

PENGARUH AKTIVASI ZEOLIT DENGAN KMnO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ DAN H_2SO_4 TERHADAP ADSORPSIFITAS ION Na^+ DAN Mg^{2+} DIUJIKAN PADA AIR TANAH KARIMUNJAWA BLOK I

Rini Ekawati, Taslimah, Pardoyo

Laboratorium Kimia Anorganik, Kimia MIPA UNDIP

ABSTRAK---Telah dilakukan penelitian untuk mengaktivasi zeolit alam menggunakan H_2SO_4 , KMnO_4 dan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ untuk mengadsorpsi ion Na^+ dan Mg^{2+} dalam air tanah Karimunjawa Blok I. Perlakuan meliputi proses refluk dalam campuran H_2SO_4 - KMnO_4 atau H_2SO_4 - $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ pada suhu 80 °C selama 5 jam, dilanjutkan pencucian sampai pH mendekati netral dan pengeringan pada suhu 80 °C selama 12 jam. Hasil penelitian menunjukkan aktivasi dengan H_2SO_4 - KMnO_4 meningkatkan rasio Si/Al dari 5,46 menjadi 7,84, luas permukaan, volume dan ukuran pori. Sedangkan dengan H_2SO_4 - $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ meningkatkan rasio Si/Al menjadi 6,38, luas permukaan dan volume pori sebaliknya ukuran pori mengalami penurunan. Zeolit aktivasi dengan H_2SO_4 - KMnO_4 mempunyai daya adsorpsi terhadap ion Na^+ dan Mg^{2+} paling besar dibanding dengan zeolit aktivasi dengan H_2SO_4 - $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dan zeolit alam. Persentase penurunan ion Na^+ berturut-turut 80,38%, 54,24% dan 31,28% dari kadar Na^+ mula-mula 784,74 ppm sedangkan ion Mg^{2+} berturut turut 22,47%, 17,05% dan 15,93% dari kadar Mg^{2+} mula-mula 477,19 ppm.

Kata kunci: aktivasi zeolit, ion Na^+ dan Mg^{2+} , karimunjawa

SUMMARY---It has been done a research to activate natural zeolite with H_2SO_4 , KMnO_4 and $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ to adsorb Na^+ and Mg^{2+} ions in groundwater of Karimunjawa Block I. The treatments of natural zeolite included refluk process in mixture of H_2SO_4 - KMnO_4 or H_2SO_4 - $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ at 80 °C for 5 hours, and then continued cleaning until neutral pH and dried at 80 °C for 12 hours. The result showed that activation using H_2SO_4 - KMnO_4 increased Si/Al ratio from 5.46 to 7.84, surface area, total pore volume, and average of pore radius. While using H_2SO_4 - $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ increased Si/Al ratio to 6.38, surface area, and total pore volume otherwise the average of pore radius decreased. Adsorption Na^+ and Mg^{2+} ions of activated zeolite by H_2SO_4 - KMnO_4 was highest compared to the activated zeolite by H_2SO_4 - $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ and natural zeolite. The decreasing of precentage of Na^+ ions were 80.38%, 54.24% and 31.28% from the first concentration 784.74 ppm since Mg^{2+} ions were 22.47%, 17.05% and 15.93% from the first concentration 477.19 ppm.

Keywords: zeolite activation, Na^+ and Mg^{2+} ions, karimunjawa

PENDAHULUAN

Zeolit merupakan hidrat alumino silikat yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi. Struktur zeolit dibentuk oleh tetrahedral AlO_4^{5-} dan SiO_4^{4-} dengan rongga yang terisi ion logam alkali dan alkali tanah serta dikelilingi oleh molekul air. Bentuk kristal zeolit relatif teratur dengan rongga yang saling berhubungan (Hamdan, 1992). Hal tersebut menyebabkan struktur berpori pada zeolit alam cukup luas, sehingga baik bila digunakan sebagai adsorben.

