tanah (atau berfungsi ganda yakni selain sebagai pupuk juga sekaligus sebagai pembenah tanah).

Karakteristik Petani

Rata-rata umur petani responden termasuk umur produktif yakni kurang dari 55 tahun, sebagian besar ($> 85,7\%$ dan $78,6\%$) petani responden yang sedang dan pernah menggunakan pembenah tanah berumur < 55 tahun. Ini berarti bahwa sebagian besar petani responden cukup responsif terhadap inovasi teknologi dan tidak ada kendala dari faktor umur. Petani pengguna, baik yang masih maupun yang tidak lagi menggunakan

pembenah tanah, hanya berpendidikan SD dan sebagian kecil berpendidikan SMP/SMA, sedangkan petani yang tidak pernah menggunakan pembenah tanah seluruhnya berpendidikan SD (Tabel 2). Rendahnya pendidikan ini turut mempengaruhi tingkat adopsi responden terhadap inovasi teknologi pengelolaan lahan, apalagi kunjungan dan penyuluhan tentang pengelolaan lahan serta penggunaan pembenah tanah guna menekan laju degradasi lahan nampaknya kurang terlaksana dengan baik. Oleh sebab itu, diseminasi teknologi penggunaan pembenah tanah perlu ditempuh melalui kunjungan dan penyuluhan secara rutin disertai pembuatan demplot di lahan petani yang mengikutsertakan petani dan atau kelompok tani, agar mereka lebih yakin akan manfaat dan pentingnya penggunaan pembenah tanah dalam upaya mengatasi degradasi lahan, peningkatan produktivitas lahan serta produksi tanaman.

Tabel 2. Karakteristik petani responden berdasarkan faktor: umur, pendidikan, jumlah anggota keluarga, jenis pekerjaan, dan luas lahan

Deskripsi	Sedang Menggunakan	Pernah Menggunakan	Tidak Menggunakan
Umur petani (tahun)	45	44	50
Kelompok umur:			
- ≤ 55 th (%)	85,7	78,6	77,7
- > 55 th (%)	14,3	21,4	22,3
Pendidikan (%):			
- Tidak tamat SD	7,1	0,0	0,0
- SD	78,6	78,6	100
- SMP	14,3	7,1	0,0
- SMA	0,0	14,3	0,0
Jumlah anggota keluarga (org)	3,2	3,0	3,3
Luas lahan yang dimiliki (ha):	0,97	0,46	0,40
- Sawah setengah teknis	0,35	0,35	0,26
- Sawah tadah hujan	0,00	0,03	0,00
- Tegalan	0,54	0,05	0,09
- Kebun campuran	0,08	0,03	0,05
Luas lahan yang digarap (ha):	1,12	0,43	0,41
- Sawah setengah teknis	0,40	0,35	0,26
- Tegalan	0,64	0,05	0,10
- Kebun campuran	0,08	0,03	0,05
Pekerjaan utama (%):			
- Petani	100	78,6	87,4
- Buruh tani	0,00	14,2	6,3
- Non pertanian	0,00	7,2	6,3
Pekerjaan sampingan (%):			
- On farm	71,6	78,6	81,2
- Off Farm	14,2	0,0	0,0
- Non Pertanian	14,2	21,4	18,8

Rumah tangga petani responden tergolong sedang, dimana jumlah anggota keluarga 3-4 orang. Secara umum kepemilikan lahan petani pengguna pembenah tanah lebih luas dibandingkan petani mantan pengguna maupun petani bukan pengguna. Rata-rata luas lahan yang dimiliki petani yang tidak menggunakan pembenah tanah hanya 0,40 Ha, sehingga kemungkinan sempitnya lahan dan keterbatasan biaya produksi menjadi pertimbangan untuk tidak menggunakan pembenah tanah.

Pekerjaan utama responden adalah petani, bahkan pekerjaan utama petani pengguna adalah 100% sebagai petani. Rata-rata responden mempunyai pekerjaan sampingan, baik di bidang pertanian sebagai buruh tani maupun di luar pertanian sebagai buruh bangunan atau pedagang.

Identifikasi Penggunaan Pembenah Tanah

Hasil identifikasi penggunaan pembenah tanah menginformasikan tentang jenis pembenah tanah yang dikenal, yang sedang, dan pernah digunakan, sumber informasi dan sumber pembenah tanah, aplikasi serta takaran pembenah tanah yang digunakan.

Jenis Pembenah Tanah yang Dikenal

Hasil wawancara dengan petugas Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) memperlihatkan bahwa sejak zeolit dan dolomit dikenalkan kepada petani tahun 1990, \pm 80% petani sudah mengenal pembenah tanah, dan dari tahun 2000 sampai sekarang \pm 20% petani masih tetap menggunakan dalam berusaha tani. Petani mengenal pembenah tanah alami seperti zeolit (Agro-88) dan dolomit dari teman dan atau keluarga.

Dolomit lebih dikenal dan banyak digunakan oleh petani responden khususnya petani pengguna dan mantan pengguna, sedangkan pada saat itu zeolit (Agro-88) belum banyak dikenal (Gambar 1).

Petani responden yang tidak menggunakan pembenah tanah sebenarnya sudah mengetahui jenis pembenah tanah yang beredar di desanya, hanya saja belum memutuskan untuk menggunakannya dalam berusaha tani, selain karena belum jelas pengaruhnya juga karena keterbatasan biaya. Sekitar 50% petani responden yang tidak menggunakan pembenah tanah, telah mengenal Zeolit (Agro-88) dan dolomit. Informasi mengenai alasan mengapa tidak

menggunakan pembenah tanah sangat penting untuk melihat prospek penerapannya oleh petani di masa yang akan mendatang.

Sumber Informasi dan Pembenah Tanah

Sumber informasi bagi petani yang sedang menggunakan zeolit (Agro-88), sebanyak 50% petani responden mengatakan bersumber dari pedagang (Gambar 2). Sekitar 33,3% petani responden mengenal zeolit (Agro-88) melalui penyuluh pertanian. Sebanyak 50% petani responden mengenal dolomit lewat teman atau keluarga dan sekitar 25% responden memperoleh informasi dari penyuluh, serta sekitar 8,3% menggunakan pembenah tanah atas inisiatif sendiri.

Seluruh petani responden (100%) mantan pengguna pembenah tanah mengatakan bahwa mereka mendapat informasi tentang pembenah tanah dari teman atau keluarga. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) di Kabupaten Malang-Jawa Timur, sebagai penyampai informasi (*delivery system*) khususnya mengenai pembenah tanah masih belum optimal sehingga di masa yang akan datang perlu terus ditingkatkan melalui kunjungan langsung maupun melalui demplot yang secara langsung melibatkan petani.

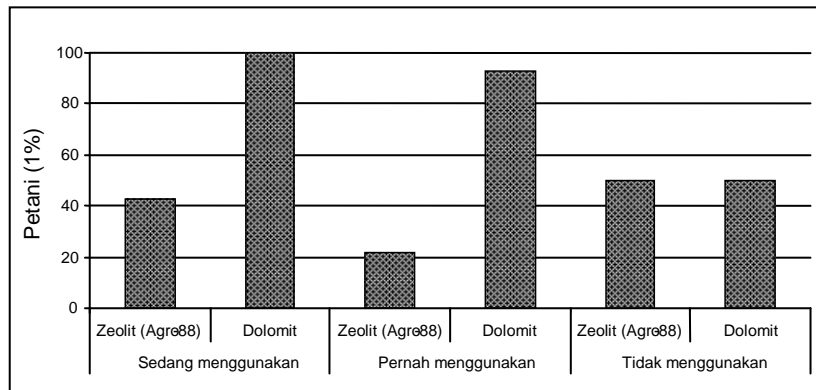
Penggunaan dan Dosis

Umumnya petani responden pengguna pembenah tanah memanfaatkan zeolit dan dolomit di lahan tegalan, kebun campuran, dan sawah. Sekitar 28,6% dan 14,2% petani menggunakan masing-masing zeolit (Agro-88) dan dolomit di tegalan untuk tanaman sayuran (bawang merah, wortel, kentang, dan kubis). Presentasi petani menggunakan pembenah tanah dan dosis di lahan sawah, tegalan, dan kebun campuran disajikan pada Tabel 3. Rata-rata penggunaan takaran pembenah tanah untuk sawah adalah: 500 kg zeolit Agro-88/ha dan 577 kg dolomit/ha; untuk tegalan masing-masing 219 kg zeolit/ha dan 409 kg dolomit/ha, untuk kebun campuran masing-masing 600 kg zeolit/ha dan 143 kg dolomit/ha, dan umumnya kedua jenis pembenah tanah tersebut diberikan sebelum tanam dengan cara disebar dan kemudian dicampur dengan tanah saat pengolahan tanah.

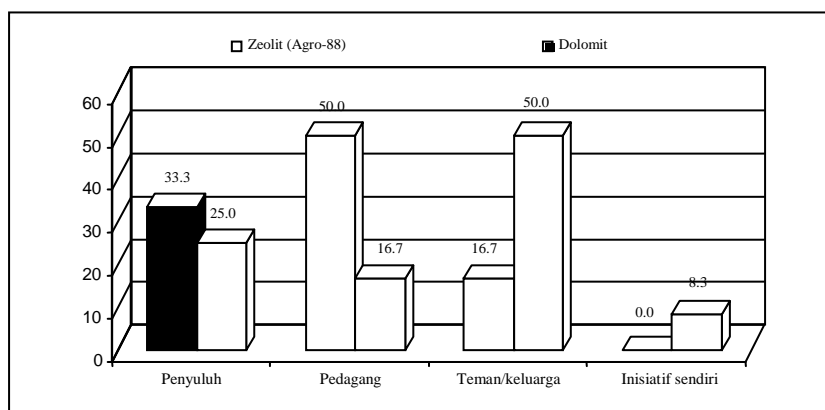
Petani yang menggunakan zeolit Agro-88 di sawah, hanya sekitar 7,1% dengan dosis 500 kg/ha, sedangkan dolomit digunakan oleh sekitar 28,6% petani dengan takaran rata-rata

577 kg/ha. Jenis tanaman, cara dan waktu pemberian zeolit dan dolomit di lahan sawah tidak berbeda dengan di lahan tegalan. Penggunaan zeolit di kebun campuran dilakukan oleh sekitar 7,1% petani yaitu untuk

tanaman apel dengan dosis 600 kg/ha yang diberikan setelah panen, sedangkan dolomit lebih umum digunakan oleh petani (71,4%) dengan dosis rata-rata 143 kg/ha dan digunakan untuk tanaman sayuran.



Gambar 1. Pembena tanah yang dikenal dan digunakan petani



Gambar 2. Sumber informasi pembenah tanah bagi petani yang sedang menggunakan di Jawa Timur

Tabel 3. Penggunaan pembenah tanah berdasarkan tipe penggunaan lahan (responden yang sedang menggunakan)

Tipologi lahan	Zeolit (Agro-88)		Dolomit	
	Petani (%)	Rerata dosis (kg/ha)	Petani (%)	Rerata dosis (kg/ha)
Sawah	7,1	500	28,6	577
Tegalan	28,6	219	14,2	409
Kebun campuran	7,1	600	71,4	143

Tabel 4. Hasil analisis KTK, kandungan, P, Ca, dan Mg (contoh zeolit/Agro-88)

Jenis analisis	Kandungan	Kelas
KTK (c-mol(+) kg ⁻¹)	62	Tinggi
pH	8,3	Agak alkalis
P ₂ O ₅ (%)	0,14	Rendah
K ₂ O (%)	0,01	Rendah
Ca (%)	1,75	Rendah
Mg (%)	0,25	Rendah

Keterangan: hasil analisis Laboratorium Kimia, Balai Penelitian Tanah 2007

Efisiensi pemupukan sangat ditentukan oleh kualitas pembenah tanah yang digunakan. Hasil analisis KTK, contoh zeolit (Agro-88) adalah 62 c-mol(+) kg⁻¹ yang diambil dari kios di lokasi penelitian tergolong tinggi (Tabel 4), walaupun masih dibawah criteria Permentan (<80 c-mol(+) kg⁻¹).

Meskipun KTK zeolit (Agro-88) sebesar 62 c-mol(+) kg⁻¹ masih di bawah kriteria Permentan No.02 Tahun 2006 (80 c-mol(+) kg⁻¹), namun demikian perbedaan ini lebih disebabkan oleh karena KTK zeolit yang diukur di Laboratorium menggunakan prosedur penetapan KTK untuk contoh tanah dan bukan menggunakan prosedur penetapan KTK zeolit berdasarkan SNI, dimana perbedaannya pada ukuran besar butir dan nisbah contoh zeolit terhadap larutan amonium asetat. Penetapan KTK contoh zeolit berdasarkan SNI menggunakan contoh yang sangat halus dan nisbah contoh zeolit terhadap amonium asetat lebih lebar.

Pemberian zeolit dengan KTK yang tinggi dapat mempengaruhi ketersediaan hara dalam tanah sehingga lebih mudah diserap akar tanaman dan pada gilirannya meningkatkan produksi tanaman dan pendapatan usaha tani.

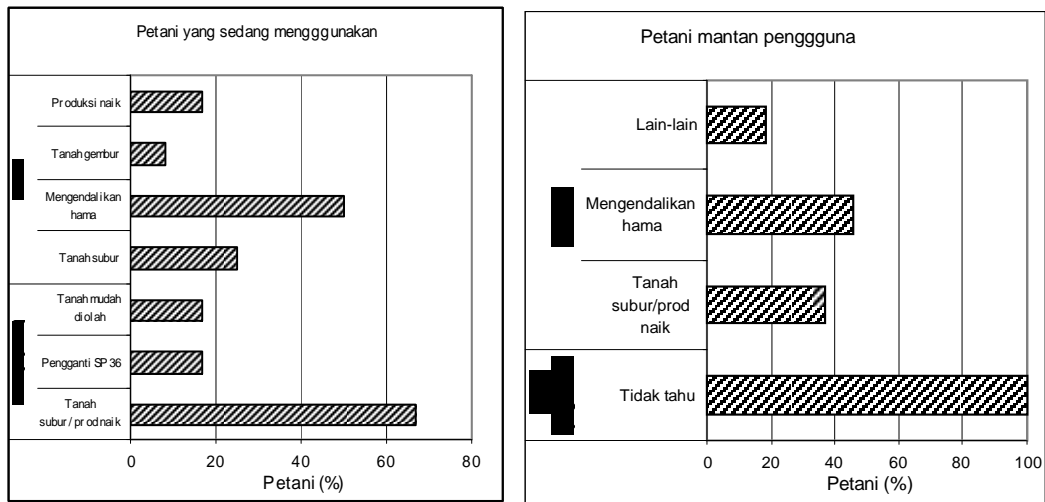
Manfaat dan Kendala Penggunaan Pembenah Tanah

Manfaat pembenah tanah bagi petani yang sedang dan pernah menggunakan pembenah tanah disajikan pada Gambar 3. Bagi petani pengguna pembenah tanah, alasan

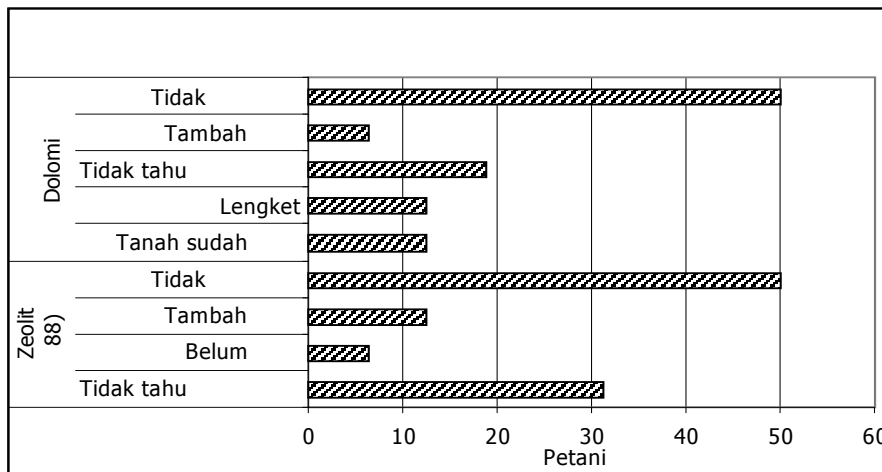
menggunakan zeolit (Agro-88) yakni karena mampu meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman (66,6%), dan masing-masing sekitar 16,7% petani mengatakan zeolit berfungsi sebagai pengganti pupuk SP-36 dan memudahkan pengolahan tanah. Alasan penggunaan dolomit dipilih petani dari urutan tertinggi sampai terkecil masing-masing karena 50% petani mengatakan bahwa dolomit berfungsi mengendalikan hama, 25% mampu menyuburkan tanah, 18% dapat meningkatkan produksi tanaman, dan 7% tanah jadi gembur (Gambar 3).

Seluruh (100%) petani responden mantan pengguna menyatakan tidak tahu manfaat zeolit (Agro-88). Umumnya petani pengguna dan mantan pengguna memakai zeolit karena ikut teman/keluarga. Ini berarti bahwa informasi tentang manfaat zeolit Agro-88 tidak pernah/belum sampai ke petani dan hal ini merupakan tantangan ke depan bagi instansi terkait termasuk penyuluh pertanian lapang dalam upaya diseminasi pembenah tanah zeolit kepada petani/pengguna. Berbeda dengan zeolit, ternyata petani yang pernah menggunakan dolomit mengetahui manfaat dolomit yaitu untuk mengendalikan hama (45,4% petani), sekitar 36,4% petani responden berpendapat untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman, serta 19,2% adalah untuk lain-lain (Gambar 3).

Beberapa alasan yang dikemukakan petani responden yang tidak pernah menggunakan pembenah tanah disajikan pada Gambar 4.



Gambar 3. Manfaat pembenah tanah bagi petani pengguna dan mantan pengguna



Gambar 4. Alasan petani tidak menggunakan pembenah tanah

Tabel 5. Kendala yang dihadapi petani dalam penggunaan pembenah tanah

Kendala	Petani Sedang Menggunakan			Petani Pernah Menggunakan		
	Tidak Ada	Urutan Prioritas		Tidak Ada	Urutan Prioritas	
		Pertama	Kedua		Pertama	Kedua
----- % -----						
<i>Internal</i>						
Tidak tahu caranya	100	-	-	78,6	-	21,4
Aplikasi sulit	100	-	-	92,9	-	7,1
Butuh tenaga kerja	78,6	21,4	-	85,8	7,1	7,1
Tidak ada Bimbingan/ Penyuluhan	42,9	50,1	7,1	42,9	57,1	-
<i>External</i>						
Sumber	100	-	-	100	-	-
Harga	78,6	21,4	-	78,6	7,1	14,3
Ketersediaan (jumlah)	100	-	-	92,9	-	7,1
Ketersediaan (waktu)	100	-	-	100	-	-

Alasan petani tidak menggunakan zeolit (Agro-88) adalah tidak mengenal (50%), tidak tahu manfaatnya (31,3%), biaya bertambah (13,4%), dan belum yakin terhadap manfaat pembenah tanah (5,3%). Alasan yang dikemukakan petani mengapa tidak menggunakan dolomit adalah tidak mengenal (50%), tidak tahu manfaatnya (18,8%), tanah menjadi lengket serta tanah sudah subur (masing-masing 13,4%), dan biaya bertambah (4,8%). Informasi tersebut menunjukkan bahwa petani tidak menggunakan pembenah tanah karena memang belum mengenal dan tidak tahu manfaat pembenah tersebut, selain kendala keterbatasan biaya. Upaya diseminasi fungsi dan manfaat pembenah tanah perlu lebih ditingkatkan baik intensitasnya maupun sebaran wilayahnya.

Kendala penggunaan pembenah tanah yang ditemui adalah: (i) kendala internal yang bersumber dari pihak petani sendiri dan (ii) kendala eksternal yakni yang bersumber dari luar petani. Pada umumnya petani yang sedang menggunakan pembenah tanah tidak merasakan adanya kendala internal maupun eksternal.

Kendala internal yang masih dirasakan sebagian petani (57,1%) adalah kurangnya bimbingan tentang penggunaan pembenah tanah dengan benar, sedangkan kendala eksternal berupa mahalannya harga pembenah tanah seperti dinyatakan oleh 21,3% petani responden (Tabel 5).

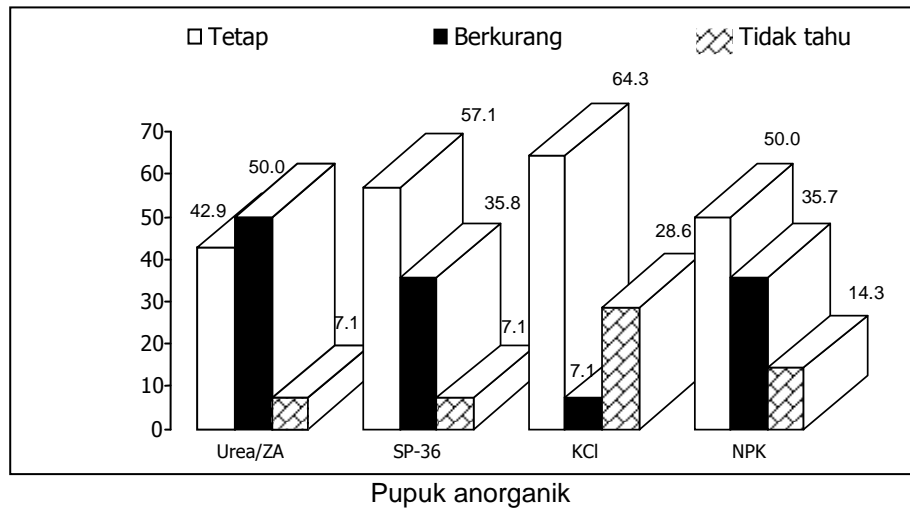
Kendala internal paling dirasakan petani yang pernah menggunakan pembenah tanah adalah tidak adanya bimbingan atau penyuluhan, dimana sekitar 57,1% petani menyatakan hal tersebut sebagai prioritas pertama. Kurangnya pengetahuan petani tentang aplikasi pembenah tanah juga dirasakan oleh sekitar 21,4% petani meskipun berada pada prioritas kedua, membutuhkan tambahan tenaga kerja 14,2% dan aplikasi sulit 7,1%. Adapun kendala eksternal yang sangat dirasakan petani yang pernah menggunakan pembenah tanah tidak berbeda dengan petani yang sedang menggunakan pembenah tanah yakni masih tingginya harga pembenah tanah seperti dinyatakan oleh 21,4% responden dan

ketersediaan di toko/kios (jumlah terbatas) yang dinyatakan oleh 7,1% responden.

