

REKAYASA MINERAL ZEOLIT DENGAN TEKNIK WET IMPREGNATION LOGAM INHIBITOR SEBAGAI BAHAN DASAR ANTI-SEPTIK DENGAN METODE ALIRAN KONTINYU

Lenny Marilyn Estiaty

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

ABSTRAK

Mineral industri, seperti zeolit alam dapat direkayasa menjadi bahan dasar dalam pembuatan produk obat-obatan, khususnya sebagai obat antiseptik. Zeolit dengan sifat struktur kristalnya dapat berfungsi sebagai antiseptic carrier, dimana bahan aktif akan disimpan di dalam struktur kristal zeolit dan pada kondisi tertentu akan berfungsi atau keluar dari kerangka struktur induknya. Zat aktif tersebut berupa logam inhibitor, dengan konsentrasi yang sangat rendah mampu bersifat toksik terhadap plasma sel mikroba. Penggunaan zeolit alam sebagai antiseptic carrier dengan logam inhibitor Cu belum dikembangkan. Pada penelitian ini, bahan antiseptik tersebut dibuat melalui metode impregnasi, dengan cara aliran kontinyu, yaitu memasukkan senyawa atau unsur logam ke dalam struktur kristal tanpa merubah struktur kristal tersebut. Teknik impregnasi dilakukan melalui proses pemurnian dan modifikasi zeolit alam menjadi zeolit-H sehingga mudah disubstitusi oleh logam Cu. Hasilnya adalah semakin banyak logam K, Na, Ca, Mg yang keluar dari zeolit, pembuatan zeolit-H semakin sempurna sehingga penanaman logam Cu menjadi maksimal. Proses pemurnian, modifikasi dan impregnasi tidak merubah bentuk kristal zeolit, dan tidak terjadi degradasi pada puncak-puncak mordenit, sehingga diharapkan sifat alamiah dari zeolit tidak berubah, sehingga mampu berfungsi sebagai antiseptic carrier. Uji daya serap dan uji daya pertumbuhan bakteri dilakukan untuk menguji bahan antiseptik tersebut terhadap bakteri dan jamur. Hasil yang didapat bahwa zeolit-Cu sudah berhasil dibuat walaupun belum optimal. Daya serap zeolit alam lebih tinggi daripada daya serap zeolit-Cu, hal ini disebabkan karena daya serap dari zeolit-Cu terganggu dikarenakan masuknya logam Cu. Penghambatan pertumbuhan bakteri maupun jamur lebih banyak terjadi pada media yang ditambahkan zeolit-Cu. Hal ini disebabkan karena daya hambat dari zeolit-Cu sudah berfungsi.

Kata kunci: Impregnasi, zeolit-Cu, antiseptic carrier, mikroba patogen, daya hambat

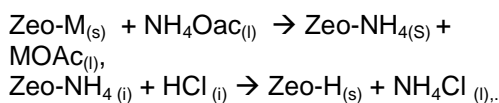
ABSTRACT

ENGINEERING OF ZEOLITE MINERAL WITH WET IMPREGNATION INHIBITOR METAL METHOD AS RAW MATERIAL OF ANTISEPTIC BY CONTINUOUS FLOW METHOD. Industrial minerals, such as natural zeolite can be engineered into raw materials on manufacturing of medical products, especially as an antiseptic. Zeolite with the crystal structure characteristic could be function as an antiseptic carrier and active substances would be saved on crystal structure of zeolite which was on certain circumstances will be work or out of the frame structure. The active substances are an inhibitor metal with low concentration and could be a toxic for microbial cell plasma. The used natural zeolite as an antiseptic carrier with inhibitor metal Cu has not yet developed. In this study, antiseptic substances has made by impregnation method with flow continuously were a compound or metal substances put in crystal structure without changing the crystal structure. The impregnation conducted by purification process and modification of natural zeolite become a zeolite-H in order easily to substituted by Cu metal. The products is much metals K, Na, Ca, Mg out from zeolite making a Zeolite-H was perfect, so the planting of Cu metals was maximum. The purification, modification, and impregnation process did not change the shape of crystal zeolite, and degradation do not occur on modernite peaks so expected the characteristic from zeolite does not change so it is could be functions as antiseptic carrier. Absorption test and power test of bacterial growth was conducted to try the antiseptic substances against bacteria and fungi. The result that zeolite-Cu had been successfully made although not optimal. The absorption capacity of natural zeolite is higher than the absorption capacity of zeolite-Cu, because the absorption capacity of zeolite-Cu was disrupted by entry of metal Cu. Inhibition of bacteria and fungi growth occurs more on media with addition zeolite-Cu. It was because the inhibition of zeolite-Cu already functioning.

