

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

Dewi Fatimah

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

ABSTRAK

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

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

ABSTRACT

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

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

PENDAHULUAN

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik modifikasi zeolit alam dengan

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

METODA PENELITIAN

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

Tahapan proses terbagi dalam 3 tahap sebagai berikut :

1. Pemurnian

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

2. Modifikasi

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

3. Uji Produk

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

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

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

Proses Pemurnian dengan HF/HCl

Penambahan HF 0.1N ke dalam zeolit hasil pencucian dengan air, dimaksudkan untuk melepaskan pengotor SiO₂ dalam bentuk amorf yang berada di sekitar kristal, sehingga oksida silika akan larut sebagai garamnya. Larutan HCl 0.5N bertujuan untuk mengeluarkan oksida bebas dari logam-logam Fe, Mg, Al, dan zat lain yang terikat di sekitar kristal zeolit yang tidak terlepas oleh pencucian dengan air maupun HF.

Analisis dengan AAS (Atomic Absorption Spectrofotometer)

Hasil analisis AAS (Tabel 1), komposisi utama dari zeolit didominasi oleh silikon (SiO₂ 68.49%) dan aluminium (Al₂O₃ 12.10%), sebagaimana rangka utama pembentuk zeolit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Zeolit Alam Cikancra

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

Tabel 2. Konsentrasi ion Cu²⁺ yang terserap oleh zeolit

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



Gambar 1. Cebakan Zeolit Cikancra



Gambar 2. Bongkah zeolit abu-abu kehijau hijauan

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

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

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

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

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

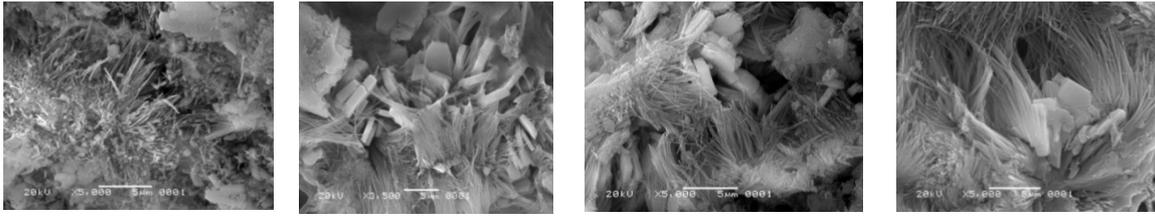
Proses penanaman ion Cu²⁺ ke dalam struktur zeolit dengan metode *batch* dilakukan pada kecepatan pengadukan yang konstan. Sumber ion Cu²⁺ dari larutan tembaga nitrat. Ion H⁺ di dalam rangka digantikan oleh ion Cu²⁺ yang memiliki medan elektrostatik yang kuat dan dapat berinteraksi dengan molekul yang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

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

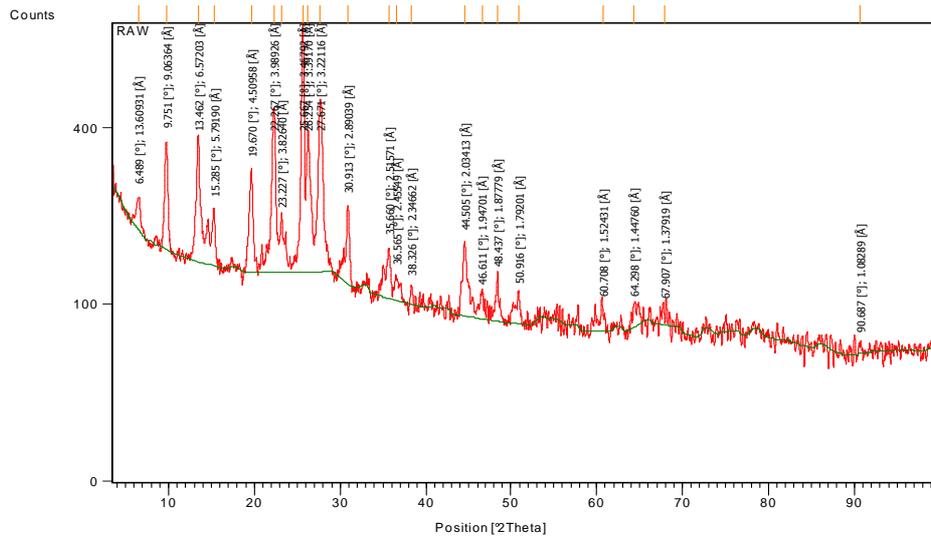
Dari **Tabel 1** dapat diketahui konsentrasi ion Cu setelah pengadukan selama 2, 4, 6, dan 8 jam, yang terukur sebelum pengadukan lebih besar dibandingkan dengan filtrat setelah pengadukan. Hal ini menunjukkan penanaman ion Cu²⁺ ke dalam struktur mordenit berhasil dilakukan. Waktu pengadukan 2, 4, dan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