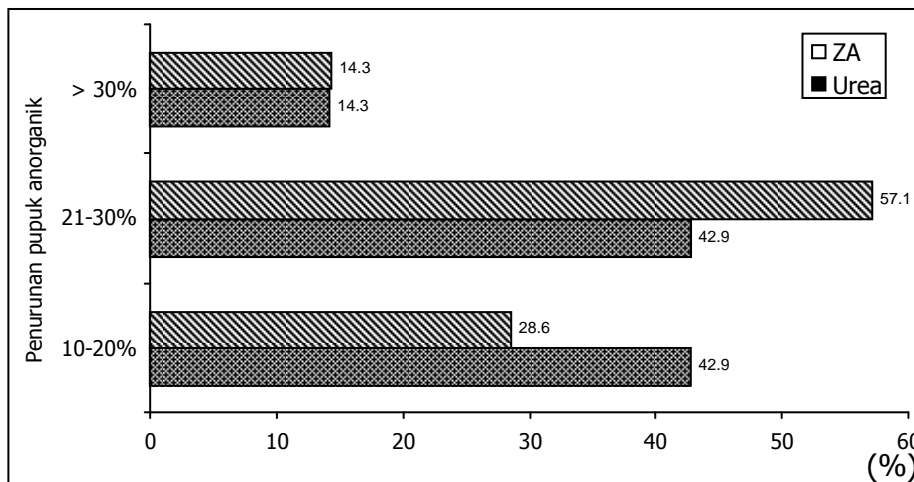
Efisiensi Pemupukan sebagai Dampak Penggunaan Pembenah Tanah

Informasi efisiensi pemupukan hanya diperoleh dari petani responden yang sedang menggunakan pembenah tanah dan tidak dibedakan atas tipe penggunaan lahan. Pembenah tanah berpengaruh terhadap pengurangan penggunaan pupuk Urea/ZA sebagaimana diinformasikan oleh 50,0% petani responden yang berpendapat bahwa penggunaan pembenah tanah dapat mengurangi penggunaan pupuk Urea/ZA, dan sekitar 42,9% petani menyatakan penggunaan pupuk Urea tetap tidak berubah, namun sebanyak 7,1% responden mengatakan tidak tahu (Gambar 5). Sedangkan pembenah tanah tidak berpengaruh terhadap penggunaan pupuk SP-36, KCl dan NPK sebagaimana masing-masing diinformasikan oleh 57,1%, 64,3% dan 50% petani responden. Petani yang menyatakan penggunaan pupuk SP 36, KCl, dan NPK berkurang sekitar 35,8% dan 35,7%, bahkan hanya 7,1% petani menyatakan penggunaan pupuk KCl berkurang setelah mereka menggunakan pembenah tanah. Walaupun demikian, masih ada petani yang mengatakan tidak tahu dampak penggunaan pembenah terhadap penggunaan SP-36, KCl, dan NPK masing-masing 7,1%, 28,6%, dan 14,3%.

Pendapat petani tentang dampak pembenah tanah terhadap pengurangan penggunaan pupuk anorganik (Urea dan ZA) disajikan pada Gambar 6, dimana penggunaan Urea dan ZA berkurang sekitar 21-30%, hanya 14,3% petani yang menyatakan pupuk Urea dan ZA berkurang >30%. Pengaruh penggunaan pembenah tanah terhadap efisiensi penggunaan pupuk anorganik sangat tergantung pada kualitas pembenah tanah yang digunakan. Pengaruh pembenah tanah terhadap perbaikan sifat fisik tanah hampir tidak dapat dirasakan petani. Secara tidak langsung perbaikan sifat fisik tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk karena unsur hara yang dibutuhkan tanaman menjadi lebih tersedia dalam tanah, sehingga bisa diserap akar tanaman, dan tidak mudah hanyut terbawa aliran permukaan.



Gambar 5. Pendapat petani tentang dampak pembenah tanah terhadap penggunaan pupuk anorganik



Gambar 6. Pendapat petani tentang dampak pembenah tanah terhadap pengurangan pupuk Urea dan ZA

Ditinjau dari pengaruhnya terhadap produksi tanaman, terungkap bahwa sebagian besar petani berpendapat bahwa penggunaan pembenah tanah dapat meningkatkan produksi tanaman antara 10-30%. Namun hal ini belum bisa dijadikan pegangan karena baru didasarkan kepada persepsi petani. Oleh sebab itu, diperlukan pengujian di lahan petani dengan perlakuan berbagai dosis pembenah tanah dengan beberapa jenis komoditas yang melibatkan BPTP, Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Penyuluh

serta kelompok tani dalam upaya diseminasi dan alih teknologi.

Prospek Pengembangan Penggunaan Pembenah Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan

Prospek pengembangan penggunaan pembenah tanah diperoleh dari wawancara dengan penyuluh pertanian lapang dan distributor. Respon petani, dampak, kendala, dan prospek penggunaan pembenah tanah di Malang (Jawa Timur) disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Respon petani, dampak, kendala, dan prospek penggunaan pembenah tanah menurut persepsi Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL)

Respon petani	Dampak	Kendala	Prospek
<ul style="list-style-type: none"> - Di kec. Junrejo dan Bumi Aji, pada awal diperkenalkan zeolit dan dolomit (1990), petani cukup respon menggunakan ($\pm 80\%$) namun perlu disertai dengan pemberian pupuk kandang - Tahun 2000-sekarang $\pm 20\%$ petani tetap menggunakan zeolit dan dolomite 	<ul style="list-style-type: none"> - Pada awal diberikan pembenah tanah, penggunaan pupuk anorganik tetap namun setelah tahun 2000, penggunaan pupuk anorganik sedikit berkurang - Di awal penggunaan pembenah tanah, produksi tanaman meningkat $\pm 10\%$ namun sekarang setelah tidak menggunakan lagi, hasil tanaman agak menurun 	<ul style="list-style-type: none"> - Bila disertai bimbingan, umumnya petani tidak mengalami kesulitan dalam menggunakan pembenah tanah di lahan usaha tani; - Faktor non teknis yang dominan dijumpai adalah keterbatasan modal/biaya dan menurunnya harga komoditas sayuran saat panen; - Faktor teknis adalah tidak diketahuinya kualitas pembenah tanah; - Stabilitas harga tanaman sayuran; - Sistem pengawasan mutu secara berkelanjutan dari instansi berkepentingan 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengurangi tingkat degradasi pada lahan usaha tani, pemanfaatan pembenah tanah tetap digunakan, disertai dengan pengelolaan bahan organik dan sistem pemupukan sesuai uji tanah dan kebutuhan tanaman;

Tabel 7. Jenis, kendala, dan prospek penggunaan pembenah tanah hasil wawancara dengan tiga Distributor/Agen

Jenis Pembenah Tanah dan Volume Distribusi	Kendala	Prospek
<ul style="list-style-type: none"> -Zeolit (Agro- 88): volume 150 kg/bulan dengan harga Rp 26.000/50 kg -Dolomit: volume 750 kg/bulan dengan harga Rp. 9.500/kg/50 kg 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurangnya pengawasan mutu dari Instansi berwenang - Kurangnya pengetahuan petani tentang manfaat pembenah tanah 	<ul style="list-style-type: none"> -Perlu sosialisasi melalui demplot yang dibina oleh Instansi berkepentingan diserta dengan sistem pengawasan mutu yang terus menerus -Peningkatan pengetahuan dan wawasan petani tentang manfaat pembenah tanah melalui kunjungan/magang ke petani yang masih tetap menggunakan pembenah tanah dan berhasil dalam mengelola lahan usahanya

Nampak bahwa pada awal diperkenalkan yakni tahun 1990, sekitar 80% petani mengenal dan menggunakan zeolit dan dolomit yang dicampur dengan pupuk Anorganik serta pupuk kandang guna meningkatkan efektivitasnya. Sejak tahun 2000 sampai sekarang sekitar 20% petani masih tetap menggunakan zeolit dan dolomit. Ke depan perlu dibangun persepsi ke petani bahwa pembenah tanah bukanlah pengganti pupuk, sehingga pemberiannya disarankan tidak secara tunggal, tapi merupakan satu kesatuan dengan paket pemupukan anorganik dan organik yang pemberiannya spesifik lokasi berdasarkan hasil uji tanah dan kebutuhan tanaman. Di Kabupaten Malang, lahan terdegradasi cukup luas yang ditandai dengan semakin menurunnya produksi hasil

pertanian. Sehubungan dengan hal tersebut diharapkan agar Pemerintah Daerah lebih memfokuskan upaya perbaikan lahan terdegradasi melalui demplot dan atau gerakan massal pengelolaan lahan terdegradasi secara terintergrasi dan menyeluruh antar instansi yang berkepentingan.

Dari hasil wawancara dengan tiga distributor terlihat bahwa kendala yang dihadapi adalah kurangnya sistem pengawasan mutu dari instansi berwenang terhadap produk yang beredar di pasaran dan masih kurangnya pengetahuan petani tentang manfaat pembenah tanah (Tabel 7).

Oleh karena itu, disarankan agar ke depan sistem pengawasan mutu tersebut perlu lebih ditingkatkan sehingga petani tidak dirugikan akibat banyak beredarnya produk yang tidak sesuai standar mutu. Sedangkan prospek pengembangan pembenah tanah di masa mendatang dapat ditempuh melalui semakin ditingkatkannya sosialisasi baik melalui demplot di tingkat petani sehingga langsung melibatkan petani sekaligus sebagai wahana peningkatan pengetahuan dan wawasan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Tingkat pendidikan petani responden adalah: 85,7% hanya berpendidikan sampai SD, 7,1% SMP, 4,8% SMA dan 2,4% tidak tamat SD. Oleh sebab itu, diseminasi teknologi penggunaan pembenah tanah perlu ditempuh melalui penyuluhan serta demplot di lahan petani guna menumbuhkan kebanggaan keyakinan petani akan manfaat dan pentingnya penggunaan pembenah tanah dalam upaya mengatasi degradasi lahan, meningkatkan produktivitas lahan serta produksi pertanian.
2. Pekerjaan utama petani responden umumnya adalah petani, sedangkan pekerjaan sampingan adalah sebagai buruh tani maupun di luar pertanian (wiraswasta); hal ini menunjukkan bahwa petani sangat mengandalkan bidang pertanian sebagai satu-satunya sumber pendapatan keluarga, sehingga kelompok ini sangat rawan apabila terjadi kegagalan panen.
3. Rata-rata luas kepemilikan lahan petani responden desa Wiyurejo Kecamatan Pujen; Desa Santrean, Kecamatan Batu dan desa Torongrejo kecamatan Junrejo Kabupaten Malang adalah 0,7 ha.
4. Jenis pembenah tanah yang dikenal dan digunakan petani responden adalah butiran zeolit (Agro-88) dan dolomit.
5. Dosis pembenah tanah untuk sawah adalah: 500 kg zeolit Agro-88/ha dan 577 kg dolomit/ha, untuk tegalan 219 kg zeolit Agro-88/ha dan 409 kg dolomit/ha, untuk kebun campuran 600 kg zeolit Agro-88/ha dan 143 kg dolomit/ha.
6. Penggunaan pembenah tanah di samping bermanfaat untuk meningkatkan produksi tanaman seperti: padi, jagung, tembakau, dan sayur-sayuran (bunga kol, cabai, tomat) sekitar 10-30%, juga meningkatkan kesuburan tanah dan

mengurangi dosis pupuk Urea sebanyak 15-30% dan SP36 sebanyak 30%.

7. Kendala internal penggunaan pembenah tanah menurut persepsi petani responden berturut-turut adalah: kurangnya bimbingan/penyuluhan, aplikasinya sulit, butuh tambahan tenaga kerja dan tidak tahu caranya. Sedangkan kendala eksternal adalah: harga masih relatif mahal, tidak selalu tersedia di toko, ketersediaannya yang terbatas saat diperlukan.
8. Prospek pengembangan pembenah tanah (zeolit dan dolomit) dari wawancara dengan PPL bahwa pembenah tanah tersebut dapat dikembangkan, jika ada sosialisasi melalui demplot yang dibina oleh Instansi berkepentingan, peningkatan pengetahuan dan wawasan petani tentang manfaat pembenah tanah melalui kunjungan/magang ke petani yang masih tetap menggunakan pembenah tanah dan berhasil dalam mengelola lahan usaha taninya. Di samping itu, dilakukan sistem pengawasan mutu secara berkala dari pembenah tanah yang dijual di pasaran sedangkan dari wawancara dengan distributor bahwa prospek pengembangan pembenah tanah sudah harus menjadi kebijakan pemerintah karena kenyataannya sudah terjadi degradasi lahan yang jumlahnya jutaan hektar.
9. Pemerintah perlu memberikan arahan dan solusi implementasi bahan pembenah tanah (demplot, sistem pengawasan mutu, peningkatan pengetahuan petani tentang manfaat pembenah tanah).
10. Melakukan penyuluhan secara berkelanjutan untuk penyebaran informasi dan keterampilan dalam penerapan teknologi pembenah tanah.
11. Untuk mengatasi pemalsuan bahan pembenah tanah, maka instansi terkait perlu melakukan *quality control* secara reguler terhadap produk pembenah tanah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Haeruman, H. 1997. Konservasi tanah dan penghijauan dalam program rehabilitasi lahan kritis. Buletin Penghijauan. Reboisasi dan Lingkungan Hidup. Triwulan I, tahun 1997:5-7.

2. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1997. Statistik Sumberdaya Lahan/Tanah Indonesia. Puslittanak, Badan Litbang Pertanian., Bogor.
3. Yamagata. 1967. Effect of zeolite as soil conditioners: Internal Report of Agricultural Improvement Section, Yamagata Prefectural Government.
4. Mumpton, F. A., and P. H. Fishman. 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *J. Anim. Sci.* 45:1188-1203.
5. Sanchez, P. A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley and Sons, New York. London. Sydney. Toronto. 618 p.
6. Westerman, R. L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. Third Edition. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 784 p.
7. World Bank. 2001. Upland Development Project. Washington DC, USA.
8. Suwardi. 1997. Studies on agricultural utilization of natural zeolites in Indonesia. Ph.D. Dissertation. Tokyo University of Agriculture.
9. Simanjuntak, M. 2002. Penggunaan zeolit dalam bidang pertanian. Program Studi Ilmu Tanah S-1. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB.
10. Al-Jabri, M. 2006. Penetapan rekomendasi pemupukan berimbang berdasarkan analisis tanah untuk padi sawah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Vol. 1, No. 2. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
11. Prakoso, T. G. 2006. Studi slow release (SRF): Uji efisiensi formula pupuk tersedia lambat campuran urea dengan zeolit. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian. IPB.
12. Prihatini, T., S. Moersidi, dan A. Hamid. 1987. Pengaruh zeolit terhadap sifat Tanah dan Hasil Tanaman. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*. No. 7:5-8. Pusat Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
13. Al-Jabri, M., M. Soepartini, dan Didi Ardi. 1990. Status hara Zn dan pemupukannya di lahan sawah. Hlm. 427-464 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional efisiensi penggunaan pupuk V. Cisarua, 12 dan 13 November 1990. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
14. Rachman, A., Ai Dariah, dan Djoko Santoso. 2006. Pupuk hijau. Dalam Simanungkal, R. D. M., Didi Ardi Suriadikarta, Rasti Saraswati, Diah Setyoribi, dan Wiwik Hartatik (Editor). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Halaman 41-57. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.
15. Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. Penerbit. IPB. 290 halaman.

PEMBUATAN ZEOLIT Y DAN USY UNTUK KOMPONEN AKTIF KATALIS PERENKAHAN

Subagjo

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis
Kelompok Keahlian Pengembangan dan Perancangan Proses Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri – Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa No 10, Labtek X – Bandung – 40132
Telp (022) 2500989 ext 431, Fax (022)2501438
e-mail : subagjo@che.itb.ac.id

ABSTRAK

Zeolit Y telah dibuat dari bahan baku sodium aluminat sebagai sumber alumina dan Cab-O-Sil atau sodium silikat sebagai sumber silika. Sasaran penelitian ini, terutama, adalah mendapatkan prosedur pembuatan yang mantap untuk menghasilkan zeolit Y dengan rasio Si/Al ≥ 5 . Hasilnya dikonversi menjadi Zeolit Y Ultra Stabil (USY) dengan cara dealuminasi hidrotermal pada temperatur tinggi. Dari penelitian ini telah diperoleh prosedur pembuatan zeolit Y yang memiliki $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 5$, dan USY yang sangat stabil. USY yang berhasil disintesis siap digunakan sebagai fasa aktif katalis perengkahan dengan menggabungkannya dengan komponen lainnya, yaitu matriks (lempung yang dimodifikasi dan matriks aktif) serta aditif (ZSM-5).

Kata kunci: dealuminasi hidrotermal, FCC, katalis perengkahan, zeolit Y, USY

ABSTRACT

PRODUCTION OF Y AND USY ZEOLITE FOR THE ACTIVE COMPONENT OF CRACKING CATALYST. Standard Y zeolite has been prepared from sodium aluminate as an alumina source and Cab-O-Sil or sodium silicate as a silicate source. This study in particular aimed to obtain a reliable procedure to produce Y zeolite with Si/Al ratio ≥ 5 . The resulted zeolite was then converted into Ultra Stable Y Zeolite (USY) through hydrothermal dealumination at high temperature. The study managed to procure a formulae and procedure to produce a zeolite Y which has $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 5$ and a very stable USY. The procedure succeeded in obtaining synthesized USY that is ready to use as an active phase of cracking catalyst by combining it with other components which are matrix (modified clay and active matrix) and additives (ZSM-5).

Keywords: Hydrothermal dealumination, FCC, Cracking catalyst, Y zeolite, USY Zeolite

PENDAHULUAN

Katalis memegang peran penting dalam perkembangan proses dan teknologi FCC (*Fluid Catalytic Cracking*). Penemuan lempung sebagai katalis perengkahan dan dapat diregenerasi setelah terdeaktivasi memicu perkembangan teknologi proses perengkahan, sedangkan penemuan penggunaan zeolit sebagai katalis perengkahan pada 1962 menyebabkan perubahan drastis teknologi proses FCC. Kini FCC menjadi proses *upgrading* minyak bumi yang utama dalam kilang minyak bumi. Kapasitas FCC di seluruh dunia mencapai sekitar $15 \cdot 10^6$ ton/tahun dan untuk itu dibutuhkan katalis lebih dari 800 ribu ton/tahun⁽¹⁾.

Pada saat ini, sistem katalis FCC adalah campuran kompleks dari komponen fungsional dan aditif: zeolit, matrik, perekat, dan elemen dengan fungsi khusus (aditif). Perengkahan minyak bumi membutuhkan pusat aktif asam dengan konsentrasi, kekuatan, dan distribusi tertentu. Dalam katalis FCC, zeolit adalah penyedia pusat asam terbanyak disamping matrik aktif. Zeolit dan matrik aktif bekerja sama merengkah molekul besar menjadi produk yang diinginkan.

Zeolit adalah pemegang peran utama dalam aktivitas, selektivitas, dan stabilitas katalis FCC. Sejak 1964, hampir seluruh katalis FCC berbasiskan zeolit tipe Y. Zeolit Y merupakan katalis yang ideal untuk perengkahan hidrokarbon karena memiliki pori dengan ukuran yang sesuai untuk merengkah VGO menghasilkan bensin dan sangat aktif untuk

reaksi perengkahan. Aluminium dalam kerangka zeolit (Al) merupakan sumber pusat asam yang menjadi pusat aktif perengkahan. Makin banyak Aluminium dalam kerangka zeolit Y, makin tinggi konsentrasi pusat asam dan makin aktif zeolit tersebut. Namun aluminium dalam kerangka zeolit juga merupakan titik lemah kristal zeolit. Pada temperatur tinggi dan terutama dalam atmosfer kukus, Al mudah tersingkir dari kerangka menyebabkan kerusakan struktur zeolit dan kehilangan aktivitasnya⁽²⁾. Dalam siklus kerjanya, katalis FCC mengalami regenerasi pada kondisi hidrotermal yang sangat berat (temperatur dan tekanan parsial uap air sangat tinggi). Oleh karena itu, zeolit yang digunakan sebagai katalis FCC komersial adalah zeolit Y yang telah distabilkan dengan cara melakukan pertukaran ion dengan logam tanah jarang menghasilkan *Rare Earth Y zeolite* (REY), atau dengan cara dealuminasi menghasilkan *Ultra-Stable Y zeolite* (USY). Sebenarnya, USY adalah zeolit Y juga, tetapi dengan rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang tinggi. Meskipun demikian, USY tidak dapat disintesis secara langsung dari suatu sumber silika dan alumina, melainkan harus dibuat dari zeolit Y dengan cara dealuminasi; hidrotermal atau kimiawi. Sebagai komponen katalis perengkahan, USY harus memenuhi kriteria tertentu, dan zeolit Y bahan bakunya pun harus memiliki sifat tertentu pula. Menurut hasil penelitian, USY yang selektif terhadap pembentukan bensin beroktan tinggi adalah yang memiliki ukuran unit sel (*UCS: Unit Cell Size*) antara 24,20–24,45 dan untuk membuatnya dibutuhkan bibit yang baik, yaitu zeolit Y yang memiliki rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ kristal >5 dan kristalinitas yang tinggi.