Keywords: the impregnation, zeolite-cu, antiseptic carrier, microbial pathogens, inhibition

PENDAHULUAN

Zeolit adalah mineral yang mempunyai struktur kristal yang sangat unik yaitu mudah diatur, sehingga sifat zeolit dapat dimodifikasi sesuai dengan keperluan pemakai. Karena keistimewaan tersebut maka zeolit dapat dipakai dalam berbagai bidang kegiatan seperti bidang peternakan, pertanian, kedokteran/kesehatan, lingkungan, industri bahan bangunan dan lain-lain. Sebelum digunakan umumnya zeolit alam harus ditingkatkan dulu mutunya. Untuk meningkatkan mutu zeolit alam Indonesia dalam upaya memperoleh nilai tambah yang lebih besar maka dilakukan pemurnian, aktivasi dan modifikasi. Peningkatan mutu ini dimaksudkan untuk memperbesar kemampuan zeolit baik dari segi daya pertukaran ion, daya katalisnya, daya absorpsi, maupun daya saring molekulnya. Zeolit-H adalah zeolit alam yang telah dimodifikasi sehingga mempunyai situs asam. Zeolit-H ini dibuat agar mudah disubstitusi oleh logam. Pembuatan zeolit-H dilakukan melalui pemurnian zeolit alam yang dilanjutkan dengan pembuatan zeolit- NH_4 , seperti reaksi dibawah ini:



Dewasa ini penggunaan antiseptik dalam rumah tangga dinilai sudah berlebihan, karena selain membunuh bakteri juga membunuh semua mikro organisme yang diperlukan sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu diperlukan suatu bahan antiseptik yang ramah lingkungan. Dalam konteks ini, bahan antiseptik tersebut didefinisikan sebagai bahan antiseptik yang dapat menekan secara selektif pertumbuhan mikroba perusak atau jamur yang dinilai merugikan. Secara teknis bahan antiseptik tersebut dibuat melalui metode impregnasi, dengan cara aliran kontinyu, yaitu memasukkan senyawa atau unsur logam kedalam struktur kristal tanpa merubah struktur kristal tersebut. Beberapa jenis logam inhibitor yang dapat digunakan dalam impregnasi, antara lain Ag, Cu, Zn, Hg, Sn, Pb, Bi, Cd, Cr, dan Ti, karena logam-logam tersebut mempunyai spektrum yang luas sebagai anti mikroba. Logam inhibitor yang dimpregnasikan di dalam zeolit, jika dikontakkan ke dalam sistem sel mikroba dapat merusak sistem enzim dan plasma sel, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pencegah secara selektif pertumbuhan

mikroba perusak atau jamur yang dinilai merugikan. Untuk menguji bahan antiseptik tersebut terhadap bakteri dan jamur maka dilakukan uji daya serap dan uji daya pertumbuhan bakteri. Kebutuhan bahan baku industri farmasi maupun industri kosmetik di Indonesia hingga kini masih bergantung kepada bahan baku impor, yang berdampak terhadap cadangan devisa negara. Pemanfaatan mineral zeolit alam sebagai bahan antiseptik diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengurangi ketergantungan bahan baku farmasi impor, oleh karena itu penelitian ke arah tersebut menjadi penting (*urgent*) untuk dilakukan.

Tujuan penelitian disini adalah memperoleh teknologi proses pembuatan material antiseptik berbasis zeolit dengan logam inhibitor Cu serta mengetahui efek toksik dari zeolit-Cu terhadap mikroba patogen (*E-Coli* dan *Candida albican*).

TINJAUAN PUSTAKA

Kristal zeolit, dibentuk oleh oleh tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ melalui jembatan oksigen (-Si-O-Al-). Substitusi Si (IV) oleh Al (III) dalam tetrahedral mengakibatkan muatan negatif dalam struktur. Tetrahedron tersebut membentuk kerangka tiga dimensi yang membentuk banyak ruang terbuka membentuk lorong yang saling terkoneksi, rongga tersebut biasanya diisi oleh molekul air dan kation yang menempel pada posisi *negative charge* dari struktur tetrahedral. Kation penetral di dalam struktur zeolit alam terdiri dari gol I dan II (K, Na, Ca, Ba dan Mg). Menurut konsep Lewis-Bronsted, tetrahedral merupakan molekul dengan situs basa karena dapat berfungsi sebagai donor pasangan elektron atau akseptor proton. Sedangkan gugus penetral dari golongan alkali tanah bersifat sebagai situs asam atau donor proton. Dalam kondisi netral (kristal zeolit) situs asam dari kation penetral, posisinya tidak mudah disubstitusi oleh kation Cu karena logam inhibitor Cu termasuk asam lunak (*Hard and Soft Acid Bases* dari Pearson, 1963) [2]. Akibatnya situs asam dari rangka zeolit perlu diubah menjadi situs asam lunak melalui pembentukan H-zeolit untuk mempermudah proses substitusi oleh logam-logam inhibitor. Konsep zeolit sebagai *antiseptic carrier* berangkat dari sifat *cation reversible*, hal tersebut dapat dilihat dari zeolit yang dibentuk oleh kristal aluminium silikat, dengan kation gol. I dan II. Rumus empiris : $\text{M}_{2/n}\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y \text{SiO}_2 \cdot w\text{H}_2\text{O}$. Dimana M sebagai