Hasil Analisis SEM, XRD dan EDX

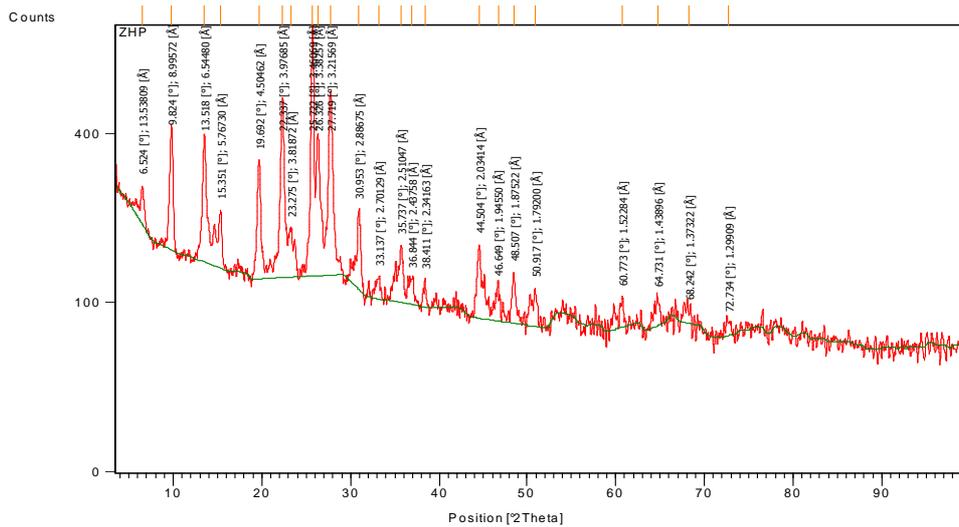
Dari hasil SEM (gambar 3 & 4) dapat diamati, bahwa zeolit hasil pemurnian terlihat bentuk kristalnya jelas dan bersih dari pengotor dibandingkan dengan zeolit yang belum mengalami pencucian (*raw*). Hal ini menunjukkan proses pemurnian cukup sempurna menghilangkan pengotor non-zeolit, baik bentuk oksida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