Makalah ini memaparkan hasil penelitian tentang pembuatan zeolit Y dan zeolit Y ultrastabil (USY) yang telah dilakukan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Zeolit

Pembuatan zeolit Y dengan $\text{Si}/\text{Al} > 5$ tidak sederhana dan tergantung pada bahan baku yang digunakan. Sintesis zeolit Y dengan natrium aluminat sebagai sumber alumina dan Cab-O-Sil sebagai sumber silika dilakukan dengan metoda yang dipatenkan oleh Breck (U.S. 3,130,007) dan Miller (U.S.

5785,944). Reaktan-reaktan dicampur pada pH tertentu hingga homogen dan kemudian dibiarkan (tahap penuaan) pada temperatur ruang selama 40–80 jam. Setelah dituakan, campuran reaktan dikristalisasi pada temperatur 100°C selama 50–70 jam. Hasil kristalisasi kemudian dicuci dan dikeringkan^(3,5).

Sintesis zeolit Y dengan $\text{Si}/\text{Al} \geq 5$ berbahan baku sodium aluminat dan sodium silikat tidak berhasil dibuat dengan metoda Breck dan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan prosedur yang dikembangkan oleh Maher dkk. Sintesis dilaksanakan dengan bantuan bibit yang disiapkan secara khusus dengan prosedur tertentu⁽⁴⁾.

USY dibuat berdasarkan paten no US 3,293,192 milik W. R Grace & Co; produsen katalis perengkah terbesar di dunia. Menurut paten tersebut, pembuatan USY dilaksanakan mengikuti 3 tahap, yaitu: (a) pertukaran ion Na^+ dengan ion NH_4^+ pada temperatur 100°C, (b) pengukusan pada temperatur 550°C, dan (c) pertukaran ion Na^+ dengan ion NH_4^+ pada temperatur 100°C sebanyak tiga kali berturut-turut dan terakhir, pengukusan pada temperatur 820°C selama 4 jam⁽⁵⁾.

Karakterisasi Zeolit

Karakterisasi zeolit dilakukan menggunakan *X-ray diffractometer* (XRD), untuk menentukan tipe zeolit yang dihasilkan, persen kristalinitas, ukuran unit sel, dan rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ kristal. Sebagai pembanding digunakan satu zeolit Y dan USY komersial.

Uji Stabilitas

Uji stabilitas hidrotermal dilakukan dengan cara pemanasan pada 900°C dalam atmosfer kukus selama 2 jam. Struktur kristal kemudian diperiksa menggunakan XRD. Sebagai pembanding juga digunakan satu USY komersial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Zeolit Y dengan Cab-O-Sil sebagai Sumber Silika

Perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ reaktan sangat berpengaruh pada zeolit Y yang dihasilkan. Oleh karena itu, beberapa perbandingan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ reaktan digunakan dalam sintesis ini. Hasil penelitian dirangkum dalam Tabel 1, sedangkan contoh hasil analisis

menggunakan XRD, dibandingkan dengan difraktogram zeolit pembanding, disajikan dalam Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis adalah zeolit Y; selain pola difraksinya sama dengan zeolit Y pembanding, puncak-puncak yang “tinggi” berada dalam rentang d (Å) 5,62 - 5,71; 3,74 - 3,79; 3,28 - 3,33 dan 2,83 - 2,87⁽³⁾.

Zeolit Y₂ dan Y₃, yang disintesis dengan perbandingan SiO₂/Al₂O₃ reaktan yang tinggi (~20), memenuhi syarat sebagai katalis yang baik untuk perengkahan (SiO₂/Al₂O₃ kristal >5) dan sebagai bibit pembuatan USY. Meskipun komposisi tersebut agak boros silikat, tetapi karena dapat menghasilkan zeolit dengan SiO₂/Al₂O₃ kristal >5, maka

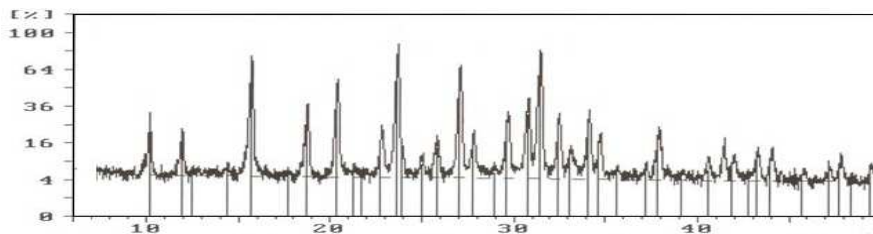
akan digunakan untuk sintesis zeolit Y bibit USY.

Pembuatan Zeolit Y dengan Sodium Silikat sebagai Sumber Silika

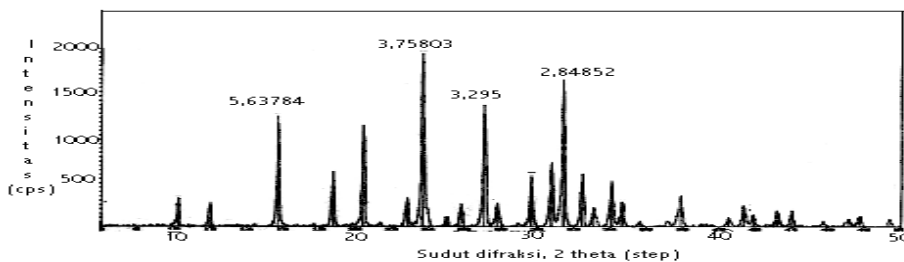
Cab-O-Sil merupakan bahan import, sedangkan sodium silikat sangat mudah diperoleh di Indonesia, tetapi pembuatan zeolit Y berbahan baku sodium silikat dilaporkan hanya menghasilkan zeolit Y dengan SiO₂/Al₂O₃ kristal <5. Pada awal penelitian ini, pembuatan zeolit Y berbahan baku sodium silikat yang dilakukan dengan metoda Breck dan Miller hanya menghasilkan zeolit Y dengan SiO₂/Al₂O₃ kristal 4,6–4,8 dan kristalinitas sekitar 60%-66%. Hasil analisis menggunakan XRD menunjukkan bahwa selain zeolit Y terbentuk juga produk lain: amorf atau kristal yang belum teridentifikasi.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Sintesis ZeolitY berbahan baku Cab-O-Sil

Zeolit sintesis	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ reaktan	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ kristal	UCS (Å)
Y ₁	5	4,3886	24,7135
Y ₂	20	5,3112	24,6475
Y ₃	25	5,0930	24,6638

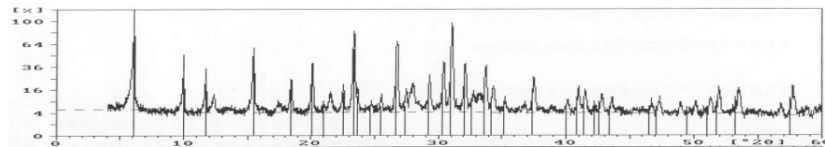


a. Zeolit hasil sintesis



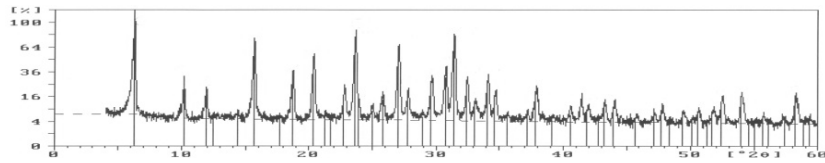
b. Zeolit Komersial sebagai pembanding

Gambar 1. Difraktogram Zeolit Y Hasil Sintesis dan Zeolit Komersial

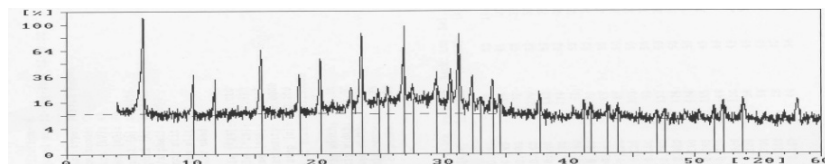


Pembanding

a. Zeolit hasil sintesis dengan Cab-O-Sil sebagai sumber silika



b. Zeolit komersial, sebagai pembanding

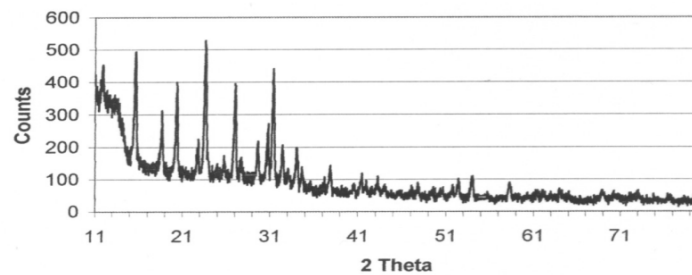


c. Zeolit hasil sintesis dengan sodium silikat sebagai sumber silika

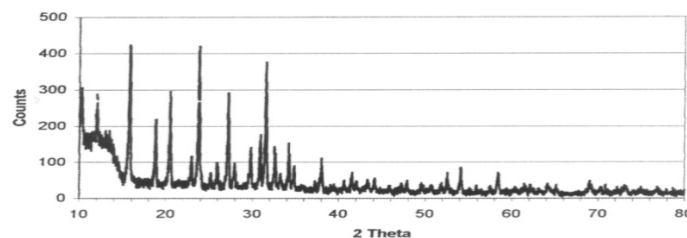
Gambar 2. Difraktogram Zeolit Hasil Sintesis dan Zeolit Pembanding

Oleh karena itu, pembuatan zeolit Y berbahan baku sodium silikat dilakukan menggunakan metoda yang dikembangkan dari metoda Maher, yang dilaporkan dapat menghasilkan zeolit Y dengan $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ kristal >5 dan

kristalinitas yang tinggi. Gambar 3 dan Tabel 3 menampilkan hasil karakterisasi zeolit hasil sintesis dibandingkan dengan zeolit Y komersial.



a. Zeolit hasil sintesis



b. Zeolit komersial sebagai pembanding

Gambar 3. Difraktogram Zeolit Y Hasil Sintesis dan Zeolit Komersial Pembanding

Tabel 3. Karakter Zeolit Hasil Sintesis

Zeolit	Rasio SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Kristalinitas, %	Keterangan
1	4,4	135,5	Serbuk halus
Y _{ss2}	5,5	92,4	Serbuk kasar
Y _{ss3}	5,2	100,5	Serbuk halus
Komersial	6,2	100	Serbuk halus

(pembanding)

Hasil karakterisasi yang ditampilkan pada Gambar 3 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa prosedur yang dikembangkan telah berhasil digunakan untuk mensintesis zeolit Y dengan kristalinitas yang tinggi dan SiO₂/Al₂O₃ ≥5 dari bahan baku sodium aluminat dan sodium silikat.

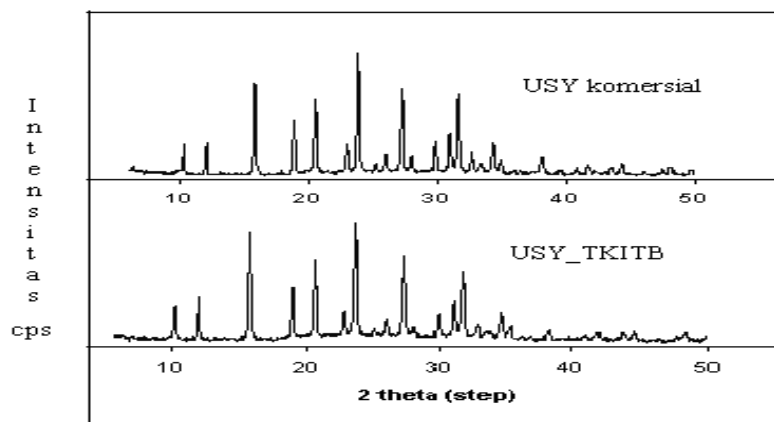
Pembuatan USY

USY dibuat dari zeolit Y hasil-hasil sintesis yang memiliki rasio SiO₂/Al₂O₃ >5. Difraktogram hasil analisis ditampilkan pada Gambar 4 berikut.

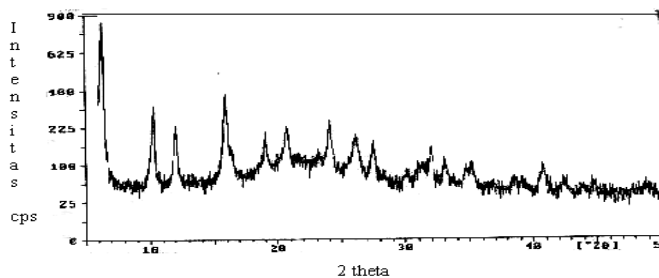
USY hanya berhasil disintesis dari zeolit Y dengan rasio SiO₂/Al₂O₃ >5, dan pada penelitian ini telah dihasilkan USY dengan UCS 24,308 atau dengan rasio SiO₂/Al₂O₃ sekitar 26, dan diberi nama YUS-ITB1.

Kestabilan USY Hasil Sintesis

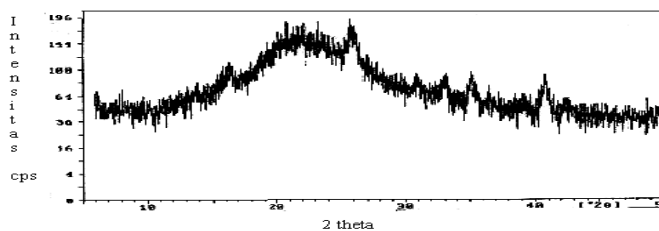
Kestabilan USY dinilai dengan cara mengamati kerusakan kristal akibat pemanasan pada 900°C dalam atmosfir kukus selama 2 jam. Kerusakan kristal, salah satunya, dapat dilihat dari pola difraksinya. Gambar 4 dan gambar 5 menampilkan difraktogram USY komersial dan YUS-ITB1 setelah uji kestabilan.



Gambar 4. Difraktogram USY Hasil Sintesis (YUS-ITB1) dan USY Komersial



a. USY hasil sintesis setelah uji kestabilan



b. Zeolit Komersial setelah uji kestabilan

Gambar 5. Difraktogram YUS-ITB1 dan USY Komersial Pembanding setelah Uji Kestabilan

Tabel 4. Perbedaan Zeolit USY Komersial dan Zeolit YUS-ITB1

Keterangan	USY Komersial	YUS-ITB1
UCS, Å	24,592	24,308
Rasio SiO ₂ /Al ₂ O ₃	6,32	26,38
Stabil pada T=900°C	Tidak	Ya

Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa YUS-ITB1 mampu mempertahankan bentuk kristalnya sedangkan USY komersial tidak. Hal ini ditandai dengan munculnya pola difraksi amorf pada difraktogram USY komersial. YUS-ITB1 memiliki rasio SiO₂/Al₂O₃ kristal yang jauh lebih tinggi, menyebabkan lebih stabil. USY dengan UCS antara 24,28–24,32 Å, seperti YUS-ITB1, tergolong katalis perengkah yang selektif terhadap pembentukan bensin beroktan tinggi, sedangkan USY dengan UCS 24,45 Å (USY komersial) lebih aktif, tetapi menghasilkan bensin dengan bilangan oktan yang lebih rendah.

2. Dari Zeolit Y dengan rasio SiO₂/Al₂O₃ kristal >5 telah berhasil disintesis zeolit Y ultrastbil, dinamakan USY-ITB1, yang memiliki rasio SiO₂/Al₂O₃ kristal = 26,38 dan UCS 24,3 Å.
3. YUS-ITB1 memiliki kestabilan hidrotermal yang tinggi; lebih tinggi daripada kestabilan hidrotermal suatu zeolit USY komersial yang digunakan sebagai pembanding.
4. Dengan sifat seperti itu YUS-ITB1 memiliki peluang untuk dijadikan komponen aktif katalis perengkahan yang selektif terhadap pembentukan bensin beroktan tinggi.

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil yang diperoleh dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut:

1. Zeolit Y dengan rasio SiO₂/Al₂O₃ kristal >5 telah dapat disintesis dari sodium aluminat sebagai sumber alumina dan Cab-O-Sil ataupun sodium silikat sebagai sumber silika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Maria Ulfah, Fitria Hayati, Dini dan Sari yang membantu melaksanakan percobaan-percobaan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Subagjo, Berita IPTEK-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, v 44(1), (2005), 17-25.
2. Anonim, "The Grace Davison Guide to Fluid Catalytic Cracking, Part II, W.R. Grace and Co., Maryland, (1996).
3. Breck, D.W and Tonawanda, N.Y., "Crystalline Zeolite Y", *U.S Patent 3,130,007*, (1964).
4. Maher, P. K., *et al.*, "Zeolite Z-14US and Method of Preparation Thereof", *U.S Patent 3,293,192*, (1966).
5. Maria Ulfah dan Subagjo, "Pembuatan Zeolit Y sebagai Komponen Aktif Katalis Perengkahan", *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Proses Kimia V*, Teknik Gas dan Petrokimia, Universitas Indonesia, Jakarta (2003).
6. Subagjo, Melia L., dan Fitria H., *Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 2006*, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung, Bandung (2006).

PENGARUH WAKTU DAN PERBANDINGAN Si/Al TERHADAP PEMBENTUKAN ZEOLIT A DARI ABU DASAR BEBAS KARBON DARI PLTU PT. IPMOMI DENGAN METODE HIDROTERMAL

R. A. Syukuri Nikmah, Nurul Widiastuti*, dan Hamzah Fansuri**

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Email: nurul_widiastuti@chem.its.ac.id*; h.fansuri@chem.its.ac.id**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan abu dasar PLTU PT. IPMOMI, Probolinggo. Sintesis zeolit A dilakukan dengan metode hidrotermal langsung. Abu dasar mula-mula dikalsinasi pada suhu 800°C selama 4 jam untuk menghilangkan sisa karbon dari pembakaran batubara, kemudian dilarutkan dengan larutan basa alkali NaOH, NaAlO₂ dan air terdeionisasi dengan perbandingan molar 3,165 Na₂O: Al₂O₃: 1,926 SiO₂: 128 H₂O. Kristalisasi hidrotermal dilakukan dengan variasi waktu (12-144 jam) dan rasio molar Si/Al (1; 1,2 dan 1,4). Berdasarkan hasil analisa XRD, jenis zeolit yang terbentuk berupa campuran zeolit A, X, P dan sodalit. Zeolit yang terbentuk paling dominan dengan berbagai variasi kondisi hidrotermal adalah zeolit A berstruktur orthorombik yang terbentuk pada suhu hidrotermal 160°C selama 24 jam.

Kata kunci: Abu dasar, hidrotermal, perbandingan Si/Al

ABSTRACT

INFLUENCES OF TIME AND RATIO OF Si/Al ON FORMATION ZEOLITE A FROM BOTTOM ASH CARBON FREE PLTU PT. IPMOMI WITH HYDROTHERMAL METHODS. This study aimed to utilize bottom-ash PLTU PT. IPMOMI, Probolinggo. Synthesis zeolite A conducted with directly method of hydrothermal. Initially, bottom-ash calcined at temperature of 800°C during 4 hours for eliminating residu of carbon from baking of coal, then it was dissolved with alkali NaOH, NaAlO₂ and water deionization with comparison molar of 3.165 Na₂O: Al₂O₃: 1.926 SiO₂: 128 H₂O. Crystallization of hydrothermal conducted by variation time (12-144 hours) and ratio molar of Si/Al (1; 1.2 and 1.4). The result XRD analysis showed that kinds form of zeolite is mixture of zeolite A, X, P and sodalite. The most form dominant of Zeolite with various variations condition hydrothermal is zeolite A with orthorombik structure which was formed at hydrothermal temperature of 160°C during 24 hours.

Keywords: Bottom-ash, hydrothermal, ratio of Si/Al

PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan bakar potensial untuk Indonesia, namun penggunaan batubara sebagai sumber energi ini menghasilkan limbah abu yang bermasalah. Limbah abu tersebut dikenal dengan abu terbang (*fly-ash*) dan abu dasar (*bottom-ash*). Kedua abu ini mempunyai penyusun dasar struktur sama yaitu SiO₂ dan Al₂O₃, tetapi berbeda jumlah dan bentuk partikelnya. Komponen terbesar dari kandungan abu dasar yaitu oksida-oksida silikon, alumunium, besi dan kalsium. Komponen kimia dari abu dasar sebagian besar berfasa amorf, yaitu sekitar 66 sampai 88% berat. Sementara itu, fasa kristalin utama adalah silika (SiO₂) dan Alumina (Al₂O₃). Oleh karena itu, abu dasar memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan zeolit.

Zeolit merupakan sekelompok mineral aluminosilikat terhidrasi dengan saluran dan rongga tertentu. Ruang kosong dalam rongga zeolit yang berisi kation dapat dipertukarkan dengan kation lain. Sifat ini dikenal dengan kapasitas tukar kation. Kemampuan zeolit sebagai penukar ion sebanding dengan konsentrasi ion Al³⁺ dalam zeolit. Stabilitas kerangka kristal dari zeolit juga meningkat dengan penambahan perbandingan Si/Al. Oleh karena itu, zeolit yang berasal dari abu dasar yang berbeda dapat menghasilkan sifat kapasitas tukar kation yang berbeda pula berdasarkan konsentrasi Si dan Al yang dikandungnya

Berbagai jenis zeolit telah disintesis dengan bahan baku abu layang di antaranya zeolit X, zeolit A, zeolit P, zeolit Na-P1. Jenis zeolit yang dihasilkan tergantung pada komposisi

awal dan metode konversinya. Metode yang umum digunakan adalah *hidrothermal alkali treatment* yaitu memanaskan campuran abu dengan larutan alkali (KOH, NaOH dsb).