sumber kation yang dapat dipertukarkan (CEC). Kristal zeolit alam, biasa bercampur dengan mineral lain (al : montmorilonit, apatit, kuarsa) dan oksida bebas dari jenis Al, Si maupun Fe. Dengan adanya SiO₂ bebas maka dalam memurnikan zeolit alam perlu dilakukan proses pelarutan oksida tersebut dengan asam fluorida atau substitusi asam mineral lain pada konsentrasi tertentu yang bertujuan hanya melarutkan oksida-oksida pengotor termasuk silika, alumina bebas maupun besi oksida. Karakter fluorida perlu diperhitungkan agar tidak merusak kristal yang dibentuk oleh senyawa silikat. Struktur tetrahedral zeolit di alam di Indonesia, biasanya diikuti oleh kation-kation penetral dari jenis K, Na, Ca, Ba dan Mg. Kation penetral, bukan merupakan bagian kerangka zeolit dan terdistribusi di dalam saluran rongga-rongga rangka. Kation tersebut bersifat mudah bergerak, tetapi tidak mudah meninggalkan kristal, karena untuk mempertahankan kenetralan kristal. Berdasarkan sifat tersebut, maka dipilih teknik *soaking impregnation (wet impregnation)* terhadap struktur H-zeolit oleh logam inhibitor Cu. Pemilihan inhibitor berdasarkan sifat oligodinamik yang spesifik dari logam tersebut terhadap mikroba patogen. Dengan memahami karakter, kondisi yang diperlukan untuk proses teknik impregnasi logam inhibitor pada struktur zeolit, maka tetrahedral akan berfungsi sebagai *antiseptic carrier*.

Penelitian terdahulu memperlihatkan, bahwa zeolit alam Indonesia didominasi oleh jenis mordenit dengan formula kimia $Ca,K_2,Na_2)Al_2Si_{12}O_{24} \cdot 7H_2O$, pada pemanasan suhu yang tinggi (>800°C), akan mengakibatkan zeolit *collaps* dan kristal akan berubah menjadi bentuk *amorf*, pada kondisi demikian fungsi alamiah dari kristal menjadi hilang (Lenny M.Estiaty, Yoshiaki Gotto, Dewi Fatimah et.al, 2002) [3]. Sedangkan untuk jenis klinoptilolit tidak boleh lebih dari 500°C. Sehingga temperatur kalsinasi perlu dikontrol dengan baik agar sifat zeolit sebagai *antiseptic carrier* dapat dicapai.

Penanaman/pemasukan logam pada struktur zeolit dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, lebih tahan terhadap perubahan pH, maupun sifat adsorpsinya, sehingga akan memperbaiki sifat zeolit alam. Dengan didapatkannya metode optimum pembuatan material antiseptik berbasis zeolit alam dengan logam inhibitor tersebut diharapkan membuka peluang baru dalam pemanfaatan mineral silikat alam khususnya

zeolit sebagai *antiseptic carrier*, sehingga akan menaikkan nilai ekonomi dari zeolit (golongan C), serta akan mengurangi ketergantungan impor bahan baku industri farmasi maupun industri kosmetika.

METODA PENELITIAN

Penelitian terbagi dalam 3 (tiga) bagian, secara garis besar terbagi dalam bagian yang saling terkait, yaitu: Preparasi sampel zeolit, proses impregnasi dan uji produk terhadap mikroba patogen.

1) Preparasi sampel zeolit yang sesuai

Zeolit yang diambil dari alam diseleksi melalui pembersihan dari pengotor non-zeolit seperti tanah, ranting ataupun pelapuk organik melalui pencucian dengan air. Kemudian dilakukan pengeringan pada suhu sekitar 105°C, selanjutnya dilakukan proses pengecilan ukuran, ukuran yang dipilih adalah -8 +16 mesh.

2) Proses impregnasi, melalui proses aktivasi dan modifikasi

Sebelum dilakukan proses impregnasi, zeolit akan diaktivasi melalui perendaman dengan asam fluorida 0.1 N, dilanjutkan dengan HCl pada variasi konsentrasi 0.5N -2N. Dilakukan pula pencucian dengan aquades untuk menghilangkan kelebihan asam, kemudian dilakukan kalsinasi pada suhu 200°C-300°C. Selanjutnya dilakukan modifikasi dengan cara pengubahan zeolit menjadi bentuk ammonium. Kemudian dilakukan modifikasi dengan asam khlorida untuk menjadikan zeolit-H. Setelah itu dilakukan proses impregnasi, metode yang digunakan teknik *soaking impregnation (wet impregnation)* dengan inhibitor Cu. Proses-proses tersebut diatas dilakukan dengan metoda aliran kontinyu.

3) Uji produk terhadap mikroba patogen spesies *E-Coli* dan *C.Albicans* dengan analisis mikrobiologi antara lain mencari daya hambat pertumbuhan dan daya serap.

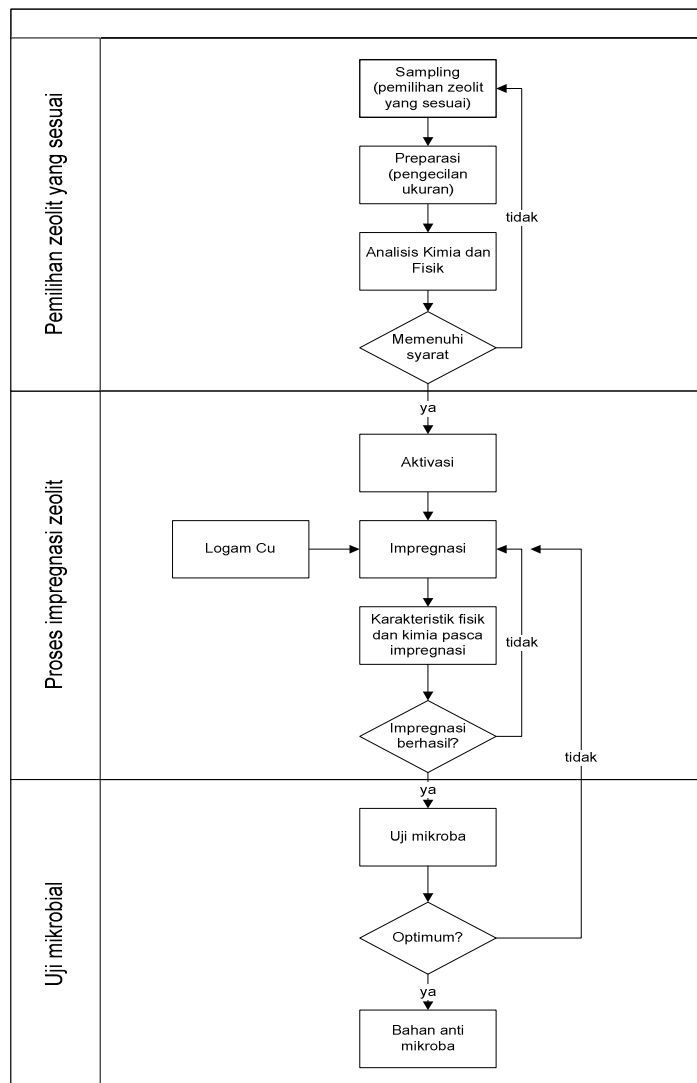
Secara garis besar, tahapan penelitian yang akan dilakukan digambarkan dalam diagram alir dibawah ini.