Zeolit alam mempunyai ukuran pori yang beragam antara 3-8Å (Lassinanti, 2001), akibat adanya pengotor menyebabkan permukaannya

tertutupi, sehingga kurang maksimal apabila digunakan langsung sebagai adsorben. Zeolit alam dapat ditingkatkan daya adsorpsinya dengan melakukan rekayasa terhadap permukaannya (*surface engineering*). Rekayasa permukaan dapat dilakukan dengan cara aktivasi atau membersihkan rongga-rongga dari pengotor, perubahan muatan kerangka, mengubah rasio Si/Al dan sebagainya.

Untuk mengaktivasi zeolit alam biasanya digunakan asam. Asam tersebut antara lain H_2SO_4 , HCl dan HF. Pardoyo dkk (2005) mengkaji perlakuan asam kuat dan KMnO_4 terhadap zeolit alam Tasik, diperoleh

kesimpulan bahwa perlakuan zeolit alam menggunakan H_2SO_4 dan $KMnO_4$ secara signifikan meningkatkan kristalinitas, rasio Si/Al dan kapasitas tukar kation, sedangkan perlakuan zeolit alam menggunakan H_2SO_4 , $KMnO_4$ dan HCl menurunkan karakteristik tersebut. Sulistyowati (2005) telah melakukan aktivasi zeolit alam menggunakan H_2SO_4 dan HCl untuk mengadsorpsi indigo carmine, menyimpulkan bahwa zeolit yang diaktivasi dengan H_2SO_4 dan HCl daya adsorpsinya meningkat dibandingkan zeolit alam tanpa diaktivasi.

Dalam penelitian ini zeolit akan diaktivasi dengan asam sulfat dengan penambahan oksidator $KMnO_4$ dan $K_2S_2O_8$, jika ditinjau dari besar potensial standar oksidatornya, $K_2S_2O_8$ mempunyai energi potensial yang lebih besar dari $KMnO_4$. Perbedaan ini tentu saja akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap zeolit alam yaitu ditinjau dari luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori. Pada penelitian terdahulu telah dilakukan dealuminasi zeolit dengan oksidator $KMnO_4$ yang menghasilkan daya adsorpsi zeolit terhadap indigo carmine yang lebih baik dibandingkan dengan oksidator $K_2Cr_2O_7$. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa proses dealuminasi menggunakan oksidator $KMnO_4$ mampu meningkatkan rasio Si/Al zeolit alam dari 1,00 menjadi 1,53 dan dengan oksidator $K_2Cr_2O_7$ rasio Si/Al meningkat menjadi 1,15 (Yanuar, M., 2005).

Beberapa penelitian terdahulu juga melaporkan zeolit alam mampu menurunkan konsentrasi logam-logam tertentu. Sialagan dan Suwardi (2003) melaporkan zeolit alam mampu menurunkan kadar logam Mg sampai 85,9%, dan logam Fe sampai 92,4%. Sedangkan Nursaad (2007) mengaktivasi zeolit alam menggunakan H_2SO_4 dan HCl dapat menurunkan konsentrasi logam Mg^{2+} sekitar 91,2% - 96,07% dan logam Na^+ 92,83% - 94,72%. Sehingga dapat disimpulkan zeolit alam cukup efektif untuk mengadsorpsi logam Mg^{2+} , Fe^{2+} dan Na^+ .

Kepulauan Karimunjawa merupakan kepulauan dengan taman nasional yang memiliki gugusan kepulauan berjumlah 22 pulau yang terletak di Laut Jawa. Keindahan

alam yang ada di Karimunjawa menjadi salah satu obyek pariwisata yang banyak dikunjungi oleh wisatawan dalam negeri maupun wisatawan asing. Namun disebabkan letaknya yang dikelilingi oleh lautan, terkait dengan adanya peresapan air laut diduga mengandung banyak mineral yang menyebabkan air menjadi sadah dan memiliki tingkat salinitas yang tinggi sehingga air tanah di kepulauan tersebut mempunyai kualitas air yang kurang baik dan kurang bagus untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan daerah Karimunjawa adalah penyediaan air bersih.