Pembuatan zeolit secara hidrotermal langsung memiliki tahapan yang lebih pendek daripada metode peleburan maupun ekstraksi, meskipun tingkat kemurniannya masih jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kedua metode tersebut. Penelitian-penelitian yang telah dikerjakan oleh Murayama, dkk (2008) dan Juan, dkk (2007) dengan menggunakan satu tahap suhu hidrotermal pada kisaran suhu 100°C - 180°C telah mampu mengkonversi abu layang menjadi zeolit, akan tetapi waktu hidrotermal yang dibutuhkan sangat lama untuk suhu rendah (100°C) dan membentuk zeolit dengan KTK rendah untuk suhu tinggi (180°C). Nikmah, dkk (2009) melaporkan bahwa suhu optimum untuk pembentukan zeolit dari abu dasar yaitu 160 °C, setelah dilakukan variasi suhu dari 100 °C - 160°C.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis zeolit dari abu dasar batubara PLTU Paiton secara hidrotermal langsung dengan variasi pengaruh waktu hidrotermal pada suhu 160 °C dan juga pengaruh perbandingan Si/Al. Kandungan sisa karbon tak terbakar yang relatif tinggi pada abu dasar dihilangkan terlebih dahulu sebelum di sintesis menjadi zeolit karena karbon memiliki pengaruh yang kuat terhadap berkurangnya efektifitas perubahan abu dasar menjadi zeolit.

TINJAUAN PUSTAKA

Karena belum dilakukan kajian yang mendalam mengenai formula yang bersifat universal dan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan pembuatan zeolit dari abu dasar, maka digunakan prosedur yang serupa dengan pembuatan zeolit dari abu layang yang pernah dilakukan oleh para peneliti terdahulu yaitu metode hidrotermal langsung. Pembuatan zeolit secara hidrotermal langsung memiliki tahapan yang lebih pendek daripada metode peleburan maupun ekstraksi, meskipun tingkat kemurniannya masih jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan kedua metode tersebut.

Beberapa kondisi dan hasil penelitian sintesis zeolit dari abu layang secara hidrotermal langsung dapat disajikan pada Tabel 1 dan 2. Tabel tersebut, menunjukkan jenis zeolit yang

dihasilkan berbeda-beda, meskipun digunakan jenis basa yang sama. Hal ini disebabkan adanya perbedaan komposisi kimia dan mineral abu layang maupun perbedaan kondisi sintesis.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan zeolit yaitu suhu, rasio SiO₂ : Al₂O₃, SiO₂ : Na₂O, dan Na₂O : H₂O dan lama reaksi. Nikmah, dkk (2009) telah melaporkan bahwa hasil variasi suhu dari 100 °C - 160 °C menunjukkan bahwa pada suhu 160 °C merupakan suhu optimum pembentukan zeolit berdasarkan data XRD dan SEM. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang mempelajari pengaruh waktu dan perbandingan Si/Al.

Peneliti terdahulu mensintesis zeolit A dengan proses hidrotermal pada suhu 100 °C. Proses kristalisasi dilakukan pada suhu 75 °C sampai 85 °C selama 2 sampai 3 minggu (Ojha, K., dkk, 2004). Makin lama waktu pertumbuhan kristal dan makin rendah suhu, maka ukuran kristal semakin besar. Jenis zeolit yang dihasilkan tergantung pada material awal yang digunakan, makin tinggi angka banding Si/Al akan menghasilkan campuran zeolit A dan zeolit X. Konsentrasi natrium dalam fasa larutan yang tinggi akan mengubah zeolit A ke bentuk zeolit *hidroksisodalite* (Chang dan Shih, 2000). Menurut Wang dkk (2008) proses pembentukan zeolit A, dilakukan pada suhu optimum 100 °C, waktu yang relatif pendek, konsentrasi basa yang rendah dan perbandingan molar Si/Al yang rendah yaitu pada range 1 sampai 1,4.

Robson (2001) melaporkan pembuatan zeolit A dengan cara mereaksikan secara stokiometri abu dasar dengan NaOH, bubuk NaAlO₂ dan air deionisasi hingga terbentuk perbandingan komposisi rasio molar 3,165 Na₂O : Al₂O₃ : 1,926 SiO₂ : 128 H₂O. Campuran yang terbentuk kemudian diaduk selanjutnya dikristalkan secara hidrotermal dengan variasi suhu 80, 90, 100, 110 dan 120 °C selama waktu yang bervariasi mulai 4 sampai 24 jam serta variasi perbandingan rasio Si/Al = 1 ; 1,2 dan 1,3. Setelah itu, larutan disaring dan endapan dicuci dengan air deionisasi hingga filtrat pH 10. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 12 jam lalu dikarakterisasi dengan XRD dan SEM.

Penelitian-penelitian yang telah dikerjakan oleh Shih dan Chang (1996) dan Fukui dkk (2006) dengan menggunakan metode

hidrotermal langsung dengan variasi komposisi NaOH yang ditambahkan, menunjukkan bahwa penambahan bibit pada material untuk mendapatkan zeolit yang diinginkan dengan mempertimbangkan perbandingan rasio Si/Al dan pada kisaran suhu 38°C - 100°C mampu mengkonversi abu layang menjadi zeolit. Zeolit yang dihasilkan pada penelitian Shih dan Chang (1996) dan Fukui dkk (2006) adalah zeolit P, zeolit A dan faujasit. Zeolit P dihasilkan pada perbandingan rasio Si/Al > 1 dan pada suhu 80°C. Sedangkan zeolit A dan faujasite dihasilkan pada perbandingan rasio Si/Al < 1 dan terjadi pada suhu 38 °C (Shih dan Chang dkk, 1996).

METODE PENELITIAN

Penghilangkan sisa karbon yang masih tertinggal pada abu dasar dilakukan dengan mengkalsinasi abu dasar pada suhu 800°C selama 4 jam dalam atmosfer udara. Zeolit A dibuat berdasarkan metode yang dilaporkan oleh Robson (2001) dengan cara mereaksikan abu dasar dengan NaOH, bubuk NaAlO₂ dan air deionisasi dengan perbandingan komposisi rasio molar 3,165 Na₂O : Al₂O₃ : 1,926 SiO₂ : 128 H₂O.

Tabel 1. Beberapa Kondisi dan Hasil Penelitian Sintesis Zeolit dari Abu Layang Secara Hidrotermal Langsung (Tanpa Penambahan Serbuk Silika/Alumina)

Peneliti	Tahun	Kondisi		Hidrotermal		Waktu Aging	Produk
		NaOH	Rasio NaOH: FA (g/mL)	Suhu	Waktu		
Shih & Chang	1996	2,8 M	1 : 2,5 %w	38 & 80°C	1 hari	1 hari, T ruang	P
Querol dkk	1996	0,5 M & 1 M	0,055 g/mL	150°C	8 – 24 jam	–	NaP1 & NaP
Amrhein dkk	1996	3 M & 2 M	1 : 8	100°C	72 jam	–	X & P
Hollman, dkk	1999	2 M	1 : 2,5	90°C	96 jam	–	NaP1, NaA & X
Poole, dkk	2000	2 – 6 M	10 – 40 g/1000 mL	40 – 85°C	4 – 72 jam	–	A & X
Querol, dkk	2001	2 M	1 : 2 & 1 : 18	150°C	8 – 24 jam	–	NaP1
Scott, J., dkk	2001	3, 4, & 5 M	1:10 & 1:6,7	90°C	24, 48, 72, & 96 jam	–	NaP1, sodalite, X, Phillipsite
Murayama, dkk	2002	1 – 4 M	1 : 4	120°C	3 & 24 jam	–	NaP & HS
Molino & Poole	2004	2,94; 3,52; 4,11; 4,70; 5,88 M	1; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0	40 & 90°C	2, 8, 24, 72, 96 jam	1 hari distirrer pada T kamar	X
Elliot dan Zhang	2004	7 M	–	140°C	24 jam	–	A & P
Moutsatsou, dkk	2006	1 M	1 : 40; 1 : 20; 1 : 10; 1 : 6,7	90oC	24 jam	–	NaP1

Tabel 2. Beberapa kondisi dan hasil penelitian sintesis zeolit dari abu layang secara hidrotermal langsung (dengan penambahan serbuk Si/Al)

Peneliti	Tahun	Kondisi			Hidrotermal		Waktu Aging	Produk
		NaOH	Rasio NaOH: FA (g/mL)	Rasio Si/Al	Suhu	Waktu		
Shih, dkk	1996	2,8 M	1 : 2,5 %w	< 1	38 & 80°C	1 hari	1 hari, T ruang	A & Faujasit
Fukui, dkk	2006	1; 1,5; 2,5; 2; 3 & 5 M	1 : 25	Si = 0; 6,1; 8,2; & 16,3 g	100°C	6, 8, 12, & 24 jam	–	HS & Phillipsite
Wang, dkk	2008	1,67; 3,33; 5; & 6,67	1 : 10	2 – 2,4	100°C	190, 250, & 340 menit	–	A & X

Campuran yang terbentuk diaduk selama 24 jam dalam reaktor kemudian dipanaskan. Setelah itu, larutan disaring dan endapan dicuci dan dikeringkan. Kemudian sampel dikarakterisasi dengan metode difraksi sinar-X (XRD) untuk identifikasi kristalinitasnya, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi partikel dan filtratnya diukur dengan ICP-AES untuk mengukur berapa konsentrasi Al dan Si yang terlarut. Waktu reaksi divariasikan antara 4 dan 24 jam dengan interval 4 jam pada suhu 160°C. Sementara itu, perbandingan rasio Si/Al juga divariasikan mulai dari 1 sampai 1,4 dengan interval 0,2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu Hidrotermal terhadap Pembentukan Zeolit

Dengan perbedaan waktu hidrotermal, fasa zeolit yang terbentuk yaitu fasa zeolit campuran. Seperti zeolit A, X, P dan sodalit. Berikut ini adalah hasil analisis XRD pada variasi waktu hidrotermal 12, 24, 72 dan 144 (Gambar 1).

Tampak pada Gambar 1 bahwa pada variasi waktu hidrotermal 12-144 jam, fasa zeolit yang terbentuk mempunyai fasa zeolit campuran yang serupa, yaitu zeolit A, X, P dan sodalit, tetapi yang membedakan adalah intensitasnya. Zeolit A yang terbentuk pada variasi waktu hidrotermal ini memiliki jenis struktur yang berbeda yaitu zeolit A dengan struktur ortorombik (A) dan struktur kubik (A).

Hasil sintesis fasa zeolit yang diamati dengan menggunakan teknik XRD menunjukkan bahwa zeolit A dengan struktur ortorombik masih mendominasi. Ini terlihat dengan adanya puncak dengan intensitas yang cukup tinggi. Selain itu, juga diidentifikasi adanya puncak zeolit A, X, P dan sodalit. Beberapa puncak fasa mullit dan kuarsa mulai hilang, namun masih nampak adanya puncak utama fasa mullit dan kuarsa dengan intensitas yang rendah. Selain itu, fasa amorf juga mulai berkurang. Fenomena ini ditunjukkan oleh makin berkurangnya *hump* pada $2\theta = 5^{\circ}$ - 35° yang tergantikan dengan munculnya puncak baru. Hal ini menunjukkan fasa amorf berubah menjadi fasa kristal zeolit. Pada waktu hidrotermal 24, 72, dan 144 jam muncul puncak kristalisasi zeolit yang serupa dengan waktu hidrotermal 12 jam. Pada waktu hidrotermal 24 jam terjadi peningkatan pada beberapa puncak zeolit A, baik zeolit A

yang mempunyai struktur ortorombik (A) maupun struktur kubik (A). Pada hasil tersebut diamati juga adanya puncak baru yang muncul pada $2\theta = 18,27^{\circ}$, yang teridentifikasi adanya puncak zeolit X dan juga munculnya puncak-puncak baru pada $2\theta = 26,76^{\circ}$ dan $27,59^{\circ}$ yang teridentifikasi sebagai puncak zeolit P. Dengan adanya puncak baru ini, mengindikasikan bahwa fasa amorf berubah menjadi fasa kristal zeolit. Semakin lama waktu hidrotermal maka zeolit yang terbentuk semakin banyak dan semakin kristal.

Akan tetapi pada waktu hidrotermal 72 jam, zeolit A yang mendominasi pada kondisi waktu hidrotermal 12 dan 24 jam menunjukkan intensitas menurun, dimana intensitas tertinggi zeolit A selama 24 jam terletak pada intensitas 731,34 (cps) tetapi setelah kondisi hidrotermal 72 jam, intensitas tertinggi menurun yaitu pada intensitas 648,09 (cps). Intensitas puncak pada waktu hidrotermal 72 jam juga mengalami peningkatan intensitas pada beberapa puncak zeolit yang diikuti menurunnya intensitas pada beberapa puncak zeolit.

Pada waktu hidrotermal 144 jam juga menunjukkan semakin meningkatnya intensitas dan menurunnya intensitas zeolit pada beberapa puncak zeolit. Selain itu, pada kondisi waktu hidrotermal terbentuk zeolit yang baru yaitu zeolit P pada $2\theta = 29,04^{\circ}$ diikuti dengan semakin menurunnya intensitas pada zeolit P pada $2\theta = 26,76^{\circ}$ dan zeolit A (struktur ortorombik) bahkan habis melarut pada $2\theta = 7,86^{\circ}$, $10,77^{\circ}$, $11,79^{\circ}$, $31,26^{\circ}$, $36,66^{\circ}$, $38,05^{\circ}$, $39,01^{\circ}$, $41,43^{\circ}$, $43,56^{\circ}$ dan $44,75^{\circ}$ sedangkan zeolit A (struktur kubik), intensitasnya semakin tinggi. Meningkatnya intensitas zeolit X pada $2\theta = 32,59^{\circ}$ dan juga intensitas kuarsa semakin tinggi pada $2\theta = 40,11^{\circ}$. Pada kondisi waktu hidrotermal 144 jam, muncul puncak baru yang belum teridentifikasi, yaitu pada $2\theta = 35,71^{\circ}$ dan $46,70^{\circ}$.

Pada Gambar 1, tampak bahwa fasa kuarsa pada $2\theta = 26,65^{\circ}$ yang semula mempunyai intensitas terkuat sebelum sampel abu dasar kalsinasi di sintesis menjadi zeolit, tetapi setelah mengalami proses hidrotermal baik pada variasi waktu hidrotermal 12-144 jam fasa kuarsa pada $2\theta = 26,65^{\circ}$ habis terlarut membentuk zeolit, begitu pula pada $2\theta = 20,89^{\circ}$ dan puncak mullit pada $2\theta = 40,86^{\circ}$ melarut semua pada variasi waktu hidrotermal 12-144 jam, tetapi pada $2\theta = 33,23^{\circ}$ dan $35,26^{\circ}$ fasa mullit tetap ada

sampai akhir sintesis. Selain itu, juga terlihat pada waktu hidrotermal 144 jam masih terdapat fasa kuarsa dengan puncak yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan pada saat proses hidrotermal berlangsung terjadi proses pelarutan fasa amorf sehingga mengakibatkan intensitas kuarsa bertambah, yang tampak pada $2\theta = 40,10^\circ$.

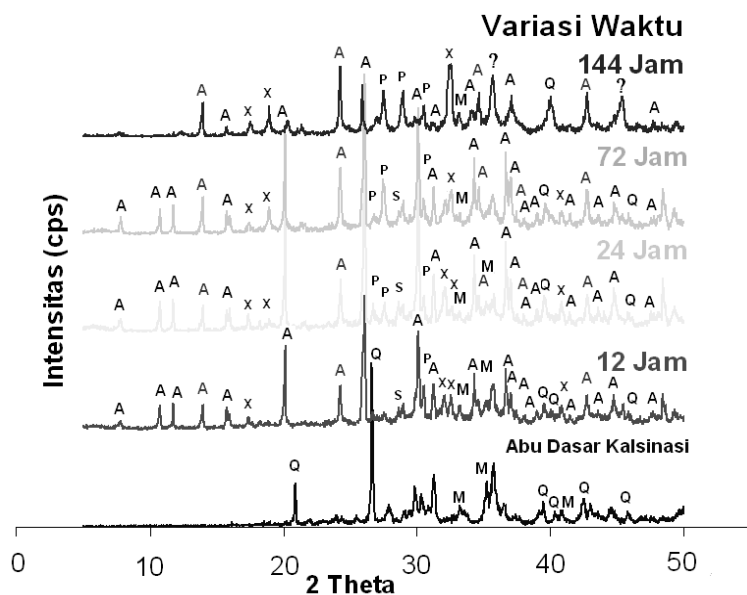
Dari Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa produk zeolit yang dihasilkan intensitas optimum terletak pada kondisi waktu hidrotermal 24 jam, yang ditandai dengan intensitas tertinggi 731,34 (cps) pada $2\theta = 26,08^\circ$, sedangkan pada waktu hidrotermal 72 dan 144 jam menunjukkan menurunnya intensitas zeolit dan juga terdapat peningkatan intensitas zeolit pada beberapa puncak zeolit. Terlihat pada Gambar 1, bahwa zeolit A masih mendominasi fasa-fasa zeolit dengan jumlah puncak yang banyak daripada zeolit X, P dan sodalit.

Rentang waktu yang diperlukan dalam pembentukan suatu produk zeolit tertentu bersifat khas dan dipengaruhi oleh kondisi

reaksi. Zeolit A, X, P dan sodalit yang terbentuk pada kondisi suhu 160°C selama 12 jam mengalami peningkatan dan penurunan intensitas zeolit pada beberapa puncak zeolit, bahkan ada puncak zeolit yang melarut sama sekali. Lebih jelas lagi ketika sampai pada suhu 160°C dengan waktu kristalisasi 144 jam sodalit dan zeolit A sebagian tampak melarut dan digantikan oleh fasa zeolit lain, yaitu X dan P.

Sesuai dengan penelitian Molina & Poole, 2004, adanya pergantian fasa ini dikenal dengan transformasi fasa. Artinya, fasa yang tidak stabil akan digantikan oleh fasa yang lebih stabil (Barrer, 1982).

Fenomena ini juga didukung dengan data ICP-AES (*Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy*) yang diperoleh dengan menganalisa konsentrasi Si dan Al yang terdapat dalam filtrat hasil proses hidrotermal langsung. Hasil analisa konsentrasi Si dan Al serta perbandingan Si/Al dalam larutan hasil sintesis dapat ditunjukkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



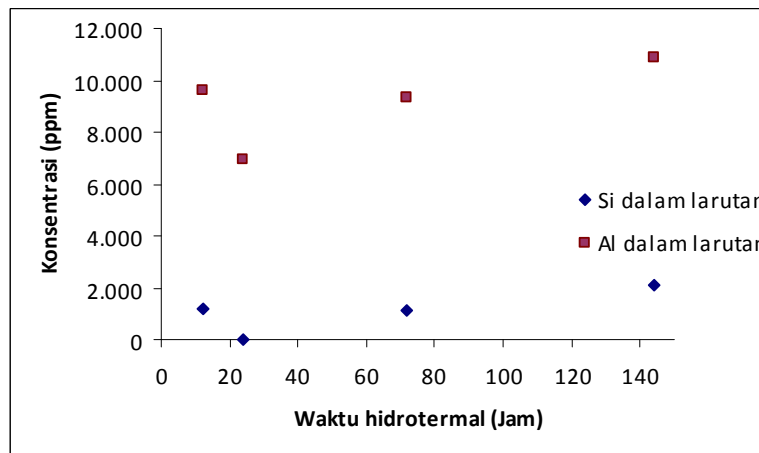
Gambar 1. Difraktogram Sinar-X : Abu dasar sesudah kalsinasi & hasil sintesis secara hidrotermal langsung dengan variasi waktu (12, 24, 72 & 144 Jam) Pada Suhu 160°C *Keterangan:* Q = Quartz (SiO_2), PDF 46-1045, M = Mullite ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$), PDF 15-0776, A = Zeolit A ($\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), PDF 44-0050, A = Zeolit A ($\text{Na}[\text{AlSiO}_4]_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), PDF 42-0216; X = Zeolit X ($\text{Na}_{88}\text{Al}_{88}\text{Si}_{104}\text{O}_{384} \cdot 220\text{H}_2\text{O}$), PDF 39-0218, P = Zeolit P ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2 \cdot 71\text{O}_9 \cdot 42.4.39\text{H}_2\text{O}$), PDF 43-0577, S = Sodalit ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} [\cdot \text{OH}]$), PDF 11-0401

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 terlihat bahwa konsentrasi Si dan Al maupun perbandingan Si/Al terkecil terjadi pada kondisi hidrotermal pada suhu 160°C selama 24 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak Si dan Al yang terlarut membentuk zeolit dan semakin tinggi kristalinitasnya. Semakin kecil perbandingan hasil Si/Al yang diperoleh pada filtrat hasil sintesis zeolit, maka semakin banyak Si/Al yang bereaksi membentuk zeolit dan semakin tinggi kristalinitasnya. Hal ini tampak pada hasil uji XRD seperti yang tertera pada Gambar 1, dimana intensitas tertinggi terletak pada kondisi suhu 160°C selama 24 jam yaitu 731,34 (cps) pada $2\theta = 26,08^\circ$ (Zeolit A, struktur ortorombik). Sedangkan pada kondisi suhu 160°C selama 144 jam, konsentrasi Si, Al maupun Si/Al paling tinggi diantara kondisi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kelarutan Si dan Al lebih sedikit, yang ditandai dengan

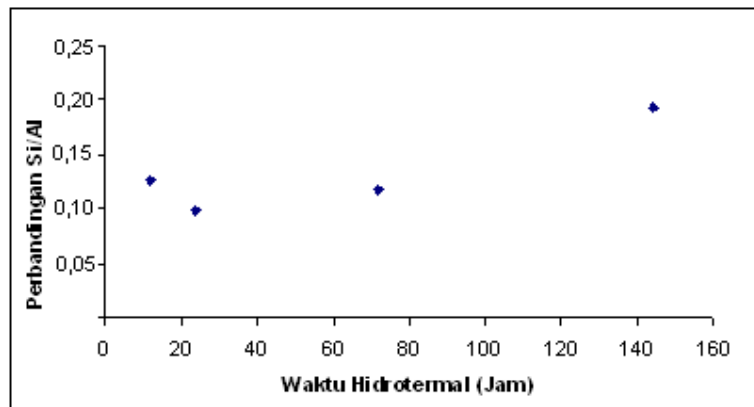
penurunan fasa zeolit bahkan dapat melarutkan fasa zeolit A dan meningkatnya fasa kuarsa yang tampak pada Gambar 1. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang ditulis oleh Hidayati (2008) dan Muasyaroh (2008) bahwa suhu yang terlalu tinggi dengan waktu reaksi yang terlalu lama akan melarutkan fasa zeolit yang terbentuk.