HASIL DAN DISKUSI

Analisis kimia dilakukan dengan menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrofotometer), yang tertera hasilnya pada tabel 1. Komposisi utama dari zeolit didominasi pertama oleh silikon dan kedua oleh

aluminium, sebagaimana rangka utama pembentuk zeolit. Berdasarkan hasil analisis diatas , kadar natrium cukup besar karena selain dari zeolit, natrium tersebut juga merupakan komponen dari mineral albite. Selain natrium dari hasil analisa kimia terdapat juga unsur kalium, kalsium dan magnesium, unsur-unsur tersebut selain sebagai pengotor juga yang tinggal di dalam kerangka zeolit sebagai penetral muatan. Kation tersebut bergerak bebas dan dapat dipertukarkan. Pengotor lainnya adalah besi. Pemurnian zeolit dengan asam, dalam hal ini HF dan HCl bertujuan untuk melarutkan

unsur-unsur pengotor yang ada pada zeolit sehingga permukaan pori-pori zeolit menjadi bersih. Proses pemurnian ini akan melarutkan silikat, aluminium, titanium dan senyawa besi, senyawa-senyawa tersebut berasal dari pengotor-pengotor oksida atau dari mineral lain dalam hal ini albite seperti yang tertera pada gambar 1 yang berada bersama zeolit. dan beberapa logam seperti Na^+ , K^+ , Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang berada pada rongga zeolit dan menutupi sebagian rongga pori dan menggantikannya dengan H^+ dalam ruang intramellar, sehingga menjadikan zeolit lebih porus dan permukaannya lebih aktif.



Gambar 1. Diagram alir proses impregnasi zeolit alam dengan Cu

Tabel 1. Komposisi Kimia Zeolit Raw, Hasil Pemurnian dan % Penurunan Unsur Setelah Pemurnian

No.	Unsur (%)	Zeolit Raw	Zeolit Hasil Pemurnian	% Penurunan Unsur Setelah Pemurnian
1.	SiO ₂	68.49	68.29	0.29
2.	TiO ₂	0.44	0.42	4.55
3.	Al ₂ O ₃	12.10	11.96	1.16
4.	Fe ₂ O ₃	0.78	0.77	1.28
5.	MnO	0.0005	0.0005	0
6.	MgO	0.10	0.11	-
7.	CaO	0.12	0.11	8.33
8.	K ₂ O	1.24	1.54	-
9.	Na ₂ O	1.50	1.50	0
10.	P ₂ O ₅	0.52	0.59	-
13.	LOI	14.31	14.89	

Pada tabel 1 terlihat hasilnya bahwa pada hasil pemurnian terjadi pengurangan kadar silikat dan alumunium ,diharapkan bukan dari kerangka zeolit, tetapi dari pengotor (mineral ikutan). Agar hal ini tidak terjadi konsentrasi fluorida perlu diperhatikan agar tidak merusak struktur kristal yang dibentuk oleh senyawa silikat.

Salah satu indikator yang umum dipakai untuk mengetahui mutu zeolit hasil pemurnian adalah dengan mengukur nilai KTK nya, apakah ada peningkatan. Kapasitas tukar kation dari zeolit Cikanra, Tasikmalaya sebelum pemurnian (tabel 2) adalah 126.26 mek/100gr. Ini adalah jumlah kation yang dapat dipertukarkan oleh zeolit tanpa diaktifasi. Dari tabel 2 terlihat pula bahwa KTK dari zeolit hasil pemurnian adalah 140.17 mek/100gr, artinya pemurnian zeolit alam dapat meningkatkan daya tukar kation. Hal ini terjadi karena pemurnian telah membersihkan rongga pori, rongga pori terbuka kemudian luas permukaan menjadi bertambah yang menyebabkan proses tukar kation menjadi maksimal. Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Bila zeolit dipanaskan pada suhu

sekitar 300°C maka air tersebut akan keluar yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Sehingga daya serap dan daya tukar kation akan meningkat.