Dalam penelitian ini dilakukan kajian pengaruh aktivasi zeolit alam dengan H_2SO_4 dan penambahan oksidator $KMnO_4$ dan $K_2S_2O_8$ terhadap adsorpsifitas ion Na^+ dan Mg^{2+} air tanah Karimunjawa Blok I.

METODA PENELITIAN

Materi dari penelitian ini adalah zeolit alam Tasik Malaya Jawa Barat dimanfaatkan sebagai bahan penyerap sedangkan bahan yang diserap adalah air tanah Karimunjawa Blok I yang mengandung ion logam Na dan Ca. Zat pengaktivasi terdiri dari asam kuat H_2SO_4 dan dua oksidator yaitu $KMnO_4$ dan $K_2S_2O_8$.

Preparasi zeolit dilakukan dengan cara zeolit yang berukuran -60/+100 mesh dicuci dengan akuades, kemudian dilakukan pengeringan dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam, zeolit dengan perlakuan ini disebut Z₁. Zeolit berukuran -60/+100 mesh 30 gram direfluks dengan campuran larutan 50 mL $KMnO_4$ 0,5M dan 50 mL H_2SO_4 6M selama 5 jam pada temperatur 80 °C, kemudian dilakukan penyaringan dan dicuci dengan akuades hingga pH mendekati netral. Selanjutnya zeolit dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C selama 12 jam, zeolit ini disebut Z₂. Zeolit berukuran -60/+100 mesh 30 gram direfluks dengan campuran larutan 50 mL $K_2S_2O_8$ 0,5M dan 50 mL H_2SO_4 6M selama 5 jam pada temperatur 80 °C, dilakukan penyaringan dan dicuci dengan akuades hingga pH mendekati netral. Selanjutnya zeolit dikeringkan dalam oven pada suhu 80 °C selama 12 jam, zeolit ini disebut Z₃.

Karakterisasi Z_1 , Z_2 dan Z_3 dengan menentukan nilai rasio Si/Al menggunakan AAS, mengukur luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori dengan BET, serta menganalisis struktur zeolit menggunakan XRD.

Pada proses adsorpsi, 1 gram Z_1 , Z_2 , dan Z_3 dimasukkan dalam erlenmeyer ditambah 15 mL sampel air tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Struktur

Tabel 1. Perbandingan harga d dan intensitas pada JCPDS dengan difraktogram Z_1 , Z_2 dan Z_3

Mineral	JCPDS		Z_1		Z_2		Z_3	
	d (Å)	I/I1						
MOR	6,40	26,2	6,41	31	6,41	7	6,46	33
MOR	4,46	0,6	4,44	29	4,44	8	4,46	27
MOR	3,42	4,5	3,43	100	3,42	25	3,44	100
MOR	2,86	65,7	2,86	24	2,86	5	2,87	21
FAU	8,75	9,3	8,75	27	8,75	8	8,86	29
HEU	3,17	36,5	3,17	57	3,18	15	3,19	60
EPI	3,93	12,9	3,93	48	3,91	12	3,95	48
LAU	3,36	10,8	3,35	37	3,34	9	3,36	36