Morfologi partikel padatan hasil sintesis abu dasar bebas sisa karbon secara hidrotermal langsung pada berbagai kondisi hidrotermal variasi waktu diamati dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang ditunjukkan dalam Gambar 4.

Hasil padatan sintesis abu dasar pada variasi waktu hidrotermal, terlihat bahwa pada semua hasil sintesis memiliki bentuk partikel



Gambar 2. Konsentrasi Si dan Al dalam larutan hasil sintesis pada berbagai waktu hidrotermal selama 160°C



Gambar 3. Perbandingan Si/Al dalam larutan hasil sintesis pada berbagai waktu hidrotermal selama 160°C

yang serupa yaitu berbentuk empat persegi panjang (ortorombik) lebih dominan dari bentuk partikel yang lain. Partikel yang dominan ini diindikasikan sebagai bentuk partikel zeolit A (struktur ortorombik) sesuai yang dipaparkan pada hasil XRD (Gambar 1). Dari Gambar 4 terlihat, bahwa partikel hasil padatan sintesis abu dasar bebas sisa karbon pada waktu hidrotermal 12 jam (Gambar 4a) memiliki bentuk morfologi ortorombik lebih sedikit daripada partikel hasil padatan sintesis abu dasar bebas sisa karbon pada waktu hidrotermal 24 dan 72 jam (Gambar 4b & 4c). Hal ini dapat diperkuat dengan hasil XRD (Gambar 1), bahwa zeolit yang mendominasi fasa mineral pada waktu hidrotermal 24 dan 72 jam yaitu zeolit A (struktur ortorombik).

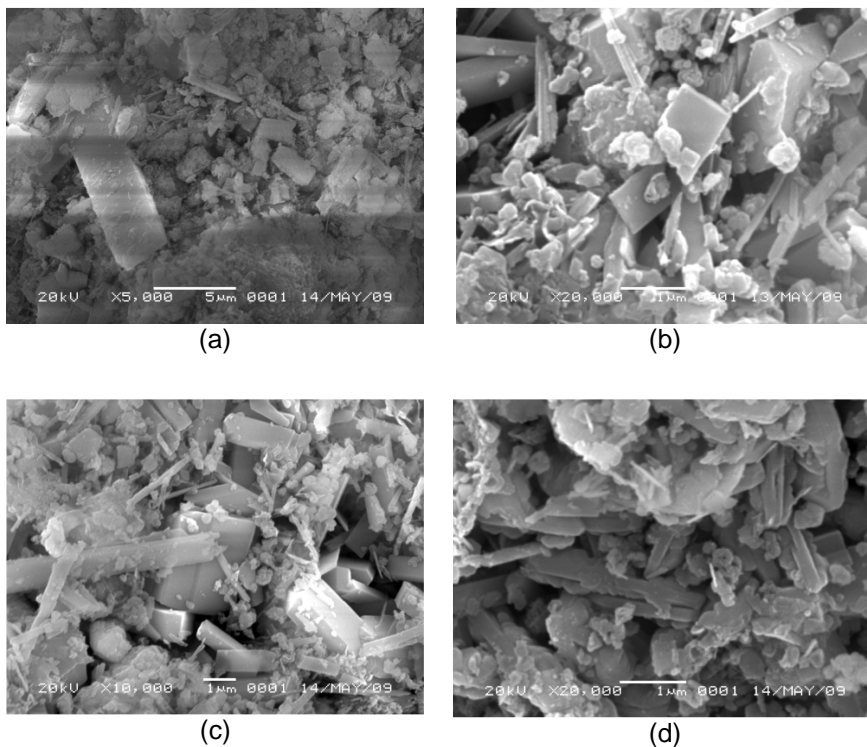
Pengaruh Perbandingan Rasio Si/Al terhadap Pembentukan Zeolit

Untuk mengetahui pengaruh perbandingan Si/Al terhadap pembentukan zeolit, sintesis dilakukan dengan memvariasikan perbandingan molar Si/Al terhadap komposisi rasio molar oksida awalnya 3,165 Na₂O : Al₂O₃ : 1,926 SiO₂ : 128 H₂O,

sedangkan perbandingan Na₂O dan H₂O dibuat tetap.

Perbandingan rasio molar yang divariasikan yaitu perbandingan rasio molar Si/Al = 1; 1,2; dan 1,4. Setiap perbandingan rasio molar ini, dilakukan sintesis dengan kondisi waktu dan suhu hidrotermal yang sama, yaitu pada suhu 160°C selama 24 jam. Dengan perbedaan perbandingan molar Si/Al, pada sintesis yang dilakukan pada kondisi suhu hidrotermal dan waktu yang sama yaitu pada suhu 160°C selama 24 jam, maka fasa zeolit yang dihasilkan berupa zeolit campuran, yaitu zeolit A, X, P dan sodalit (Gambar 5).

Pada perbandingan rasio Si/Al = 1,2 dan 1,4 yang disajikan dalam Gambar 2, muncul puncak kristalisasi zeolit yang serupa dengan perbandingan rasio Si/Al = 1, pada suhu 160 °C selama 24 jam tetapi bedanya terletak pada intensitas. Pada perbandingan Si/Al = 1,2 terjadi penurunan intensitas hampir semua pada puncak zeolit A (struktur ortorombik) maupun peningkatan intensitas zeolit pada puncak zeolit A (struktur kubik). Begitupula, yang terjadi pada perbandingan Si/Al = 1,4. Karena zeolit A (struktur



Gambar 4. Foto SEM Partikel Hasil Padatan Sintesis Abu Dasar Bebas Sisa Karbon Secara Hidrotermal Langsung dengan dengan Kondisi Hidrotermal Variasi Waktu (a. 12 jam; b. 24 jam; c. 72 jam & d. 144 jam) pada suhu 160°C

ortorombik) merupakan fasa yang mendominasi daripada fasa zeolit yang lain, dimana pada Gambar 5 tampak bahwa zeolit A lebih tinggi intensitas difraksinya, sehingga variasi perbandingan rasio Si/Al yang memiliki intensitas difraksi yang optimum didapatkan pada rasio Si/Al = 1. Semakin tinggi perbandingan rasio Si/Al, maka intensitasnya semakin menurun tergantung pada jenis zeolit yang terbentuk. Untuk membentuk zeolit A juga pernah dilakukan oleh (Tanaka, dkk (2006) dan Chang dan Shih (2000), dengan rasio Si/Al = 1 dengan penambahan Al dari sumber lain (NaAlO_2 oleh $\text{Al}(\text{OH})_3$) pada abu layang.

Selain memperhatikan fasa zeolit yang terbentuk, pada Gambar 5 tampak beberapa puncak fasa mullit dan kuarsa mulai hilang namun masih juga nampak adanya puncak utama fasa mullit dan kuarsa dengan intensitas yang rendah. Selain itu, fasa amorf juga mulai berkurang. Fenomena ini ditunjukkan oleh makin berkurangnya *hump* pada $2\theta = 5^\circ\text{--}35^\circ$ yang tergantikan dengan munculnya puncak baru. Hal ini menunjukkan fasa amorf berubah menjadi fasa kristal zeolit. Perubahan terhadap produk hidrotermal juga dapat diamati dengan menggunakan teknik ICP-AES (*Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy*) yang dilakukan terhadap filtrat hasil sintesis zeolit seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6 dan Gambar 7.

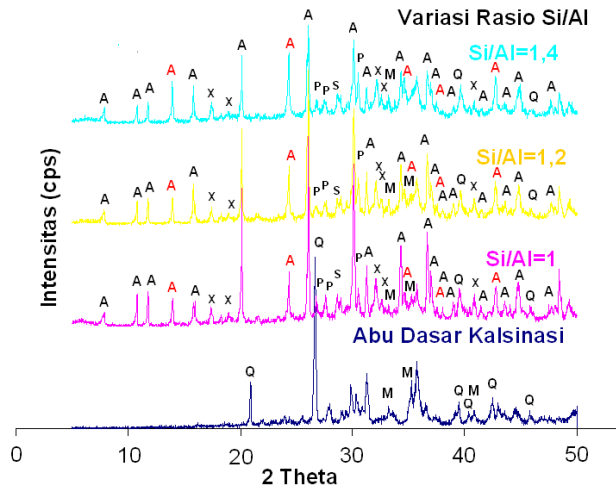
Gambar 6 maupun Gambar 7 menginformasikan bahwa perbandingan Si/Al cenderung bertambah dengan bertambahnya rasio molar Si/Al. Ini mengindikasikan pelarutan Al dalam basa (NaOH) semakin besar hingga pada rasio perbandingan Si/Al = 1,4 dan semakin kecil ketika rasio molar dikurangi menjadi 1. Rendahnya konsentrasi Si yang digunakan untuk pembentukan zeolit dan semakin besar konsentrasi Al yang larut dalam basa (NaOH)

dipengaruhi oleh semakin bertambahnya rasio molar Si/Al yang digunakan. Semakin rendah perbandingan hasil Si/Al yang diperoleh pada filtrat hasil sintesis zeolit, maka semakin banyak Si/Al yang bereaksi membentuk zeolit dan semakin tinggi kristalinitasnya. Hal ini tampak pada hasil uji XRD seperti yang tertera pada Gambar 5.

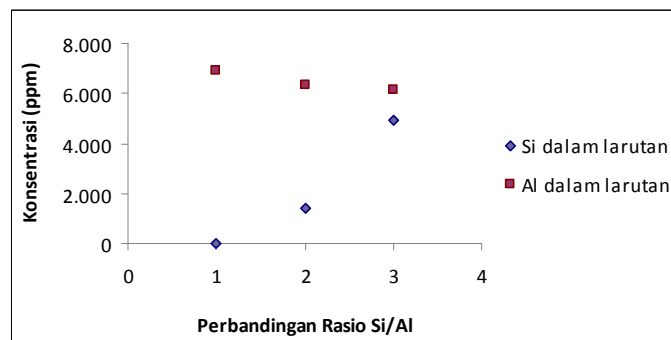
Morfologi partikel padatan hasil sintesis abu dasar bebas sisa karbon secara hidrotermal langsung pada berbagai kondisi hidrotermal variasi perbandingan Si/Al (1; 1,2 dan 1,4) diamati dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang ditunjukkan dalam Gambar 8. Secara umum, foto SEM partikel hasil padatan sintesis abu dasar pada variasi perbandingan Si/Al tampak bahwa pada semua hasil sintesis tampak kristal tetapi juga ada bentuk partikel-partikel diatas sepertinya ditutupi oleh fasa lain yang diindikasikan sebagai fasa amorf dari abu dasar bebas sisa karbon. Diantara Gambar 8 terlihat paling amorf diantara perbandingan rasio Si/Al yaitu pada rasio 1,4. Hal ini sesuai dengan hasil XRD (Gambar 5), intensitas puncak hampir semuanya zeolit A (struktur ortorombik) menurun, sehingga tampak pada SEM partikel padatan dengan rasio Si/Al = 1,4 lebih amorf.

Foto SEM yang disajikan pada Gambar 6, memiliki bentuk partikel yang serupa yaitu berbentuk terlihat seperti empat persegi panjang (ortorombik) lebih dominan dari bentuk partikel yang lain. Partikel yang dominan ini, diindikasikan sebagai bentuk partikel zeolit A (struktur ortorombik) sesuai yang dipaparkan pada hasil XRD (Gambar 5).

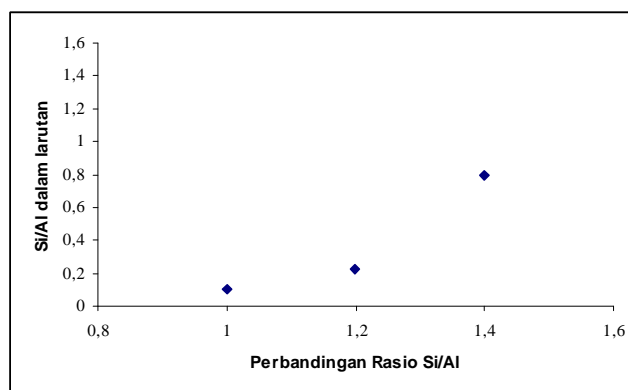
Produk sintesis zeolit dalam penelitian ini merupakan tipe zeolit A tidak murni karena mengandung beberapa fasa zeolit yang terdiri dari Zeolit X, P dan Sodalit.



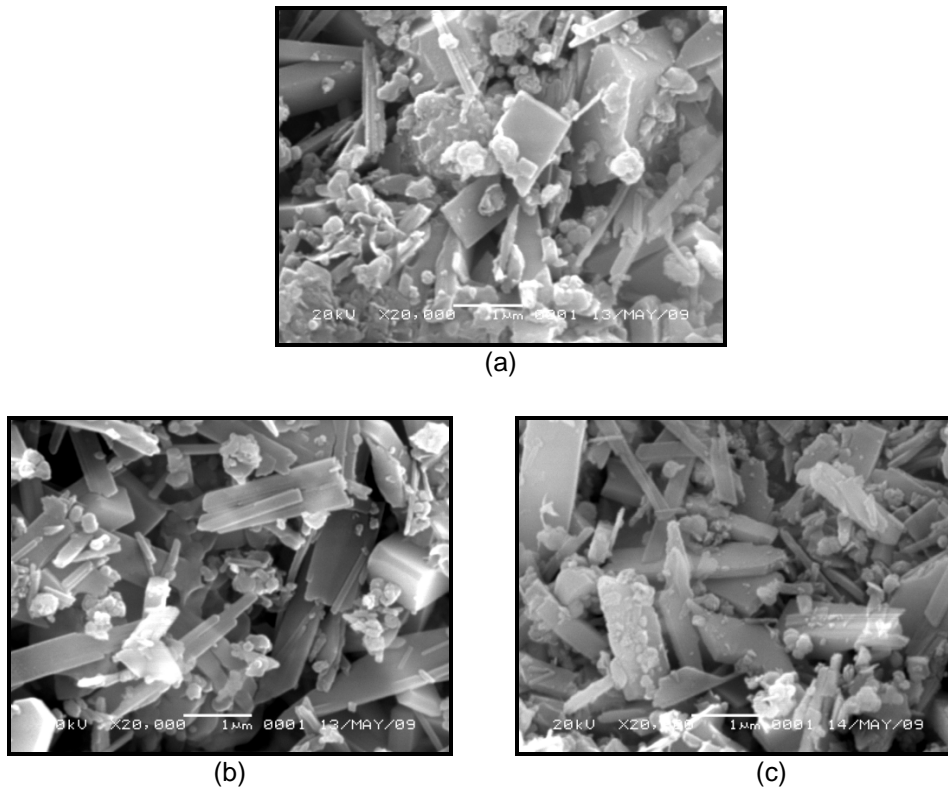
Gambar 5. Difraktogram Sinar-X : Abu Dasar (*Bottom Ash*) Sesudah Kalsinasi & Hasil Sintesis Secara Hidrotermal Langsung dengan Variasi Rasio Si/Al (1; 1,2 & 1,4) Pada Suhu 160°C & waktu 24 Jam. *Keterangan:* Q = Quartz (SiO_2), PDF 46-1045, M = Mullite ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$), PDF 15-0776, A = Zeolit A ($\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), PDF 44-0050, A = Zeolit A ($\text{Na}[\text{AlSiO}_4]_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), PDF 42-0216, X = Zeolit X ($\text{Na}_{88}\text{Al}_{88}\text{Si}_{104}\text{O}_{384} \cdot 220\text{H}_2\text{O}$), PDF 39-0218, P = Zeolit P ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2 \cdot 71\text{O}_9 \cdot 42.4.39\text{H}_2\text{O}$), PDF 43-0577, S = Sodalit ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}[\text{OH}]$), PDF 11-0401



Gambar 6. Konsentrasi Si dan Al Dalam Larutan Hasil Sintesis Pada Berbagai Perbandingan Rasio Si/Al



Gambar 7. Perbandingan Si/Al Dalam Larutan Hasil Sintesis Pada Berbagai Perbandingan Rasio Si/Al



Gambar 8. Foto SEM Partikel Hasil Padatan Sintesis Abu Dasar Bebas Sisa Karbon Secara Hidrotermal Langsung dengan Variasi Rasio Si/Al (a. Si/Al =1; b. Si/Al = 1,2 & c. Si/Al = 1,4) Pada Suhu 160°C & waktu 24 Jam

Hal ini disebabkan karena metode dalam sintesis zeolit menggunakan metode hidrotermal langsung biasanya berupa campuran beberapa fasa yang secara termodinamis kurang stabil. Ketidakstabilan ini disebabkan oleh ketidakmurnian abu dasar sebagai bahan awal pembuatan zeolit, dimana komposisi kimia abu dasar juga mengandung unsur-unsur lain seperti Fe, Ca, Mg, K dan Mn.

Sifat dan jumlah kation logam yang ada berkontribusi secara signifikan pada stabilitas yang ditunjukkan oleh struktur zeolit tertentu. Hal serupa juga pernah dilakukan oleh Hidayati, 2008 dan Muasyaroh, 2008 dan Nafi'ah, 2008.

KESIMPULAN

Jenis zeolit yang terbentuk berupa zeolit campuran, yaitu zeolit A, X, P dan sodalit. Zeolit yang terbentuk paling dominan dengan berbagai variasi kondisi hidrotermal yaitu zeolit A yang memiliki 2 struktur yang beda, yaitu ortorombik dan kubik. Zeolit A dengan

struktur ortorombik yang lebih dominan terjadi pada kondisi suhu hidrotermal 160°C selama 24 dengan rasio Si/Al = 1. Pada hasil variasi komposisi rasio molar Si/Al (1; 1,2 dan 1,4) menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi rasio molar maka intensitasnya semakin menurun. Intensitas tertinggi terletak pada puncak fasa zeolit A berstruktur ortorombik sehingga fasa zeolit A berstruktur ortorombik paling dominan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Murayama, N., Yamamoto, H. dan Shibata, J. (2008), " Mechanisme of Zeolite Synthesis from Coal Fly Ash by Alkali Hydrothermal Reaction", *Int. J. Miner. Process*, Vol. 64, hal. 1-17.
2. Juan, R., Herna'ndez, S., Andre's, J., M., dan Ruiz, C. (2007), "Synthesis of Granular Zeolitic Materials with High Cation Exchange Capacity from Agglomerated Coal Fly Ash", *Fuel*, Vol. 1, hal 1-11.

3. Nikmah, Syukuri, R.A., Fansuri, H., dan Widiastuti, N., (2009), "Pengaruh Suhu Hidrotermal pada Sintesis Zeolit dari Abu Dasar Bebas Sisa Karbon secara Hidrotermal Langsung", Seminar Nasional Kimia XI, Surabaya.
4. Ojha, K. Pradhan, N. dan Samanta, A. N. (2004), "Zeolite from Fly Ash: Synthesis and Characterization", *Bull. Mater. Sci. Indian Academy of Sciences*, Vol. 27, No. 6, hal. 555-564
5. Chang, H.L. dan Shih, W.H. (2000), "Synthesis of Zeolites A and X from Fly Ashes and Their Ion-Exchange Behavior with Cobalt Ions", *Ind. Eng. Chem. Res.*, Vol. 39, hal. 4185-4191.
6. Wang, C.F., Li, J.S., Wang, L.J. dan Sun, X.Y. (2008), "Influence of NaOH Concentrations on Synthesis of Pure-form Zeolite A from Fly Ash Using Two-Stage Method", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 155, hal. 58-64.
7. Robson, H. (2001), "Verified Syntheses Of Zeolitic Materials", *Elsevier Science B.V.*, hal.179.
8. Chang, H.L. dan Shih, W.H. (1998), "A General Method for The Conversion of Fly Ash into Zeolites as Ion Exchange for Cesium", *Industrial Engineering Chemical Research*, Vol. 37, hal. 71-78.
9. Fukui, K., Nishimoto, T., Takiguchi, M. dan Yoshida H. (2006), "Effects of NaOH Concentration on Zeolite Synthesis from Fly Ash with a Hydrothermal Treatment Method", *Dept. Chemical Engineering*, Hiroshima University.
10. Molina, A. dan Poole, C. (2004), "A Comparative Study Using Two Methods To Produce Zeolites from Fly Ash", *Minerals Engineering*, Vol. 17, hal. 167-173.
11. Barrer, R.M. (1982), *Hydrothermal Chemistry of Zeolites*, Academic Press Inc, London.
12. Hidayati, Ririn, E. (2008), *Sintesis Zeolit Dari Abu Layang Batubara: Kajian Pengaruh Waktu Hidrotermal Awal Terhadap Pembentukan Zeolit*, Tesis, FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
13. Muasyaroh, Dewi, (2008), *Pengaruh Suhu Hidrotermal Awal Terhadap Pembentukan Zeolit dari Abu Layang Batubara*, Tesis, FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
14. Tanaka, H., Eguchi, H., Fujimoto, S. dan Hino, R. (2006), "Two Step Process for Syntesis of a Single Phase Na-A Zeolit from Coal Fly Ash by Dialisis", *Fuel*, Vol.85, hal. 1329-1334.
15. Nafi'ah, Choirun, (2008), *Pengaruh Komposisi KOH pada Sintesis Zeolit dari Abu Layang Batubara*, Tesis, FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN ANGGREK DENDROBIUM (*Dendrobium* sp.) PADA APLIKASI ZEOLIT SEBAGAI CAMPURAN MEDIA TANAM DAN PUPUK PELENGKAP CAIR

Azlina Heryati Bakrie

Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
E-mail: azlina@unila.ac.id

ABSTRAK

Untuk mengetahui pertumbuhan bibit tanaman anggrek dendrobium dengan aplikasi campuran media tanam sabut kelapa, pakis, zeolit, dan pupuk pelengkap cair telah dilakukan penelitian di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Perlakuan disusun secara faktorial 2x5. Perlakuan disusun dalam Rancangan Kelompok Teracak Sempurna, dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah campuran media tumbuh: sabut kelapa dan pakis (m_1); sabut kelapa, pakis, dan zeolit (m_2). Faktor kedua adalah aplikasi pupuk pelengkap cair Hortigro Hijau dengan 5 taraf konsentrasi: $0,5 \text{ g l}^{-1}$ (h_1); 1 g l^{-1} (h_2); $1,5 \text{ g l}^{-1}$ (h_3); 2 g l^{-1} (h_4); dan $2,5 \text{ g l}^{-1}$ (h_5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran media tanam sabut kelapa, pakis, dan zeolit menghasilkan tinggi bulb anggrek Dendrobium lebih tinggi 1.15 cm (16,39%) daripada tanpa pemberian zeolit. Aplikasi Pupuk Hortigro sampai $2,5 \text{ g l}^{-1}$ masih meningkatkan tinggi bulb, jumlah daun, dan panjang tiga daun teratas anggrek Dendrobium secara linier. Aplikasi pupuk Hortigro setiap 1 g l^{-1} pada campuran media tumbuh dengan zeolit meningkatkan panjang tiga daun teratas sebesar 0,49 cm sedangkan pada campuran media tanam tanpa menggunakan zeolit menambah panjang tiga daun teratas sebesar 1,63 cm. Aplikasi zeolit pada campuran media tanam menghasilkan struktur akar yang lebih baik daripada tanpa aplikasi zeolit (Gambar 4).