Situs dari rangka zeolit perlu diubah menjadi situs yang mudah disubstitusi oleh logam yaitu menjadi zeolit-H. Proses untuk pembuatan zeolit-H, adalah melalui proses tukar kation pada zeolit hasil pemurnian dengan larutan amonium acetat dengan reaksi : $Zeo-M_{(s)} + NH_4OAc_{(l)} \rightarrow Zeo-NH_4_{(s)} + MOAc_{(l)}$, tukar kation menggunakan larutan amonium acetat 1 N. Zeolit-NH4 yang didapat diproses kembali dengan larutan HCl 0.3 N, sehingga terjadi pertukaran ion NH₄⁺ dengan H⁺ dengan reaksi: $Zeo-NH_4_{(i)} + HCl_{(i)} \rightarrow Zeo-H_{(s)} + NH_4Cl_{(l)}$.

Dari Tabel 3, terlihat bahwa adanya penurunan kadar Na, K, Ca, Mg pada zeolit-H bila dibandingkan dengan kadar Na, K, Ca, Mg dari zeolit hasil pemurnian. Proses tukar kation terjadi pada rongga zeolit, sebagai indikator adalah turunnya kation-kation yang berada pada rongga zeolit dan tidak terjadi degradasi pada rangka zeolit yang ditandakan tidak ada penurunan kadar Si dan Al.

Tabel 2. Kapasitas Tukar Kation dari Zeolit Alam Zeolit Hasil Pemurnian

Zeolit Alam (mek/100gr)	Zeolit Hasil Pemurnian (mek/100gr)
126.26	140.17

Tabel 3. Hasil Analisa Kimia Zeolit Raw, Zeolit Hasil Pemurnian dan Zeolit-H dan % Penurunan Unsur Setelah Pada Zeolit-H

No.	Unsur (%)	Zeolit Raw	Zeolit Hasil Pemurnian	Zeolit -H	Penurunan Unsur Pada Zeolit-H
1.	SiO ₂	68.49	68.29	68.52	
2.	TiO ₂	0.44	0.42	0.37	
3.	Al ₂ O ₃	12.10	11.96	12.06	
4.	Fe ₂ O ₃	0.78	0.77	0.83	
5.	MnO	0.0005	0.0005	0.0003	
6.	MgO	0.10	0.11	0.07	36.36
7.	CaO	0.12	0.11	0.016	85.45
8.	K ₂ O	1.24	1.54	0.32	79.22
9.	Na ₂ O	1.50	1.50	0.042	97.2
10.	P ₂ O ₅	0.52	0.59	0.52	
13.	LOI	14.31	14.89	16.74	

Ini berarti konsentrasi HCl yang dipakai menukar kation NH₄⁺ sudah cukup. Pada tabel 3, tertera persentase penurunan kadar Na, K, Ca, Mg. Pada zeolit-H walaupun penurunan kadar Na, K, Ca, Mg cukup besar tapi penurunan kadar-kadar tersebut belum mencapai 100%, ini berarti zeolit-H tersebut belum sempurna. Walaupun demikian situs dari zeolit sudah berubah ke arah situs asam, sehingga zeolit-H ini diharapkan sudah dapat disubstitusi oleh ion logam, untuk kebutuhan tertentu.

Setelah mendapatkan zeolit-H proses impregnasi dimulai dengan mengelusi zeolit

oleh larutan Cu(NO₃)₂. Pada tabel 5 tertera hasil analisa konsentrasi larutan Cu yang dielusikan, konsentrasi larutan Cu sisa dan larutan Cu yang diserap. Cu yang terserap oleh zeolit-H sebanyak 631,2 ppm. Zeolit-Cu yang terbentuk dianalisis kimia untuk mengetahui komposisi kimianya dan dibandingkan dengan komposisi kimia dari zeolit-H dan zeolit asal (raw). Disini terlihat bahwa logam Cu telah tertanam sebanyak 0.41 %. Impregnasi logam Cu telah berhasil dilakukan walaupun belum sempurna, hal ini didukung dengan data EDX dari zeolit alam dan zeolit-Cu.

Tabel 4. Hasil Analisa Kimia Zeolit Alam, Zeolit Hasil Pemurnian dan Zeolit Hasil Impregnasi

No.	Unsur (%)	Zeolit Raw	Zeolit Hasil Pemurnian	Zeolit Hasil Impregnasi Cu
1.	SiO ₂	68.49	68.29	68.52
2.	TiO ₂	0.44	0.42	0.37
3.	Al ₂ O ₃	12.10	11.96	12.06
4.	Fe ₂ O ₃	0.78	0.77	0.83
5.	MnO	0.0005	0.0005	0.0003
6.	MgO	0.10	0.11	0.07
7.	CaO	0.12	0.11	0.016
8.	K ₂ O	1.24	1.54	0.32
9.	Na ₂ O	1.50	1.50	0.042
10.	P ₂ O ₅	0.52	0.59	0.52
11.	H ₂ O ⁻	1.69	1.56	1.85
12.	H ₂ O ⁺	3.72	3.89	6.84
13.	LOI	14.31	14.89	16.74
14.	Cu	0.003	0.008	0.41

Tabel 5. Hasil Analisa Larutan Cu

Proses	Filtrat Awal (ppm)	Filtrat Akhir (ppm)	Cu yang Terserap (ppm)
Impregnasi Cu	1622.9	991.7	631.2