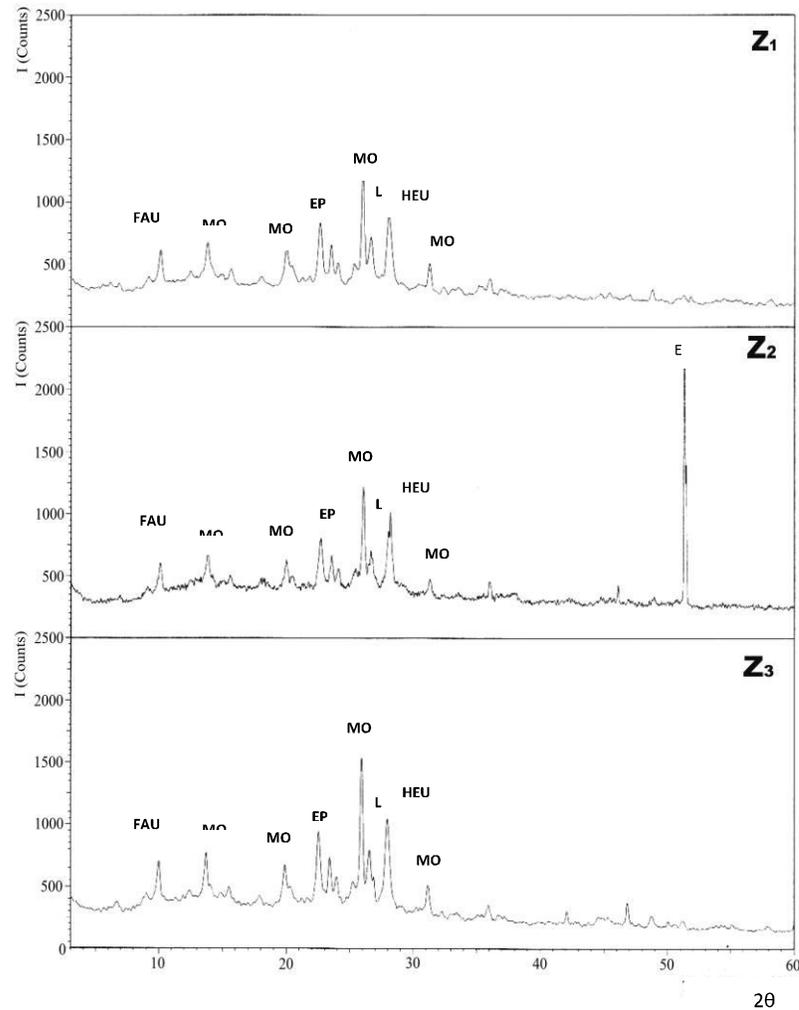
Analisis struktur zeolit dilakukan untuk zeolit alam (Z_1), zeolit alam teraktivasi dengan H_2SO_4 dan $KMnO_4$ (Z_2) dan zeolit alam teraktivasi dengan H_2SO_4 dan $K_2S_2O_8$ (Z_3) menggunakan instrumen XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui komponen utama mineral dan kristalinitas zeolit. Difraksi sinar-X merupakan metode penting untuk karakterisasi secara kualitatif zeolit karena pola XRD dari zeolit dapat dianggap sidik jarinya (Hamdan, 1992).

Untuk memprediksi komponen penyusun utama dari Z_1 , Z_2 dan Z_3 , harga-harga

Karimunjawa blok I dan *dishaker* pada kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu selama 15, 30, 45, 60, 90, 120 menit. Analisis kadar ion Na^+ dan Mg^{2+} dalam air tanah Karimunjawa Blok I sebelum dan sesudah proses adsorpsi ketiga zeolit menggunakan AAS.

difraktogramnya dibandingkan dengan harga difraktogram standar *Tables Of Mineral Zeolit Data* (Breck, 1974). Data difraktogram ketiga sampel dibandingkan dengan data dalam JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*). Hasil penelusuran difraktogram didapat bahwa komponen utama penyusun zeolit sampel adalah tipe *Mordenite*. Perbandingan harga d dan intensitas pada ketiga difraktogram dengan JCPDS dapat dilihat pada tabel 1.

Rasio Si/Al Zeolit



Dengan membandingkan d dan intensitas dari puncak-puncak difraktogram dalam tabel 1 terhadap harga d dan intensitas menurut standar (JCPDS) merupakan pendekatan dalam memprediksikan komponen utama penyusun ketiga zeolit. Berdasarkan perbandingan harga tersebut diketahui pula bahwa komponen utama penyusun dari zeolit alam (Z_1) dan zeolit teraktivasi (Z_2 dan Z_3) adalah zeolit tipe *Mordenite* serta beberapa mineral campuran lain seperti *Clinoptilolite*, *Faujasite*, *Epistilbite* dan *Laumontite*. Difraktogram zeolit alam dan zeolit teraktivasi disajikan pada gambar 1.