Kata kunci: dendrobium, zeolit sebagai campuran media tanam, dan pupuk daun

ABSTRACT

VEGETATIF GROWTH OF DENDROBIUM ORCHID (*Dendrobium* sp.) ON ZEOLITE APPLICATION AS MEDIA PLANTING AND LIQUID FERTILIZER SUPPLEMENT. To determine the growth seeds of Dendrobium plant with mixture application media of coconut coir, fern, zeolite, and liquid fertilizer supplement have been done by the research in greenhouse Agricultural Faculty, University of Lampung. The treatment was arranged in a 2x5 factorial. The treatment was arranged in Randomized Perfect Design Group, with three replications. The first factor is mixture of growth media: coconut coir and fern (m_1); coconut coir, fern, and zeolite (m_2). The second factor is the application of liquid fertilizer supplement Hortigro Green with 5 levels of concentration: 0.5 g l^{-1} (h_1); 1 g l^{-1} (h_2), 1.5 g l^{-1} (h_3), 2 g l^{-1} (h_4); and 2.5 g l^{-1} (h_5). The results showed that the mixture media of coconut coir, fern, and zeolite is producing bulb Dendrobium higher of 1,15 cm (16,39%) than without giving zeolite. Application of Hortigro fertilizer until $2,5 \text{ g l}^{-1}$ still increasing the bulb height, leaf number, and length of the top three leaves of Dendrobium linearly. Application of Hortigro fertilizer every 1 g l^{-1} on a mixture media of growth with zeolite increasing the length of the top three leaves of 0.49 cm while in mixture growing of media without zeolite was increasing the length top three leaves of 1.63 cm. Application of zeolite in a mixture growing media was producing root structure better than the application without zeolite (Fig. 4).

Keywords: dendrobium, zeolite as mixture growing media, and foliar fertilizer

PENDAHULUAN

Tanaman anggrek adalah komoditas yang bernilai ekonomi tinggi dan memiliki peluang yang baik untuk dibudidayakan. Salah satu tanaman hias yang memiliki peluang bisnis yang baik adalah anggrek dendrobium. Dendrobium merupakan tanaman hias yang biasa digunakan untuk upacara keagamaan, hiasan, dekorasi ruangan, ucapan selamat, dan ucapan duka cita. Dendrobium termasuk

anggrek potong yang dominan disukai masyarakat karena penampilannya yang sangat beragam, indah, dan tahan lama. Menurut Departemen Pertanian (2005), anggrek potong yang dominan disukai masyarakat adalah jenis Dendrobium, yaitu sebanyak 34% diikuti oleh *Oncidium Golden Shower* sebanyak 26%, *Cattleya* sebanyak 20%, *Vanda Douglas* sebanyak 17%, dan anggrek lainnya.

Pertumbuhan tanaman anggrek termasuk lambat sehingga perlu perawatan khusus untuk memacu pertumbuhannya. Pemeliharaan yang intensif dengan pemupukan dan penggunaan media tanam yang sesuai merupakan upaya yang dapat dilakukan. Media tanam yang digunakan untuk dendrobium harus memiliki banyak rongga agar akar mendapatkan banyak oksigen sehingga akar tanaman dapat berkembang dengan baik. Pertumbuhan dan perkembangan akar yang baik akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

Pakis salah satu bahan yang biasa digunakan untuk media tanam anggrek karena pakis bersifat porous, berdrainase baik, dan mampu menahan air atau larutan pupuk. Sabut kelapa juga bisa digunakan sebagai media yang juga memiliki daya simpan air. Namun, kelemahan sabut kelapa adalah mudah melapuk dan membusuk sehingga dapat menjadi sumber penyakit.

Zeolit juga dapat dijadikan sebagai campuran media tanam tanaman anggrek karena memiliki sifat porous. Menurut Husaini dan Soenara (2003), zeolit adalah jenis kristal dengan struktur molekul berongga yang dapat berfungsi sebagai penyerap, penukaran ion, penyaring molekul, dan katalisator. Suwardi (2006) menyatakan bahwa zeolit merupakan mineral yang mempunyai banyak kegunaan di bidang pertanian, industri, dan perbaikan lingkungan. Penggunaan zeolit di bidang pertanian adalah untuk bahan ameliorasi, campuran pupuk, dan bahan media tumbuh.

Bahan media pakis, sabut kelapa, dan zeolit masing-masing dapat dijadikan media tunggal bagi penanaman anggrek. Namun, bila penggunaan medianya dicampur diharapkan dapat memberikan kondisi media menjadi lebih baik. Masing-masing media memiliki kelebihan dan kelemahan sehingga penggunaan media campuran dapat saling mendukung karena kelemahan pada media tertentu dapat ditutupi oleh kelebihan media lainnya. Media tanam yang sesuai akan menghasilkan pertumbuhan anggrek yang lebih baik.

Pertumbuhan tanaman anggrek juga sangat dipengaruhi oleh adanya unsur hara. Anggrek *Dendrobium* merupakan tanaman epifit, sehingga penyerapan hara melalui akar sangat terbatas. Penyerapan hara dapat ditingkatkan dengan cara pemberian pupuk melalui daun karena sebagian besar

penyerapan hara pada tanaman anggrek terjadi melalui daun.

Salah satu jenis pupuk pelengkap cair yang dapat digunakan adalah pupuk Hortigro. Hortigro berwarna hijau dengan kandungan NPK yang seimbang, yaitu 19:19:19 digunakan terutama untuk pertumbuhan vegetatif tanaman sampai menjelang berbunga. Namun, takaran yang tepat dalam aplikasi pupuk Hortigro belum diketahui hanya direkomendasikan pada kemasan untuk tanaman hias gunakan 1-2 g l⁻¹air.

Penggunaan campuran media yang sesuai dan pemberian pupuk pada taraf konsentrasi yang sesuai akan menghasilkan tanaman anggrek dendrobium yang optimal.

Dalam upaya mengetahui pertumbuhan bibit tanaman anggrek dendrobium dengan aplikasi campuran media tanam sabut kelapa, pakis, zeolit, dan pupuk pelengkap cair ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi yaitu: apakah zeolit yang diaplikasikan sebagai campuran media tanam akan menghasilkan media tanam yang sesuai bagi tanaman dendrobium sehingga memberikan pertumbuhan tanaman yang maksimal. Pada konsentrasi berapa pupuk Hortigro akan menghasilkan pertumbuhan yang maksimal. Apakah campuran media tanam dengan zeolit akan mampu menghasilkan pertumbuhan yang berbeda pada taraf konsentrasi pupuk Hortigro yang terbaik sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan yang maksimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: campuran media tanam yang paling sesuai untuk pertumbuhan bibit tanaman anggrek dendrobium yang terbaik. Berapa konsentrasi pupuk Hortigro yang dapat menghasilkan pertumbuhan bibit tanaman anggrek akan mencapai maksimum. Apakah campuran media tanam dengan pemberian zeolit dan tanpa zeolit masing-masing akan memberikan pertumbuhan bibit tanaman anggrek dendrobium yang maksimum pada konsentrasi pupuk Hortigro yang berbeda.

TINJAUAN PUSTAKA

Dendrobium merupakan anggota keluarga anggrek dengan total 20.000 spesies dari 900 genera. *Dendrobium* menduduki peringkat kedua terbesar dengan jumlah 1.500 spesies. Berdasarkan tempat tumbuhnya, *Dendrobium* termasuk ke dalam golongan anggrek epifit. Anggrek epifit adalah anggrek yang tumbuh menumpang pada tanaman lain tanpa

merugikan tanaman yang ditumpangnya (Iswanto, 2002). *Dendrobium* memiliki akar lekat dan akar udara. Fungsi akar lekat digunakan sebagai penahan tanaman atau tempat menempelkan tanaman pada media tanam. Akar udara berfungsi untuk kelangsungan hidup tanaman yang berperan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena dapat menyerap unsur hara. Akar anggrek yang sehat berwarna putih dan tebal serta pada bagian ujung akarnya berwarna hijau cerah. (Trubus Info Kit, 2005).

Sesler (1978) menyatakan bahwa daun tanaman anggrek mampu menyerap pupuk sekitar 90% sedangkan akar hanya mampu menyerap sekitar 10%. Pada penelitian ini, penyemprotan diberikan pada daun dan akar tanaman anggrek *Dendrobium*.

Media tanam untuk tanaman anggrek dapat berupa bongkahan bata, arang, pecahan genteng, zeolit, pakis, sabut kelapa, dan lain-lain. Media tanam pakis dapat digunakan untuk semua fase pertumbuhan anggrek. Anggrek yang ditanam pada media pakis tidak memerlukan penggantian media yang terlalu sering karena pakis melapuk secara perlahan (Trubus Info Kit, 2005). Sabut kelapa memiliki daya ikat air yang baik. Namun, media sabut kelapa mudah melapuk dan membusuk sehingga dikhawatirkan dapat menjadi sumber penyakit (Iswanto, 2002).

Zeolit dapat digunakan di bidang pertanian dengan memanfaatkan sifat-sifat unik zeolit khususnya kapasitas tukar kation yang tinggi, kemampuannya dalam menyerap ion amonium, dan berbahan porous (Suwardi, 2006). Zeolit adalah sejenis mineral dengan struktur kristal alumino silikat yang berbentuk *framework* (sangkar tiga dimensi), mempunyai rongga serta saluran yang dapat ditempati oleh logam alkali dan alkali tanah (Na, K, Mg, Ca) serta molekul air. Ion logam dan molekul air dapat diganti oleh ion atau molekul lain secara reversibel tanpa merusak zeolit (Las, T. dan Arryanto, 2006).

Zeolit digunakan sebagai campuran media tanam sudah banyak dilakukan, Bakrie (2001, 2003, dan 2004) menggunakan zeolit sebagai campuran media tanam pada tanaman melon, zucchini, timun, dan lidah buaya (*Aloe vera*). Masing-masing penelitian menghasilkan pertumbuhan dan produksi yang lebih baik menggunakan zeolit sebagai campuran media tanam daripada tanpa zeolit.

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman anggrek seperti tanaman yang lain sangat membutuhkan unsur hara. Unsur hara dapat

diperoleh tanaman dari media tanam dan pemberian pupuk. Pemberian pupuk pada tanaman anggrek dapat diberikan pada media dan melalui penyemprotan. Pada penelitian ini menggunakan pupuk pelengkap cair Hortigro warna hijau dengan kandungan NPK seimbang, yaitu 19:19:19. Hortigro memiliki bentuk kristal yang mudah larut dalam air yang digunakan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman. Pupuk tersebut mengandung unsur hara makro dan mikro yang sangat dibutuhkan oleh anggrek pada pertumbuhan tahap remaja.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di rumah jaring Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada bulan Mei sampai Agustus 2007. Alat-alat yang digunakan yaitu penggaris, timbangan, *sprayer*, pot tanah berdiameter 15 cm, kamera, jaring, kertas label, koran, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu bibit anggrek *Dendrobium* varietas *Burana Sunrise* berumur 6 bulan, pupuk pelengkap cair Hortigro, sabut kelapa, zeolit, pakis, Dithane M-45 (Mankozeb 80%), dan Decis 2,5 EC (Deltametrin 25 g l⁻¹).

Rancangan perlakuan disusun secara faktorial dua faktor 2x5 (media tanam dan konsentrasi pupuk). Faktor pertama adalah campuran media tanam sabut kelapa dan pakis (m₁) serta sabut kelapa, pakis, dan zeolit (m₂). Faktor kedua adalah konsentrasi pupuk, yaitu 0,5 g l⁻¹ (h₁); 1 g l⁻¹ (h₂); 1,5 g l⁻¹ (h₃); 2 g l⁻¹ (h₄); dan 2,5 g l⁻¹ (h₅).

Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam, dilanjutkan dengan uji polinomial ortogonal pada taraf nyata 5% atau 1% pada semua analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman *dendrobium* dengan aplikasi campuran media tanam pakis, sabut kelapa dan zeolit menghasilkan tinggi bulb anggrek *Dendrobium* lebih tinggi 1.15 cm (16.39%) daripada tanpa pemberian zeolit. Aplikasi Pupuk Hortigro sampai 2,5 g l⁻¹ masih meningkatkan tinggi bulb, jumlah daun, dan panjang tiga daun teratas anggrek *Dendrobium* secara linier. Penambahan pupuk Hortigro setiap 1 g l⁻¹ pada campuran media tumbuh dengan zeolit meningkatkan panjang tiga daun teratas sebesar 1,63 cm

sedangkan pada campuran media tumbuh tanpa menggunakan zeolit hanya menambah panjang tiga daun teratas sebesar 0,49 cm. Aplikasi zeolit pada campuran media menghasilkan struktur akar yang lebih baik daripada tanpa aplikasi zeolit (Gambar 4).

Pada Tabel 1 terlihat bahwa media tanam campuran hanya berpengaruh terhadap tinggi bulb, campuran media tanam sabut kelapa, pakis, dan zeolit menghasilkan tinggi bulb anggrek *Dendrobium* lebih tinggi 1.15 cm (16,39%) daripada tanpa pemberian zeolit. Hal ini diduga karena zeolit dengan sifat yang porous dapat memperbaiki kondisi media tanam, sehingga struktur media menjadi sesuai untuk perakaran anggrek *dendrobium*. Aplikasi pupuk Hortigro sampai konsentrasi 2,5 g l⁻¹ masih memacu pertumbuhan tanaman secara linier pada peubah tinggi bulb, panjang daun, dan jumlah daun. Setiap peningkatan konsentrasi pupuk 1 g l⁻¹ dapat meningkatkan tinggi bulb sebesar 1,34 cm (Gambar 1).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap peningkatan konsentrasi pupuk Hortigro 1 g l⁻¹ dapat meningkatkan jumlah daun sebanyak 0,14 helai daun (Gambar 2). Pemberian pupuk Hortigro meningkatkan semua peubah sampai konsentrasi 2,5 g l⁻¹ kecuali jumlah bulb, hal ini diduga karena pupuk yang diaplikasikan mengandung unsur hara yang cukup untuk memacu pertumbuhan vegetatif tanaman *dendrobium* sehingga dapat memacu pertambahan tinggi bulb, jumlah daun, dan panjang daun tiga teratas. Sedangkan jumlah bulb belum meningkat, hal ini diduga karena faktor genetis dari tanaman *dendrobium* yang akan memaksimalkan penambahan tinggi bulb, penambahan daun, dan penambahan panjang daun terlebih dahulu. Setelah pertumbuhan tersebut

mencapai maksimum, kemudian fotosintat akan digunakan untuk penambahan jumlah bulb. Hal ini sejalan dengan pendapat Humphries dan Wheeler, 1963 dalam Gardner, Pearce dan Mitchell (1991) bahwa jumlah dan ukuran daun dipengaruhi oleh genotipe dan lingkungan. Peningkatan respon masih bersifat linier, hal ini diduga karena pertumbuhan anggrek *dendrobium* yang relatif lambat sampai akhir penelitian yang hanya 4 bulan pertumbuhan vegetatif belum mencapai maksimum.

Terhadap panjang tiga daun teratas terdapat interaksi antara aplikasi media tanam campuran dengan pupuk hortigro (Tabel 1). Campuran media tanam tanpa menggunakan zeolit dapat menambah panjang tiga daun teratas sebesar 1,35 cm sedangkan pada campuran media tanam yang menggunakan zeolit dapat menambah panjang tiga daun teratas sebesar 0,49 cm. Tetapi pemberian pupuk Hortigro 0.5 g l⁻¹ pada campuran media tanam dengan zeolit, panjang tiga daun teratas lebih panjang sebesar 1,81 cm atau 46,68% dibandingkan dengan campuran media tanam tanpa zeolit (Gambar 3). Keadaan ini menunjukkan bahwa kehadiran zeolit meningkatkan efisiensi penyerapan pupuk oleh tanaman sehingga dengan konsentrasi rendah sudah menghasilkan pertumbuhan yang tinggi walaupun pertambahannya relatif menurun. Hal ini diduga karena kehadiran zeolit mampu menyerap unsur hara dari pupuk khususnya amonium dan kalium sehingga dapat menjaga ketersediaan N dan K bagi tanaman yang akan memacu metabolisme tanaman yang hasilnya dimanfaatkan tanaman untuk memperpanjang daun tanaman.

Tabel 1. Pertumbuhan anggrek *Dendrobium* dengan Aplikasi media tanam campuran pakis, sabut kelapa, zeolit, dan pupuk Pelengkap cair Hortigro

Perbandingan	Signifikansi			
	Tinggi bulb	Jumlah bulb	Panjang tiga daun teratas	Jumlah daun
Media tanam				
P ₁ : m ₁ vs m ₂	1,15 cm (16,39%) *	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata
Pupuk Hortigro				
P ₂ : H linier	**	Tidak nyata	**	*
P ₃ : H kuadrat	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata
Interaksi				
P ₄ : P ₁ xP ₂	Tidak nyata	Tidak nyata	*	Tidak nyata
P ₅ : P ₁ xP ₃	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata	Tidak nyata

Keterangan:

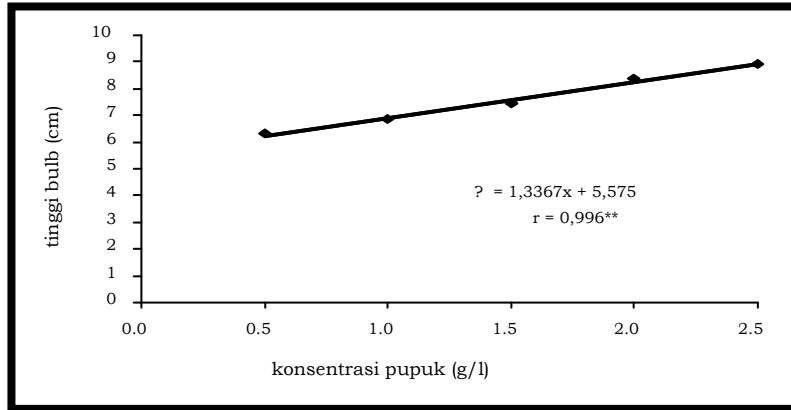
Tidak nyata: tidak nyata pada taraf 5%

** : nyata pada taraf 1%

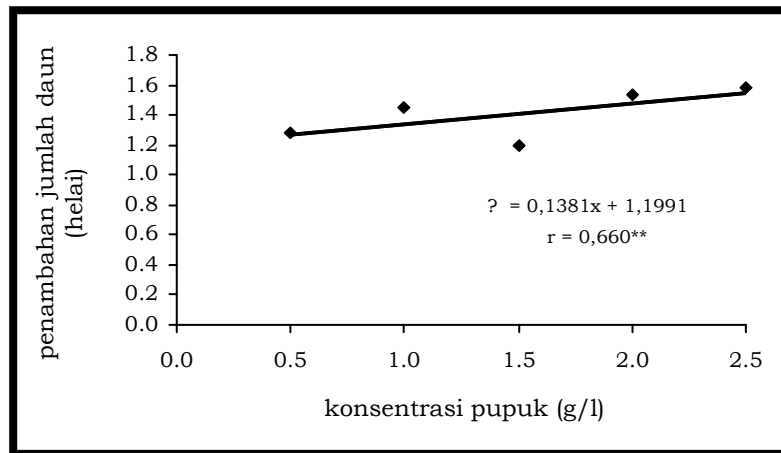
* : nyata pada taraf 5%

m₁ : media tanam tanpa zeolit

m₂ : media tanam dengan zeolit



Gambar 1. Hubungan antara konsentrasi pupuk Hortirgo dengan penambahan tinggi bulb anggrek Dendrobium

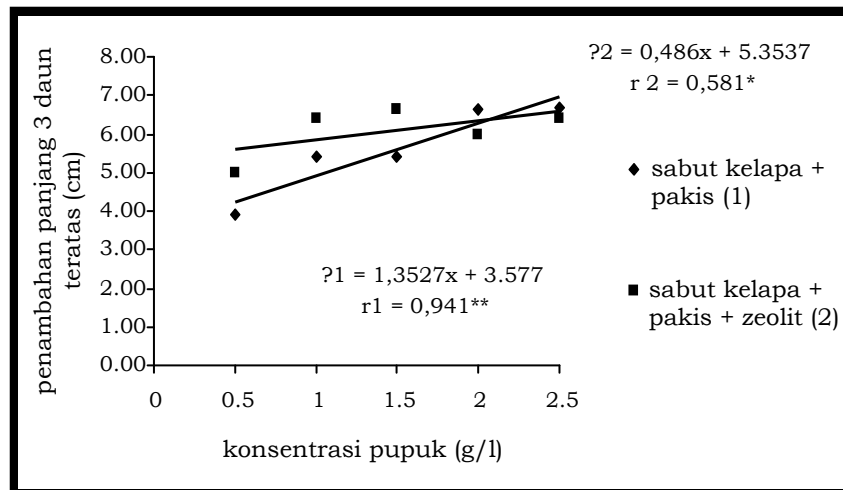


Gambar 2. Hubungan antara konsentrasi pupuk Hortirgo dengan penambahan jumlah daun anggrek Dendrobium

Hal ini sejalan dengan pendapat Sastiono, 1993 dalam Estiaty *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa kemampuan zeolit sebagai penyerap molekul dan penukar ion dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, meningkatkan kapasitas tukar kation, meningkatkan ketersediaan ion Ca, K, dan P, menurunkan kandungan Al, menahan mineral-mineral yang berguna untuk tanaman serta menyerap air untuk menjaga kelembaban. Sedangkan pada peubah lain belum terdapat interaksi, hal ini diduga karena penggunaan fotosintat masih diutamakan untuk pertumbuhan daun dan karena penelitian yang dilakukan hanya 4 bulan sehingga pengaruh terhadap peubah lain belum nampak.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa struktur perakaran Dendrobium dengan media

campuran yang diberi zeolit lebih baik daripada yang tanpa diberi zeolit (Gambar 4). Hal ini dapat dimaklumi karena zeolit dengan sifatnya yang porous, kapasitas tukar kation yang tinggi, kemampuannya dalam mengontrol pelepasan ion amonium (*slow release fertilizer*) dan menjaga kelembaban media tanam sehingga media menjadi sangat sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman Dendrobium. Unsur hara yang berada di media dan sebagai hasil pelepasan dari zeolit akan diserap oleh akar tanaman kemudian digunakan untuk proses metabolisme yang hasilnya digunakan untuk penambahan tinggi bulb, jumlah daun, panjang daun tiga teratas, dan terakhir digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran tanaman anggrek Dendrobium.