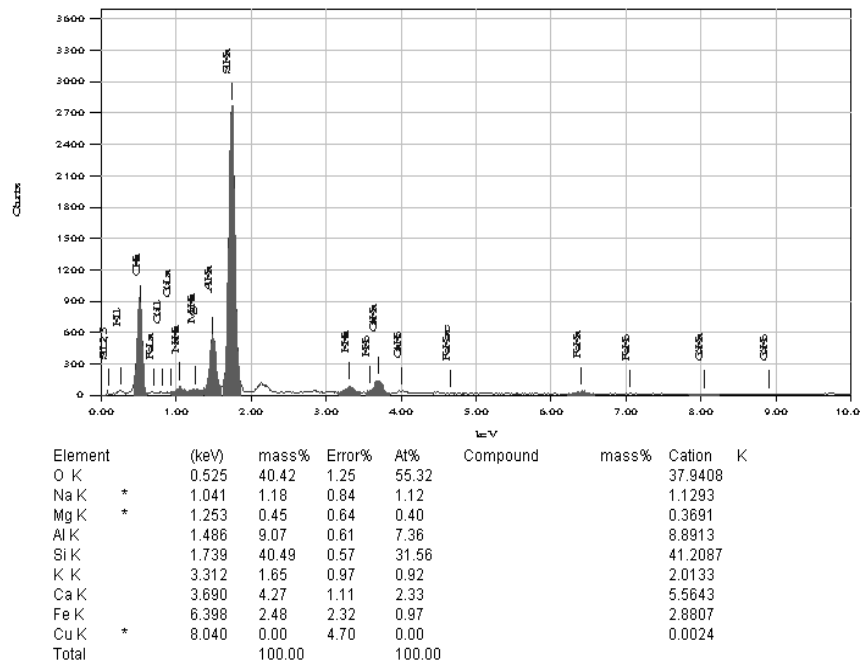
Pada gambar 1 hasil analisa EDX untuk zeolit alam logam Cu tidak terdeteksi, setelah proses impregnasi hasil EDX dari zeolit-Cu tertera kadar logam Cu sebanyak 1.51%, ini menunjukkan bahwa proses impregnasi logam Cu tercapai.

Setelah perlakuan pemurnian, modifikasi dan impregnasi, perlu dilihat apakah ada kerusakan pada kristal zeolit. Hal ini dapat dilihat dengan SEM yang tertera pada gambar 3 dan 4. Gambar 3, adalah gambar bentuk kristal zeolit alam (sebelum diproses), disini terlihat kristal mordenit berbentuk kristal jarum. Gambar 4, adalah gambar zeolit setelah mengalami proses pemurnian, modifikasi dan impregnasi logam Cu. Pada gambar 4 masih terlihat bentuk kristal jarum dari mordenit. Ini artinya bahwa proses-proses yang telah dilakukan tidak merubah bentuk kristal zeolit, sehingga diharapkan sifat alamiah dari zeolit tidak berubah.

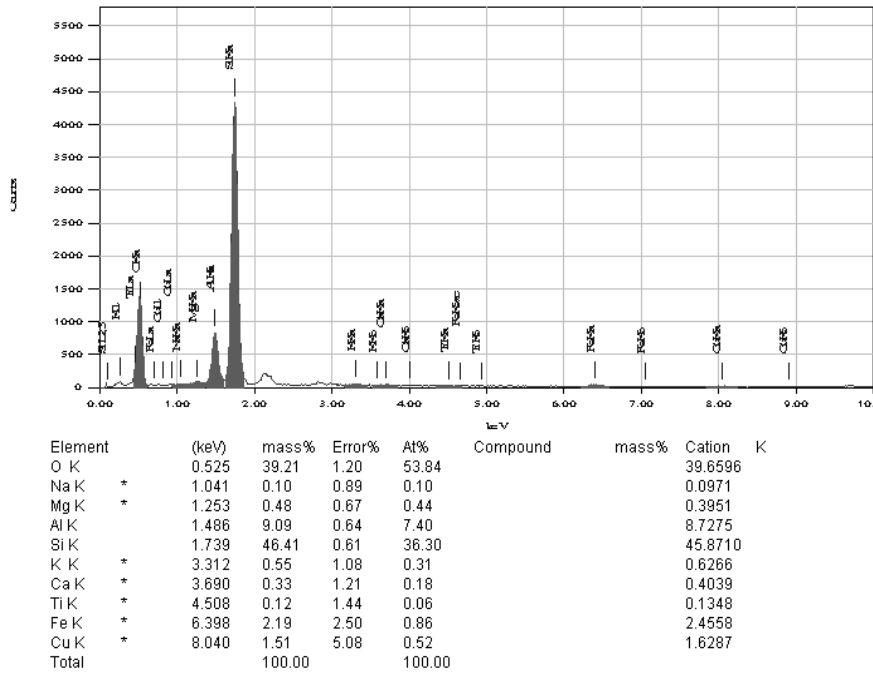
Pada gambar 5 dan 6 tertera diffraktogram XRD dari zeolit alam dan zeolit -Cu, disini

terlihat tidak terjadi degradasi pada puncak-puncak mordenit, sehingga diharapkan sifat alamiah dari zeolit tidak berubah.