Pada ketiga difraktogram tampak pola dengan harga 2θ dan harga d yang hampir sama

dengan intensitas yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi dengan asam kuat dan oksidator tidak merubah struktur, tetapi hanya sedikit meningkatkan atau menurunkan kristalinitas zeolit.

Untuk mengetahui rasio Si/Al dari Z_1 , Z_2 dan Z_3 maka dilakukan pengukuran konsentrasi Si dan Al menggunakan AAS. Hasil dari pengukuran rasio Si/Al ditampilkan pada tabel 2. Data tabel 2 terlihat adanya peningkatan rasio Si/Al untuk zeolit yang sudah diaktivasi (Z_2 dan Z_3), zeolit yang teraktivasi dengan H_2SO_4 dan $KMnO_4$ (Z_2) meningkat dari 5,46 menjadi 7,84 dan zeolit yang teraktivasi dengan H_2SO_4 dan $K_2S_2O_8$ (Z_3) meningkat dari 5,46 menjadi 6,38.

Tabel 2. Rasio Si/Al dari Z₁, Z₂ dan Z₃

Jenis Zeolit	Rasio Si/Al
Z ₁	5,46
Z ₂	7,84
Z ₃	6,38

Meningkatnya rasio Si/Al tersebut diduga kuat disebabkan adanya penurunan kandungan Al yaitu terjadinya ekstraksi Al dari dalam kerangka maupun Al di luar kerangka yang menyebabkan atom Al dalam zeolit menjadi berkurang. Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa proses aktivasi zeolit menggunakan asam kuat (H₂SO₄) menyebabkan terjadinya penurunan konsentrasi atom Al (terdealuminasi).

Setelah dilakukan analisis struktur dan rasio Si/Al, maka untuk mengetahui berapa besar kebersihan rongga zeolit dari pengotor dilakukan analisis dengan menggunakan *Surface Area Analyzer*.

Analisis *Surface Area Analyzer*

Faktor penting yang mempengaruhi kualitas zeolit sebagai adsorben adalah luas permukaan, volume pori dan ukuran pori. Analisis untuk mengetahui luas permukaan, volume pori dan ukuran pori dapat dilakukan dengan menggunakan metode BET. Teori BET didasarkan pada proses adsorpsi menggunakan prinsip adsorpsi isoterm (teori Langmuir). Dalam proses adsorpsi, sistem yang terjadi adalah gas-padat. Gas sebagai zat yang diadsorpsi (adsorbat) dan padatan sebagai penyerap (adsorben). Ukuran pori adsorben akan ditentukan oleh banyaknya gas yang terserap. Berdasarkan hasil analisis dengan BET didapat data seperti terlihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Data Analisis Zeolit dengan BET

Sampel	Luas permukaan (m ² /g)	Volume total pori (cm ³ /g)	Jari-jari pori rata-rata (Å)
Z ₁	4,009599	0,009166493	17,328920
Z ₂	14,220306	0,021758439	19,511483
Z ₃	8,844828	0,010417565	15,715104