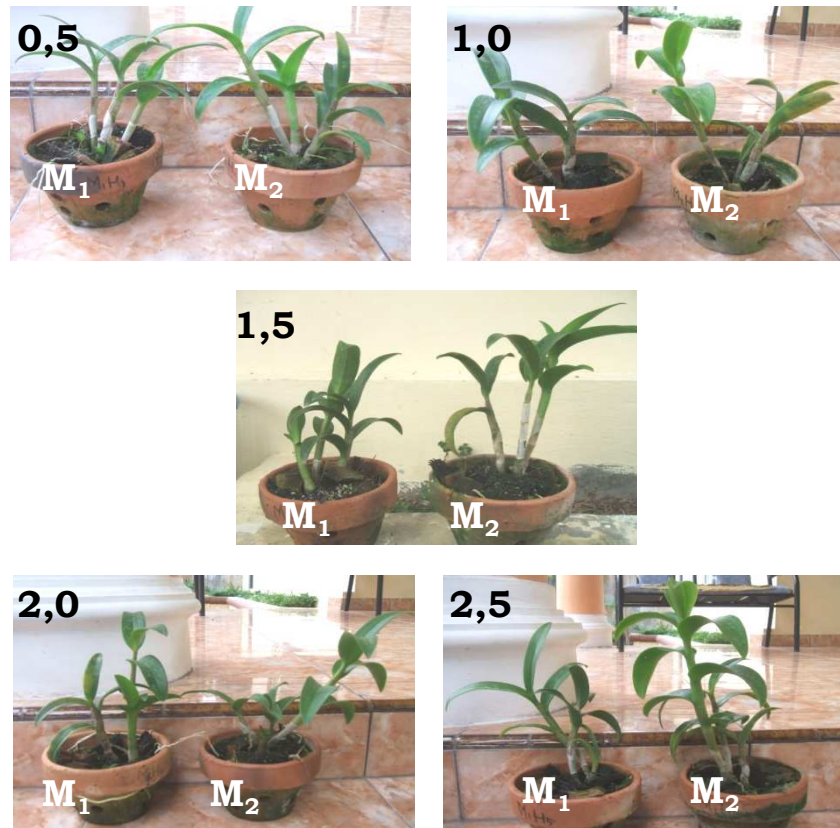
Gambar 3. Hubungan antara media tanam dengan konsentrasi pupuk Hortigro terhadap penambahan panjang 3 daun teratas anggrek Dendrobium



Gambar 4. Akar anggrek pada media tanam yang diberi zeolit (kiri) dan tanpa zeolit (kanan)

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Aplikasi zeolit sebagai campuran media tanam anggrek Dendrobium hanya meningkatkan tinggi bulb dan memacu perakaran sehingga menghasilkan struktur akar yang lebih baik dari pada media tanam tanpa zeolit.
2. Aplikasi pupuk daun Hortigro sampai konsentrasi $2,5 \text{ g l}^{-1}$ masih meningkatkan tinggi bulb, jumlah daun, dan panjang tiga daun teratas.
3. Pengaruh Interaksi campuran media tanam dan pupuk daun hanya pada peubah panjang daun tiga teratas.



Gambar 5. Pertumbuhan Tanaman Anggrek Dendrobium pada media yang ditambahkan zeolit (M₂) dan tanpa zeolit (M₁) pada berbagai konsentrasi pupuk Hortigo

DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pertanian. 2005. "Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Anggrek". <http://www.litbang.deptan.go.id>. Diakses tanggal 31 Agustus 2006. 14 hlm.
2. Husaini dan Soenara, T. 2003. Modifikasi Zeolit Alam Cikalong Jawa Barat dengan Hexadecil Trimetil Amonia dan Uji Daya Serapnya terhadap Ion Sulfat dan Kromat. *Jurnal Zeolit Indonesia* Vol. 2 No.1. Penerbit Ikatan Zeolit Indonesia (IZI). Halaman 37—43.
3. Suwardi. 2006. Pemanfaatan Zeolit di Bidang Pertanian. *Prosiding Seminar Nasional Zeolit V*. Bandar Lampung. Hal 30—39.
4. Iswanto, H. 2002. *Petunjuk Perawatan Anggrek*. Agro Media Pustaka. Jakarta. 66 hlm.
5. Trubus Info Kit. 2005. *Anggrek Dendrobium*. Vol. 1. PT. Trubus Swadaya, Depok. 218 hlm.
6. Sesler, G.J. 1978. *Orchid and How to Grow Them*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. 370 pp.
7. Las, Thamzil dan Yateman Arryanto. 2006. Prospek Penggunaan Zeolit di Bidang Industri dan Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Zeolit V*. Bandar Lampung. Hal. 20—29.
8. Bakrie, A.H. 2001. Respon Tanaman Timun (*Cucumis sativus* L) terhadap Pemberian Mineral zeolit dan Bahan Organik. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam untuk Mencapai Produktivitas Optimum Berkelanjutan*, Bandar Lampung 26—27 Juni 2001. Penerbit Universitas Lampung. Halaman 547—550.
9. _____. 2001. Respon Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) terhadap Pemberian Zeolit dan Bahan Organik. *Prosiding Seminar Nasional Hortikultura dan Kongres Perhorti*, Malang 7—8 November 2001. Penerbit Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Halaman 771—776.

10. _____. 2003. Respon Tanaman Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) terhadap Pemberian Zeolit dan Bahan organik. Prosiding Simposium Nasional dan kongres Peragi VIII, Bandar Lampung 8—10 Juli 2003. Penerbit Universitas Lampung. Halaman 251—255.
11. _____. 2004. Pertumbuhan Tanaman Lidah Buaya (*Aloe vera*) dengan Aplikasi zeolit dan Bahan Organik. Jurnal Zeolit Indonesia. Vol. 3 No.2, November, Tahun 2004. Penerbit Ikatan Zeolit Indonesia (IZI). Halaman 67—71.
12. Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Diterjemahkan oleh Herawati Susilo. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta. 428 hlm.
13. Estiaty, L.M., Suwardi, Isti Yuliana, Dewi Fatimah, dan Dadan Suherman. 2005. Pengaruh Zeolit terhadap Efisiensi Unsur Hara pada Pupuk Kandang dalam Tanah. Jurnal Zeolit Indonesia Vol. 4 No.2. Penerbit Ikatan Zeolit (IZI). Halaman 62—69.

PENGUNAAN ZEOLIT SEBAGAI BAHAN REKLAMASI TAILING PADA TAMBANG EMAS

Suwardi dan Kharisma Suzana K.

Departemen Ilmu Tanah dan Dumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Jl. Meranti-Kampus IPB-Darmaga, Bogor
Email: suwardi_bogor@yahoo.com

ABSTRAK

Tambang emas merupakan salah satu tambang penting di Indonesia, selain tambang batubara, nikel, tembaga, dll. Penambangan emas Pongkor (PT Antam Tbk) yang menerapkan tambang bawah tanah, menghasilkan emas sebagai produk utamanya dan limbah berupa tanah bekas pengolahan (*tailing*). Tailing merupakan residu tambang yang sudah diambil bahan-bahan yang bernilai ekonomi tinggi seperti emas, perak dan tembaga, serta mempunyai sifat-sifat kimia yang kurang baik apabila dikembalikan ke alam sebagai media tanam. Bahan organik dan zeolit dikenal sebagai bahan amelioran yang dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki sifat-sifat kimia dan fisik tailing. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh penambahan zeolit dan kompos terhadap sifat-sifat kimia tailing, pertumbuhan tanaman sengon, dan serapan timbal (Pb) pada tanaman. Zeolit dengan dosis 0%, 10%, 20% dan 30% serta kompos dengan dosis 0%, 10%, dan 20% ditambahkan dalam tailing kemudian digunakan untuk penanaman bibit sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen). Hasil penelitian menunjukkan tailing dari tambang emas Pongkor mempunyai nilai pH netral, Ca dan Pb yang tinggi tetapi KTK, C-organik, N-total dan basa-basa kecuali Ca sangat rendah. Penambahan zeolit dan kompos mampu memperbaiki sifat-sifat kimia tailing untuk pertumbuhan tanaman. Zeolit berpengaruh terhadap peningkatan KTK, K dan Ca, sedangkan kompos berpengaruh terhadap peningkatan semua kadar unsur hara. Penambahan zeolit dan kompos meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter dan lebar tajuk, walaupun tidak menunjukkan pengaruh yang nyata (taraf 5%) terhadap parameter pertumbuhan tanaman sengon yang diamati, serta mampu mengurangi serapan Pb pada akar dan tajuk tanaman.

Kata kunci : Kompos, logam berat Pb, taling, zeolit

ABSTRACT

Utilization of Zeolite as Tailing Reclamation Material of Gold mining. Gold mining is one of the important mining in Indonesia, besides the mining of coal, nickel, copper, etc. Gold mining in Pongkor (PT Antam) applied deep mining system. Besides producing gold as the main product, mining activity also produces waste in the form of tailing obtained from its processing. Tailing is mining residue, whose gold and silver contents have been extracted, and the tailing has somewhat inferior chemical properties if returned to nature as planting media. Organic matter and zeolite are known as ameliorant which may be used as materials for improving physical and chemical properties of tailings. The objectives of this research were to study the effects of zeolite and compost application on the chemical properties of tailing, growth of sengon plants, and absorption of lead (Pb) by plants. Zeolite with the dosages of 0%, 10%, 20% and 30%; and compost with dosages of 0%, 10%, and 20% were added to tailings then used for planting seedling of sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen). The results showed that tailing from gold mining of Pongkor had neutral pH values; high content of Ca and Pb; but very low CEC, organic-C, total- N, and bases other than Ca. Addition of zeolite and compost improve the chemical properties of tailing for growing plants. Zeolite had effect in increasing CEC, K and Ca; where as compost had effect in increasing all nutrient elements. Addition of zeolite and compost increased the height, diameter and crown width of sengon plants observed, although did not show significant effect (at α level of 5%), and was able to reduce Pb absorption in root and plant crown.

Keywords: Compost, heavy metal of Pb, tailing, zeolite

PENDAHULUAN

Salah satu tambang penting di Indonesia adalah tambang emas. Teknik penambangan emas dapat dilakukan dengan penambangan dalam (*deep mining*) dan penambangan

permukaan (*surface mining*). Pemilihan sistem penambangan tersebut tergantung dari lokasi penambangan dan sifat deposit emasnya. Salah satu unit penambangan yang menerapkan sistem *deep mining* adalah PT Aneka Tambang (Antam) Tbk. di daerah Pongkor, Bogor. Pemilihan sistem

penambangan dalam karena lokasi tambang berada pada daerah konservasi.

Penambangan emas di Pongkor selain menghasilkan emas sebagai produk utamanya, juga menghasilkan limbah berupa tanah bekas pengolahan (*tailing*) dan tanah bekas penambangan (*rock dump*). *Tailing* merupakan residu tambang yang sudah diambil bahan-bahan yang bernilai ekonomisnya, seperti emas, perak dan tembaga. *Tailing* digolongkan ke dalam limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) karena memiliki kandungan unsur mikro dan logam berat serta senyawa beracun sianida yang dapat meracuni makhluk hidup. *Tailing* hasil penambangan emas Pongkor mengandung Fe total dan Pb total masing-masing sebesar 21.448 ppm dan 110 ppm (Dharmawan, 2003).

Berbagai cara dilakukan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi akibat penambangan, yaitu dengan mencari teknik atau mencari jenis tanaman yang mampu hidup pada kondisi tanah rusak, mencari mikroba yang mampu mengembalikan kesuburannya dan menambahkan bahan organik untuk memperbaiki sifat-sifat kimia dan fisik *tailing*. Zeolit sebagai bahan amelioran telah banyak digunakan petani untuk meningkatkan efisiensi pupuk. Penambahan zeolit dan kompos secara bersama-sama ke dalam *tailing* diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat kimia dan fisik *tailing* sehingga dapat ditumbuhi tanaman. Struktur zeolit yang berongga diharapkan dapat meningkatkan daya pegang air terutama pada tanah yang bertekstur pasir. Penambahan kompos juga diharapkan mampu meningkatkan kandungan hara dalam *tailing*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) Mempelajari pengaruh penambahan zeolit dan kompos terhadap sifat-sifat kimia *tailing* tambang emas, (2) Mempelajari pengaruh penambahan zeolit dan kompos terhadap pertumbuhan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen). (3) Mempelajari pengaruh penambahan zeolit dan kompos terhadap kandungan Pb dalam *tailing* dan serapannya pada tanaman.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Rancangan Penelitian.

Penelitian rumah kaca dan analisis laboratorium dilakukan dari bulan Agustus 2007 sampai Maret 2008. Analisis media tanam dan jaringan tanaman dilakukan di

Laboratorium Pengembangan Sumberdaya Fisik Lahan, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Tailing yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari lokasi tambang emas PT Antam Tbk sedangkan zeolit yang berukuran 0,3 – 0,8 mm diambil dari deposit zeolit Cikancra, Tasikmalaya. Kompos yang digunakan diambil dari kandang ternak Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Bibit tanaman sengon umur 1 bulan dengan ketinggian 8 – 17 cm dan diameter 0,15 – 0,2 cm diperoleh dari Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial, dengan dua faktor. Faktor pertama adalah zeolit yang terdiri dari 4 taraf Z0 (0%), Z1 (10%), Z2 (20%), dan Z3 (30%) dan faktor kedua adalah kompos dengan 3 taraf K0 (0%), K1 (10%), dan K2 (20%). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 36 satuan percobaan.

Persiapan Tanam.

Tailing dikeringudarkan kemudian diayak dengan ayakan 2 mm. *Tailing* dicampur dengan kompos dan zeolit sesuai perlakuan dimasukkan ke dalam polibag. Setiap polibag diisi dengan media tanam sebanyak 3 kg. Kemudian media tanam diinkubasi selama satu minggu.

Setelah diinkubasi selama satu minggu, media tanam dipupuk NPK (16: 16:16) dengan mencampur rata-rata ke dalam polibag dengan dosis 0,75 g per polibag. Setelah diinkubasi selama tiga hari, bibit sengon ditanam pada media.

Pemeliharaan dan Pengamatan

Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan penyiraman setiap hari dengan mempertahankan kadar air pada kapasitas lapang. Pemupukan NPK (16:16:16) dilakukan dengan dosis 0,75 g/pot setiap bulan. Pengamatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dilakukan selama 3 bulan penanaman. Pengamatan dilakukan setiap 2 minggu sekali sejak 1 minggu setelah tanam (MST). Parameter pertumbuhan tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter tanaman dan lebar tajuk. Setelah 3 bulan diamati, bibit sengon diukur bobot kering (BK) dan kandungan logam berat pada jaringan tanamannya.

Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium terdiri dari penentuan sifat-sifat kimia dan fisik tailing, media tanam dan jaringan tanaman. Sifat-sifat kimia dan fisik tailing dan media tanam meliputi pH, KTK, unsur-unsur makro dan mikro serta kandungan logam beratnya. Penetapan logam berat pada jaringan tanaman (daun dan akar) menggunakan metode pengabuan basah, yang dilakukan setelah tanaman berumur 3 bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Zeolit dan Kompos terhadap Sifat-sifat Media Tanam Tailing Tambang Emas

Penambahan zeolit pada media meningkatkan KTK dan K sangat nyata. Hal ini disebabkan nilai KTK zeolit sangat tinggi, yaitu sekitar 145,5 me/100g. Sementara itu penambahan kompos meningkatkan kandungan C-organik pada media (Tabel 1). Semakin tinggi dosis kompos yang diberikan dalam media, kandungan C-organik semakin tinggi.

Data pada tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi kompos yang ditambahkan semakin tinggi pula kandungan bahan organik dalam media. Penambahan zeolit

menunjukkan pengaruh nyata terhadap peningkatan unsur K dan KTK media.

Peningkatan kandungan bahan organik paling tinggi terdapat pada perlakuan Z1K2. Selain itu, kompos juga mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara, meningkatkan terjadinya granulasi agregat dan memantapkannya sehingga kemampuan media dalam mengikat air meningkat. Keadaan ini ditunjukkan dengan meningkatkan persentase kadar air mencapai 268,58 % jika dibandingkan dengan kontrol, sehingga air yang ada dapat digunakan untuk melarutkan berbagai unsur hara dalam proses transfer ke akar tanaman dan dalam fotosintesis. Ketersediaan hara yang cukup dan didukung dengan kondisi lingkungan yang baik akan memudahkan tanaman dalam memanfaatkan hara yang ada untuk kegiatan fisiologisnya. Kompos juga mempunyai kemampuan menyerap kation yang tinggi, mampu memperbaiki daya jerap kation yang memungkinkan peningkatan kation-kation dapat dipertukarkan dan dapat menyediakan unsur-unsur hara mikro serta makro seperti N, P, K Ca, Mg, Fe, S, Mn dan Cu.

Seperti halnya dengan kompos, zeolit juga berpengaruh terhadap peningkatan KTK dan konsentrasi K dalam media. Nilai KTK zeolit yang sangat tinggi, yaitu sekitar 145,5 me/100g diduga memberikan pengaruh terhadap meningkatnya KTK pada media tanam.

Tabel 1. Pengaruh Perlakuan terhadap Sifat Media Tanam setelah 12 MST

Perlakuan	Sifat media					
	C-org (%)	N (%)	K	Ca	Mg	KTK
	----- me/100 g -----					
Z0K0	0,30	0,02	0,25	18,32	0,71	1,56
Z1K0	0,45	0,05	1,94	20,74	0,62	22,17
Z2K0	0,36	0,33	3,42	33,30	0,49	19,11
Z3K0	0,32	0,09	4,83	36,90	1,00	22,59
Z0K1	1,24	0,13	0,40	20,59	0,50	4,47
Z1K1	1,25	0,08	2,33	30,10	0,58	13,53
Z2K1	1,73	0,29	4,41	30,94	0,89	21,01
Z3K1	1,23	0,15	5,55	29,78	1,15	21,68
Z0K2	3,19	0,19	2,36	25,90	0,22	8,52
Z1K2	3,66	0,23	2,21	24,78	0,83	15,17
Z2K2	2,76	0,22	4,31	48,70	1,05	23,70
Z3K2	3,10	0,18	4,86	38,65	0,95	23,22

Zeolit juga mampu mempertahankan daya hantar listrik (DHL) rendah yaitu sekitar 0,02 - 0,15 dSm⁻¹, hal ini disebabkan zeolit di dalam larutan sedikit mengeluarkan garam-garam

yang dapat menghantarkan listrik, sehingga tanaman dapat menyerap unsur hara dengan baik. Keuntungan lain dari penggunaan zeolit adalah kemampuannya dalam mengikat hara

terutama K^+ dan NH_4^+ sangat tinggi, sehingga kalium dalam media mengalami peningkatan, yaitu pada kombinasi perlakuan Z3K1. Kehilangan nitrogen akibat pencucian atau nitrifikasi juga dapat dikurangi dengan penggunaan zeolit, sehingga produksi tanaman meningkat. Penggunaan zeolit pada tanah yang didominasi oleh pasir juga memberikan pengaruh terhadap kemampuannya dalam menahan air. Disamping itu, zeolit juga mempunyai kemampuan untuk menyerap logam-logam berat.