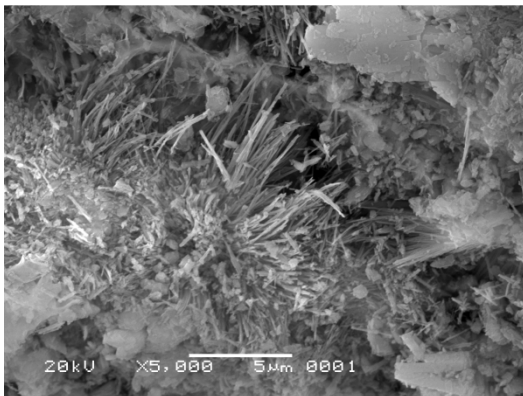
Zeolit-Cu yang dihasilkan diuji daya hambatnya terhadap pertumbuhan bakteri maupun jamur hasilnya dibandingkan dengan zeolit alam. Pada tabel 7, terlihat bahwa pertumbuhan jamur *Candida albicans* terlihat lebih besar pada media yang didalamnya terdapat zeolit alam bila dibandingkan dengan media yang didalamnya terdapat zeolit-Cu. Selain itu pada tabel 8, terlihat bahwa pertumbuhan *Escherichia coli* terlihat lebih besar pada media yang didalamnya terdapat zeolit alam bila dibandingkan dengan media yang didalamnya terdapat zeolit-Cu, hal ini sesuai dengan yang diharapkan bahwa zeolit-Cu dapat menghambat pertumbuhan baik jamur maupun bakteri. Semakin banyak konsentrasi zeolit-Cu yang diberikan, pertumbuhan bakteri maupun jamur semakin terhambat.



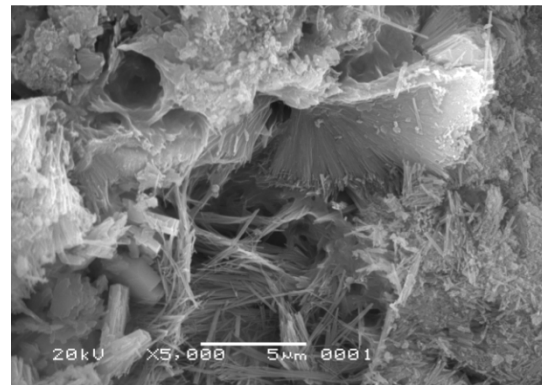
Gambar 1. Data EDX (Energy dispersive X-Ray Spectrometer) dari Zeolit Alam



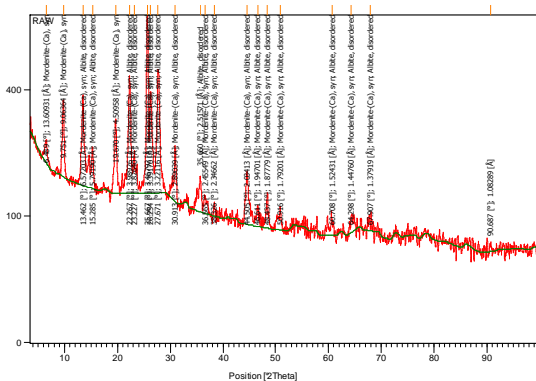
Gambar 2. Data EDX (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer) dari Zeolit-Cu



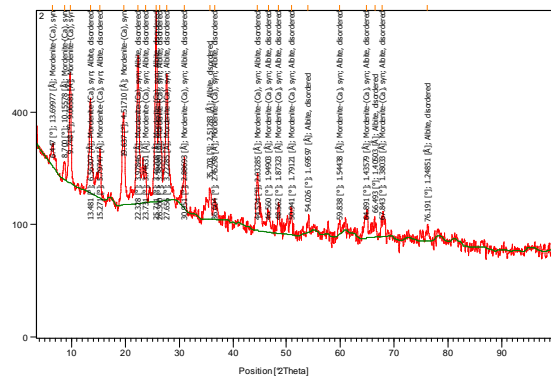
Gambar 3. SEM (5000 X) Zeolit Alam



Gambar 4. SEM (5000 X) Zeolit -Cu



Gambar 5. Diffraktogram XRD Zeolit



Gambar 6. Diffraktogram XRD Zeolit-Cu

Tabel 6. Hasil Uji Mineralogi Diffraksi Sinar X

No.	Jenis	Mineral Terperi	Kadar (%)
1.	Zeolit alam	Mordenit	57.6
		Albite	42.4
2.	Zeolit-Cu	Mordenit	62.7
		Albite	37.3

Tabel 7. Pertumbuhan Jamur *Candida Albicans*

Sampel	Pertumbuhan <i>C. albicans</i> pada berbagai konsentrasi sampel		
	10%	20%	30%
Zeolit- Cu	104 x 10 ⁷	50 x 10 ⁷	33 x 10 ⁷
Zeolit Alam	110 x 10 ⁷	75 x 10 ⁷	53 x 10 ⁷

Tabel 8. Pertumbuhan Jamur *Escherichia coli*

Sampel	Pertumbuhan <i>E. coli</i> pada berbagai konsentrasi sampel		
	10%	20%	30%
Zeolit-Cu	111 x 10 ⁷	60 x 10 ⁷	37 x 10 ⁷
Zeolit Alam	122 x 10 ⁷	100 x 10 ⁷	70 x 10 ⁷

KESIMPULAN

Pemurnian zeolit alam dapat melarutkan silikat, alumunium, titanium dan senyawa besi, senyawa-senyawa tersebut berasal dari pengotor-pengotor oksida yang berada bersama zeolit. dan beberapa logam seperti K⁺, Mg²⁺ dan Ca²⁺ yang berada pada rongga zeolit dan menutupi sebagian rongga pori dan menggantikannya dengan H⁺ dalam ruang intramellar, sehingga menjadikan zeolit lebih porous dan permukaannya lebih aktif. Sehingga daya serap dan daya tukar kation akan meningkat.