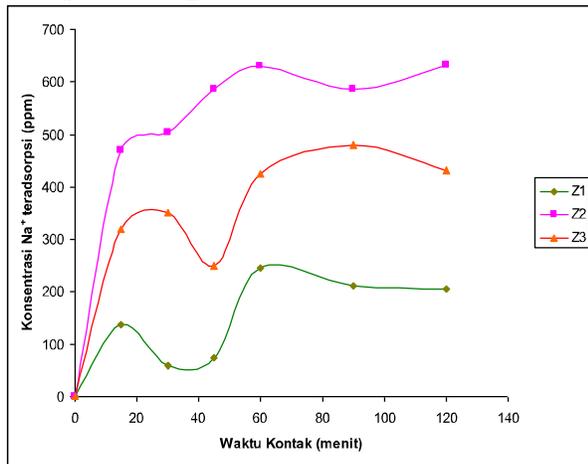
Dari tabel 3 diatas terlihat bahwa luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori rata-rata Z₂ paling besar dibandingkan dengan Z₁ dan Z₃. Meningkatnya luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori rata-rata pada Z₂ disebabkan adanya proses aktivasi asam kuat H₂SO₄ dengan penambahan oksidator KMnO₄. Penggunaan oksidator dalam larutan asam berfungsi untuk mengoksidasi pengotor (logam atau bahan organik) yang menempel atau masuk pada rongga zeolit. KMnO₄ mempunyai potensial standar 1,51V lebih kecil dibandingkan K₂S₂O₈ sebesar 2,12V namun KMnO₄ mempunyai elektron yang sangat reaktif karena Mn dapat berada dalam tingkat oksidasi +2, +3, +4, +6 dan +7 sehingga lebih banyak pengotor (logam atau bahan organik) yang teroksidasi dan mengakibatkan rongga pada Z₂ lebih bersih. Pada Z₃ luas permukaan dan volume pori meningkat sedangkan jari-jari pori rata-rata menurun dibandingkan dengan Z₁ namun peningkatan luas permukaan dan volume pori lebih kecil dibandingkan dengan Z₂. Hal ini diduga karena meskipun K₂S₂O₈ mempunyai potensial standar yang besar tetapi kurang reaktif karena S hanya dapat berada dalam tingkat oksidasi ±2, 4, 6 sehingga pengotor (logam atau bahan organik) yang menempel atau masuk pada rongga zeolit teroksidasi lebih sedikit.

Namun dengan energi potensial yang cukup besar $K_2S_2O_8$ mampu memecah unit sel menjadi ukuran yang lebih kecil dan mengakibatkan jari-jari pori rata-rata pada Z_3 menurun.

Z_1 , Z_2 , dan Z_3 yang sudah dikarakterisasi selanjutnya digunakan untuk adsorpsi logam Na^+ dan Mg^{2+} dalam sampel air tanah Karimunjawa Blok I.

Adsorpsi Logam Na^+ dan Mg^{2+}

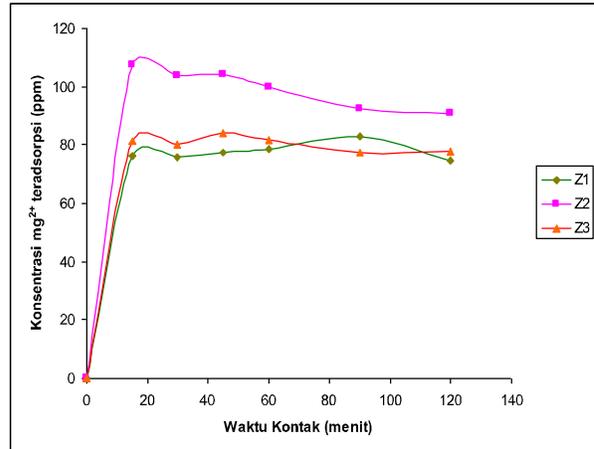
Uji kemampuan adsorpsi, Z_1 , Z_2 dan Z_3 digunakan untuk mengadsorpsi ion logam Na^+ dan Mg^{2+} dalam sampel air tanah Karimunjawa Blok I dengan variasi waktu adsorpsi 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit. Hasil pengukuran adsorpsi logam Na^+ dan Mg^{2+} oleh Z_1 , Z_2 dan Z_3 dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Adsorpsi logam Na^+ oleh Z_1 , Z_2 dan Z_3 .

Gambar 2 memperlihatkan bahwa Z_1 , Z_2 dan Z_3 memiliki kemampuan mengadsorpsi logam Na^+ . Z_2 dan Z_3 lebih efektif mengadsorpsi logam tersebut dibandingkan dengan Z_1 . Keefektifan Z_2 dan Z_3 dalam mengadsorpsi dapat dibuktikan dengan presentase adsorpsi yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Z_1 yaitu secara berturut-turut untuk Z_1 , Z_2 dan Z_3 sebesar 31,28%; 80,38% dan 54,24%. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain karena adanya peningkatan gugus aktif pada kerangka (semakin banyak gugus silanol yang

terbentuk), ditunjukkan dengan nilai rasio Si/Al yang meningkat (tabel 2) dan mempunyai rongga pori yang lebih bersih terbukti dengan luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori rata-rata yang lebih besar (tabel 3).