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



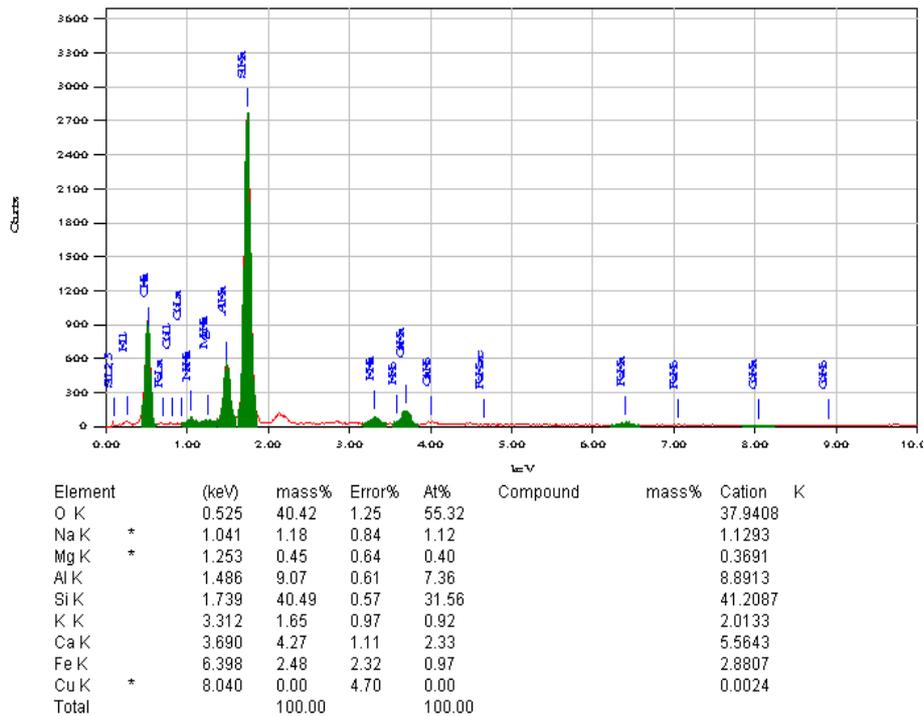
Kurva 1. XRD Zeolit Raw



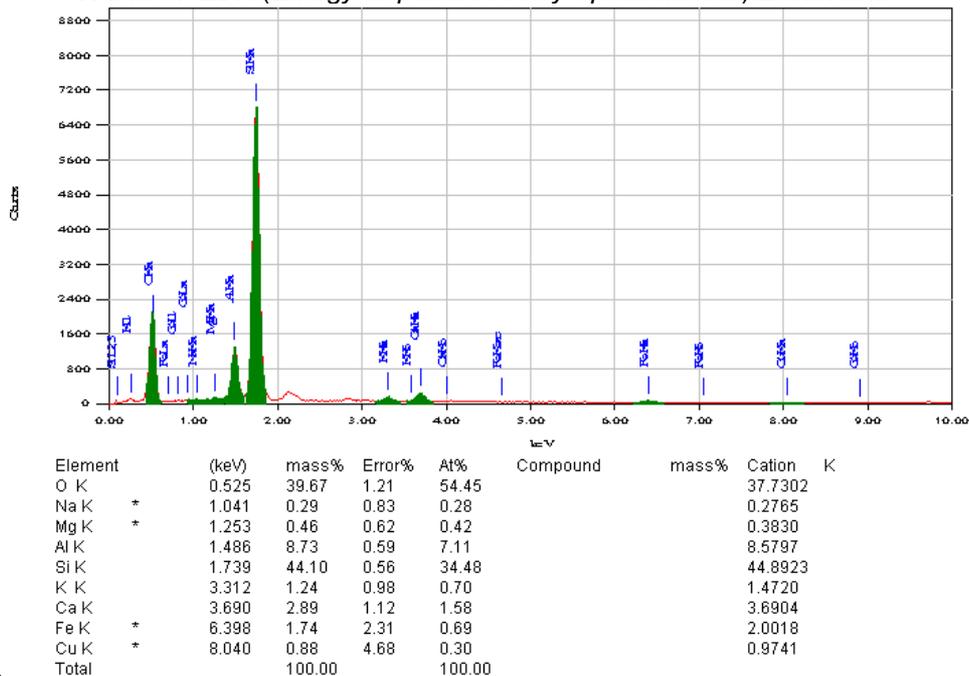
Kurva 2. ZHP (Zeolit Hasil Pemurnian)

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

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



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



Kurva 4. EDX zeolite Cu-6

Hasil Uji Mikrobiologi

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

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

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

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

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

Tabel 4. Hasil perhitungan pertumbuhan *Candida albicans*

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

Tabel 5. Pertumbuhan dan daya hambat *Candida Albicans*

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

Tabel 6. Hasil Analisis Pertumbuhan *Escherichia Coli*

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

Tabel 7. Pertumbuhan dan Daya hambat *Escherichia Coli*

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

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

KESIMPULAN

Pemurnian zeolit Tasikmalaya dengan metoda HF/HCL dapat melarutkan silika

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

UCAPAN TERIMAKASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

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