Modifikasi zeolit alam menjadi zeolit-H dapat dilakukan melalui pemurnian zeolit alam dan dilanjutkan dengan proses tukar kation dengan larutan amonium acetat. Proses tukar kation terjadi pada rongga zeolit, sebagai indikator adalah turunnya kation-kation yang berada pada rongga zeolit dan tidak terjadi degradasi pada rangka zeolit yang ditandakan tidak ada penurunan kadar Si dan Al.

Impregnasi logam Cu terjadi, semakin banyak logam K, Na, Ca, Mg yang keluar, pembuatan zeolit-H semakin sempurna sehingga penanaman logam Cu menjadi maksimal. Proses pemurnian, modifikasi dan impregnasi tidak merubah bentuk kristal zeolit. Dan tidak

terjadi degradasi pada puncak-puncak mordenit, sehingga diharapkan sifat alamiah dari zeolit tidak berubah. Sehingga mampu berfungsi sebagai *antiseptic carrier*.

Zeolit-Cu yang dihasilkan diuji daya hambatnya terhadap pertumbuhan bakteri maupun jamur hasilnya terlihat bahwa pertumbuhan jamur *Candida albicans* lebih besar pada media yang didalamnya terdapat zeolit alam bila dibandingkan dengan media yang didalamnya terdapat zeolit-Cu. Selain itu terlihat bahwa pertumbuhan *Escherichia coli* lebih besar pada media yang didalamnya terdapat zeolit alam bila dibandingkan dengan media yang didalamnya terdapat zeolit-Cu, hal ini sesuai dengan yang diharapkan bahwa zeolit-Cu dapat menghambat pertumbuhan baik jamur maupun bakteri. Semakin banyak konsentrasi zeolit-Cu yang diberikan, pertumbuhan bakteri maupun jamur semakin terhambat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dewi Fatimah, 2001, *Karakterisasi Sifat Fisiko-Kimia Mineral Zeolit Alam, Malang Jawa Timur*, Jurnal Nusantara Kimia (JNK) Vol.VIII, No.1, Januari 2001, ISSN 0854-6541.

2. Pearson, R.G. 1963. *Hard and Soft Acids dan Bases*. J. Am. Soc. 85: 3533-3539
3. Lenny M. Estiaty, Yoshiaki Gotto, Dewi Fatimah et.al., *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 2002 ISBN 979-8769-11-2.
4. Amun Amri, Supranto, M. Fahrurrozi. 2004. *Keseimbangan 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
5. Bowen Li, Shuhui Yu, Jim 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.
6. Dietrich H. Nies., *Microbial heavy metal resistance: Molecular biology and utilisation for biotechnological processes*, Institut für Mikrobiologie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
7. Dewi Fatimah, *Zeolit Cikalong, Tasikmalaya, Jawa barat, menurunkan Konsentrasi Mangan dan Besi di dalam Air tanah*, Berita Puslitbang Geoteknologi – LIPI, No. 1, Tahun X IV, Januari 2001. ISSN 0215-2725
Surdia T. dan Saito S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan ke-3, PT Pradnya Paramita, Jakarta
8. D. Setyawan P. Handoko () *The Effect of Acid, Hydrothermal and Support Chromium treatments of Natural Zeolite in Catalyst Preparation*, Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember.
9. E. Erdem, N. Karapinar, R. Donat. 2004. *The Removal of Heavy metal cations by natural zeolites*, Journal of Colloid and Interface Science 280, 309-314, Department of Chemistry, Faculty of Science and Arts, Pamukkale University, 20017 Denizli, Turkey
10. <http://www2.dwworld.de/indonesia/wissenschaft/1.44371.1.html> *Perak Sebagai Unsur Anti Infeksi*.
11. Mursi Sutarti dkk. 1994. *Zeolit*, Tinjauan Literatur, Pusat Dokumentasi dan Informasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
12. R.M. Barrer, FRS. 1978. *Zeolites and Clays Minerals as sorbents and Molecular Sieves*, Academic Press.
13. Probisher, M. et.al. 1974. *Fundamentals of Microbiology*. Toppan Co. Ltd, Tokyo.
14. Roocyta H. et.al. 2005. *Sintesa Zeolit Katalis Berbahan baku Mordenit*, Laporan Penelitian Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK, Puslit Geoteknologi-LIPI, 2005
15. Suryatono; et.al. 1990. *Penggunaan Zeolit Bayah sebagai penukar kation logam-logam Berat pada pengolahan air buangan proses elektroplating* di DKI Jakarta, Bandung; Pusat Pengembangan Teknologi Mineral.
16. Tarasevich, Y.I. et.al. 1985. *Dalam Geology, Physicochemical Properties and Utilisation of Natural Zeolit*, Metsnicreba, Tbilisi.
17. Tsitsishvili, G.V, et.al. *Natural Zeolit* England: Ellis Horwood Limited, 1992.
18. Kristi L. Farrington, RRT, BCS, CCRC, and Lee E. Morrow, MD. 2005. *Antimicrobial Metals (Silver and copper) A Nonantibiotic Approach to Nosocomial Infections*, The Journal for Respiratory, October.
19. <http://www.castingimpregnation.net/Page s/Impregnation>.