Penambahan zeolit dan kompos memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat-sifat media, diantaranya peningkatan KTK dan peningkatan K, tetapi belum mampu memperbaiki nilai pH. Nilai pH setelah perlakuan masih tetap tinggi yaitu 6,90 – 7,30. Walaupun demikian nilai pH ini tidak terlalu bermasalah pada tanaman yang digunakan dalam penelitian (tanaman sengon). Hal ini dikarenakan salah satu syarat tumbuh tanaman sengon yang baik adalah berkisar pada tanah yang netral hingga basa.

Pengaruh Zeolit dan Kompos terhadap Pertumbuhan Tanaman Sengon

Kondisi tanaman menggambarkan tingkat ketahanannya terhadap media yang digunakan dan berbagai kombinasi perlakuan yang diujicobakan. Pertumbuhan tanaman sengon dikatakan normal apabila mampu tumbuh dan membentuk daun yang sempurna, sedangkan pada pertumbuhan yang abnormal tanaman mampu tumbuh tetapi tidak membentuk daun yang sempurna dan menunjukkan gejala kematian (klorosis). Gejala kematian tersebut antara lain dengan terjadinya pengeringan dan pembusukan pada daun dan akar.

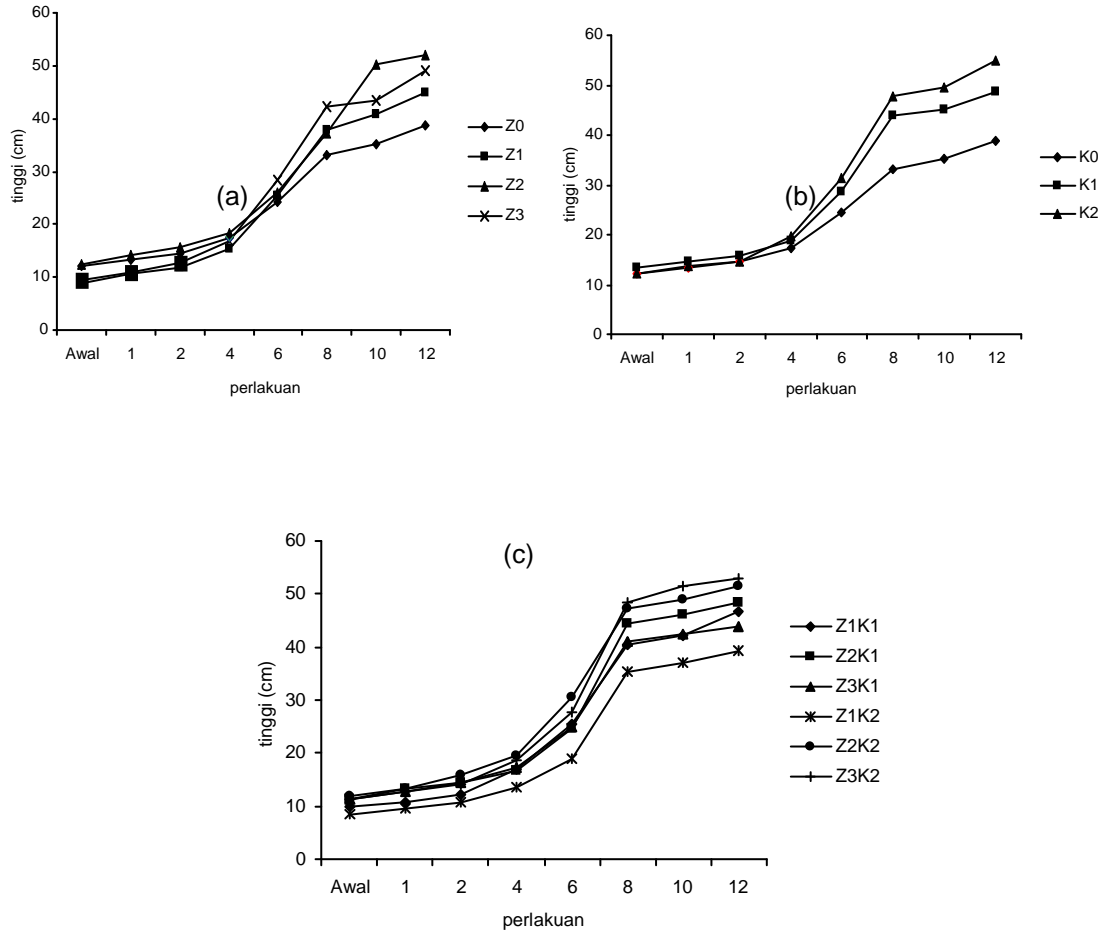
Berdasarkan pengamatan yang pertama kali dilakukan, yaitu setelah tanaman dipindahkan dari persemaian (1 MST), tanaman mampu tumbuh baik pada berbagai media (tidak

menunjukkan gejala kematian). Pada pengamatan 2 MST sampai 6 MST tanaman sengon juga tidak menunjukkan gejala defisiensi hara, termasuk pada tanaman kontrol (Z0K0).

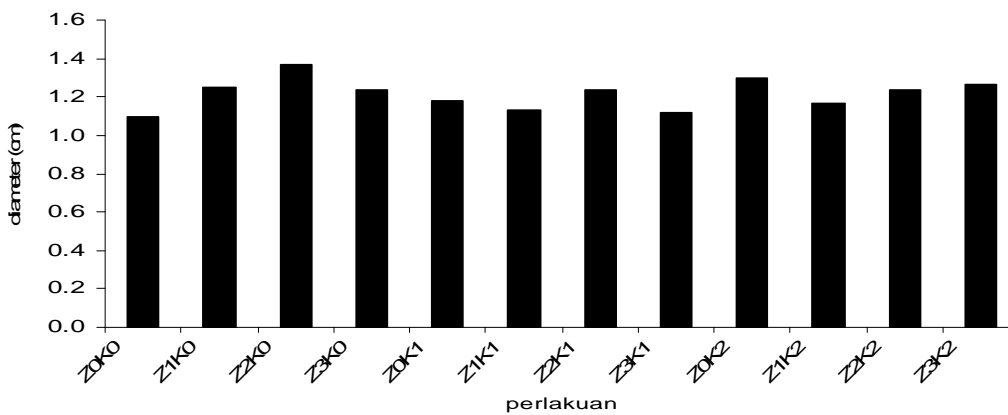
Pada awal minggu ke-8, tanaman pada perlakuan tailing 100% atau kontrol (Z0K0) memperlihatkan adanya perubahan warna daun. Semula daun berwarna hijau normal menjadi hijau kekuning-kuningan. Perubahan warna daun ini diduga karena tanaman mengalami kekurangan air dan hara. Kekurangan air ini diakibatkan dari sifat tailing yang tidak dapat menahan air. Tailing juga akan mengeras apabila disiram, sehingga menyebabkan akar tanaman tidak mampu melakukan penetrasi akar pada media dengan baik. Keadaan demikian menyebabkan tanaman tidak mampu menyerap hara dan air dengan baik, sehingga proses fotosintesis dan reaksi-reaksi penting dalam tanaman menjadi terganggu.

Pertumbuhan tanaman paling tinggi berada pada perlakuan Z0K2. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya tinggi tanaman dari awal sampai akhir masa tanam. Tinggi awal dan akhir tanaman pada perlakuan Z0K2 adalah 12,37 cm dan 55,07 cm, sedangkan pada kontrol (Z0K0) setinggi 12,20 cm dan 38,67 cm. Dari data tersebut terlihat bahwa persentase pertumbuhan tinggi tanaman paling baik terlihat pada perlakuan Z0K2. Pada pengamatan ke-12 MST, tanaman kontrol menunjukkan pertumbuhan yang terhambat (Gambar 1).

Tanaman kontrol menunjukkan pertumbuhan yang terhambat. Hal ini disebabkan tanaman mengalami kekurangan hara dan kandungan Pb yang tinggi dalam media. Kandungan logam berat yang tinggi dalam suatu media tanam dapat menyebabkan rusaknya membran sel akar, sehingga menyebabkan terhambatnya reaksi enzim dan terganggunya absorpsi unsur hara yang penting dalam proses fotosintesis.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman berdasarkan Dosis Zeolit (a), Kompos (b) dan Kombinasi Perlakuan (c)



Gambar 2. Diagram Pertumbuhan Diameter Tanaman pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Penambahan kompos dan zeolit telah secara beragam memberikan pengaruhnya terhadap pertumbuhan diameter bibit sengon umur 12 MST. Pertumbuhan diameter tanaman umur 12 MST paling baik ditunjukkan pada perlakuan Z2K0 dan Z0K2, yaitu masing-

masing sebesar 1,37 cm dan 1,30 cm (Gambar 2). Pada kontrol (Z0K0), pertumbuhan diameter tanaman mengalami peningkatan yang kurang signifikan dari minggu ke minggu.

Pengaruh Zeolit dan Kompos terhadap Bobot Kering Total Tanaman (Akar dan Tajuk)

Bobot kering merupakan salah satu parameter yang secara langsung mencerminkan efisiensi interaksi proses fisiologis dengan lingkungannya, atau dengan kata lain berat kering total tanaman merupakan manifestasi dari semua proses yang terjadi di dalam pertumbuhan tanaman (Gambar 3).

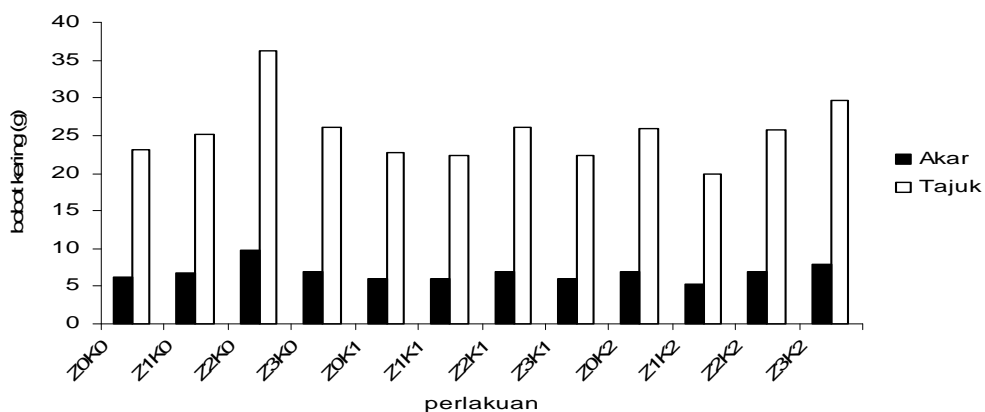
Penambahan zeolit dan kompos mampu meningkatkan bobot kering tanaman sengon. Bobot kering tanaman cenderung lebih tinggi dengan semakin tingginya dosis zeolit dan kompos yang diberikan, walaupun bobot kering total paling tinggi terdapat pada perlakuan Z2K0, hal ini disebabkan tanaman memiliki tinggi lebih baik dari tanaman yang lain.

Dari bobot kering akar dan tajuk tanaman umur 12 MST, walaupun tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering tetapi terdapat kecenderungan bobot kering meningkat dengan semakin tingginya penambahan zeolit dan kompos. Bobot kering total paling besar terdapat pada perlakuan Z2K0 dan Z3K2.

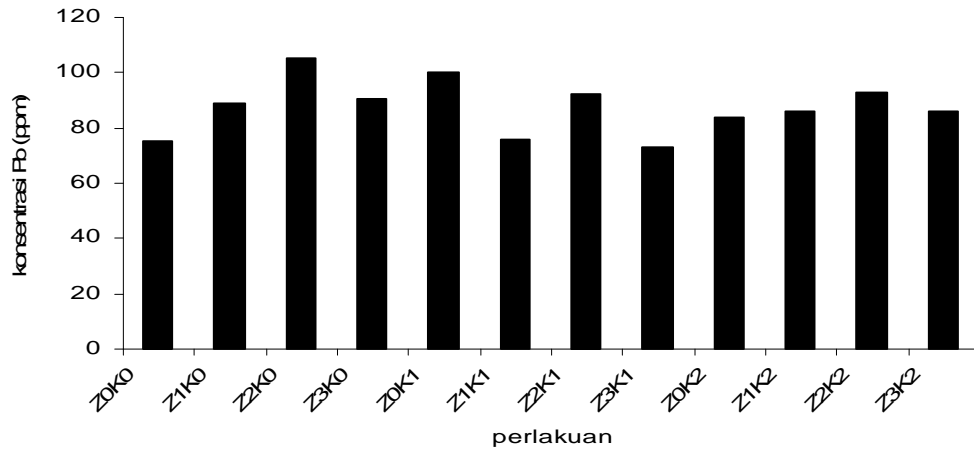
Pemberian zeolit dan kompos dapat menyuplai unsur hara makro dan mikro yang diperlukan tanaman, sehingga tanaman mampu tumbuh dengan baik. Hal ini terlihat dengan semakin tingginya kompos yang ditambahkan dalam media, maka semakin tinggi pula bobot kering didapat. Pemberian zeolit yang semakin tinggi juga dapat meningkatkan bobot kering tanaman, hal ini dikarenakan zeolit mempunyai rongga yang berfungsi sebagai pengadsorpsi kation yang efektif sehingga dapat menyuplai hara seperti K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} menjadi lebih tersedia bagi tanaman karena tidak mudah tercuci.

Konsentrasi Logam Berat Pb dalam Media Tanam dan Serapannya oleh Tanaman

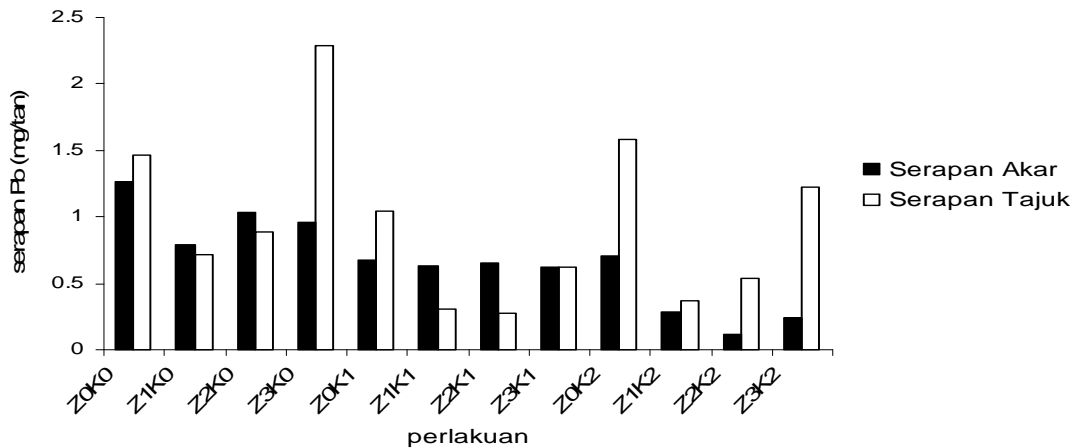
Timbal yang berada dalam tanah hampir selalu terikat kuat oleh bahan organik atau koloid. Hal inilah yang membantu mengurangi penyerapan Pb oleh tanaman. Tetapi dari hasil yang didapat dari penelitian ini konsentrasi logam Pb dalam media tanam meningkat (Gambar 4) seiring dengan berkurangnya serapan Pb oleh tanaman. Tanaman akan lebih banyak menyerap Ca^{2+} (ion-ion Ca^{2+} bersaing dengan timbal pada permukaan akar), sehingga Pb^{2+} akan mengendap dalam bentuk hidroksida, fosfat dan karbonat. Ketersediaan Pb tanah dapat diturunkan melalui pengapuran (Mengel dan Kirkby, 1978).



Gambar 3. Diagram Nilai Bobot Kering Tanaman Sengon Umur 12 MST Berbagai Perlakuan



Gambar 4. Peningkatan Konsentrasi Pb dalam Media pada Semua Kombinasi Perlakuan



Gambar 5. Serapan Pb oleh Tanaman Umur 12 MST pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Dalam jaringan tanaman sengon umur 12 MST dengan berbagai perlakuan menunjukkan bahwa penambahan kompos dan zeolit mampu menurunkan serapan Pb dalam jaringan akar dan tajuk masing-masing sebesar 50% - 85% dan 35% - 60% (Gambar 5). Pada umumnya logam berat yang diserap oleh tanaman akan diakumulasi lebih besar pada bagian akar tanaman daripada bagian yang lain karena akar tanaman memiliki sifat selektif permeabilitas.

Jaringan tanaman merupakan indikator penting untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam mengakumulasi hara dalam tanah pada kondisi tertentu yang dikaitkan dengan biomasa tanaman tersebut. Konsentrasi logam berat pada tanaman juga sangat bergantung pada konsentrasinya

dalam tanah, walaupun jumlah yang diserap tanaman dalam jumlah kecil. Timbal diambil tanaman dari tanah pada saat kesuburan tanahnya rendah, kadar bahan organik dan KTK yang rendah.

Penyerapan logam berat oleh akar tanaman berlangsung secara aktif (metabolik) maupun pasif (non metabolik). Penyerapan secara pasif melalui difusi ion dari larutan tanah ke lapisan endodermis akar, sedangkan penyerapan logam berat secara aktif terjadi dengan melawan gradien konsentrasi atau menghambat konsentrasi ion logam berat (menggunakan ion-ion inhibitor), sehingga melibatkan energi metabolisme tanaman. Serapan logam berat Pb^{2+} terjadi melalui serapan pasif (Alloway, 1995).

Akar-akar tanaman dapat mengasorbsi ion-ion dari media tanam yang mengandung tidak hanya ion-ion hara esensial, tetapi juga sejumlah ion-ion non esensial dan senyawa-senyawa yang lain. Apabila terjadi ketidakseimbangan dalam suplai hara, maka tanaman tidak akan mampu mengambil hara secara efisien. Ketidakseimbangan ini akan menyebabkan rusaknya kerja enzim yang akan berpengaruh dalam pengambilan unsur hara dari dalam tanah.

Kisaran normal konsentrasi Pb untuk tanaman adalah 0,2 – 20 ppm. Walaupun konsentrasi Pb dalam tanaman sengon melebihi batas toleransi, tetapi tidak menghambat pertumbuhan tanaman (tanaman tidak menjadi kerdil) ataupun tanaman mengalami keracunan. Hal ini membuktikan bahwa tanaman sengon memiliki ketahanan yang tinggi terhadap kandungan logam berat dalam tanah. Keadaan tersebut diduga juga karena Pb yang bersifat akumulatif, sehingga efek yang ditimbulkan belum terlihat dengan jelas. Selain itu ketahanan tanaman dalam menerima unsur-unsur yang bersifat toksik juga dipengaruhi oleh umur tanaman, semakin tua tanaman maka tanaman tersebut akan menjadi toleran. Indikator paling umum yang terjadi apabila tanaman mengalami keracunan logam berat antara lain terhambatnya pertumbuhan tanaman, terjadinya klorosis (daun menguning) dan pertumbuhan yang abnormal atau kerdil.

Mekanisme yang memungkinkan Pb meracuni tanaman adalah perubahan permeabilitas membran sel tanaman oleh ion Pb, ion Pb bereaksi dengan gugus -SH (sulphydryl) yang dapat mengganggu proses metabolisme tanaman dan adanya reaksi ion Pb dengan gugus fosfat dapat mempengaruhi pembentukan ADP ataupun ATP pada tanaman sehingga proses fotosintesis dan respirasi terganggu. Oleh karena itu sebagian unsur P akan terikat dengan ion Pb, sehingga serapan P akan menurun dan pembentukan ATP dari ADP menjadi terganggu.

Daerah perakaran tanaman merupakan daerah yang memungkinkan terjadinya penumpukan bahan-bahan organik dari akar. Bahan-bahan organik ini mampu meningkatkan aktivitas mikrobiologi dan biokimia, sehingga memungkinkan akar tanaman untuk memobilisasi beberapa ion logam yang terjebak dalam tanah. Akar-akar tanaman mengasorbsi ion-ion dari media tanam yang mengandung tidak hanya unsur esensial, tetapi juga sejumlah ion-ion non

esensial dan senyawa-senyawa yang lain. Apabila terjadi ketidakseimbangan dalam suplai hara maka tanaman diduga tidak mampu mengambil hara secara efisien. Ketidakseimbangan ionik ini dapat merusak kerja enzim yang berpengaruh dalam pengambilan unsur hara dalam tanah.

Apabila ion Pb^{2+} terserap oleh tanaman dan terakumulasi pada daun, maka akan terbentuk senyawa $PbCl_2$ berupa kristal padat. Adanya senyawa ini akan mengganggu mekanisme kerja turgor sel tanaman dalam membuka dan menutupnya stomata, akibatnya proses fotosintesis menjadi terganggu (Dharmawan, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Tailing dari tambang emas mempunyai keterbatasan sifat-sifat fisik dan kimia untuk pertumbuhan tanaman. Tailing mempunyai pH netral, Ca dan Pb yang tinggi tetapi KTK, C-organik, N-total dan basa-basa selain Ca sangat rendah.
2. Penambahan zeolit dan kompos mampu memperbaiki sifat-sifat kimia tailing. Zeolit berpengaruh terhadap peningkatan KTK, K dan Ca, sedangkan kompos berpengaruh terhadap peningkatan semua unsur hara.
3. Penambahan zeolit dan kompos meningkatkan pertumbuhan tinggi, diameter dan lebar tajuk, walaupun tidak menunjukkan pengaruh yang nyata (taraf 5%).
4. Penambahan zeolit dan kompos mampu mengurangi serapan Pb pada akar dan tajuk tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dharmawan, IWS. 2003. Pemanfaatan Endomikorhiza dan Pupuk Organik dalam Memperbaiki Pertumbuhan *Gmelina arborea* LINN pada Tanah Tailing. Tesis. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
2. Mengel, K and E. A. Kirkby. 1978. Principles of Plant Nutrition, 3rd Edition. International Potash Institut Bern. Switzerland.
3. Alloway, B. J. 1995. Heavy Metals In Soils, 2nd Edition. Blackie Academic and Professional. London.