Gambar 3. Adsorpsi logam Mg^{2+} oleh Z_1 , Z_2 dan Z_3 .

Gambar 3 juga menunjukkan bahwa Z_1 , Z_2 dan Z_3 memiliki kemampuan mengadsorpsi logam Mg^{2+} . Z_2 dan Z_3 juga lebih efektif mengadsorpsi logam tersebut dibandingkan dengan Z_1 . Keefektifan Z_2 dan Z_3 dalam mengadsorpsi dibuktikan dengan presentase adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Z_1 yaitu secara berturut-turut untuk Z_1 , Z_2 dan Z_3 sebesar 15,93%; 22,47% dan 17,05%.

Gambar 2 dan 3 juga menunjukkan bahwa zeolit yang diaktivasi dengan H_2SO_4 dan $KMnO_4$ (Z_2) mempunyai daya adsorpsi logam Na^+ dan Mg^{2+} paling besar dibandingkan dengan zeolit alam (Z_1) dan zeolit aktivasi dengan H_2SO_4 dan $K_2S_2O_8$ (Z_3). Keefektifan Z_2 mengadsorpsi logam Na^+ dan Mg^{2+} disebabkan oleh lebih banyaknya gugus aktif (gugus silanol) pada kerangka yang terbentuk terbukti dengan nilai rasio Si/Al yang paling besar ditunjukkan pada tabel 2 dan mempunyai rongga pori yang lebih bersih terbukti dengan luas permukaan, volume pori dan jari-jari pori rata-rata yang paling besar dibandingkan dengan Z_1 dan Z_3 ditunjukkan pada tabel 3.

Secara umum keefektifan zeolit alam (Z_1) maupun zeolit teraktivasi (Z_2 dan Z_3) dalam mengadsorpsi logam Na^+ dan Mg^{2+} cenderung lebih banyak mengadsorpsi logam Na^+ namun mempunyai waktu kontak optimum yang lebih lama dibandingkan dengan logam Mg^{2+} . Waktu kontak optimum Na^+ pada waktu ke-60 menit sedangkan waktu kontak optimum Mg^{2+} pada waktu ke-15 menit. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifat pertukaran ion, ion yang bervalensi tinggi akan lebih mudah dipertukarkan daripada ion yang bervalensi rendah ($\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$), namun pertukaran ion juga akan semakin mudah jika konsentrasi ion penukar tinggi (Vogel, 1985). Dalam hal ini konsentrasi $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$, sehingga logam Na^+ lebih banyak teradsorpsi namun mempunyai waktu kontak optimum yang lebih lama dibandingkan dengan logam Mg^{2+} .

Dengan adanya proses aktivasi zeolit menggunakan asam kuat H_2SO_4 dan oksidator kuat (KMnO_4 atau $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) menyebabkan pengotor-pengotor yang terjebak dalam pori-pori zeolit dapat dihilangkan, sehingga pori-pori zeolit akan lebih bersih yang berakibat kontak antara permukaan zeolit dengan kation lebih besar, selanjutnya daya adsorpsi zeolit teraktivasi (Z_2 dan Z_3) terhadap Na^+ dan Mg^{2+} semakin meningkat.

SIMPULAN

1. Zeolit yang diaktivasi menggunakan asam kuat H_2SO_4 dengan oksidator KMnO_4 peningkatan rasio Si/Al serta peningkatan luas permukaan, volume pori dan ukuran pori rata-rata, sedangkan zeolit yang diaktivasi menggunakan asam kuat H_2SO_4 dengan oksidator $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ mengalami peningkatan rasio Si/Al, peningkatan luas permukaan dan volume pori namun menurun dalam ukuran pori rata-rata.
2. Logam Na^+ dan Mg^{2+} dalam sampel air tanah Karimunjawa Blok I dapat diadsorpsi menggunakan zeolit alam (Z_1), zeolit aktivasi dengan H_2SO_4 dan KMnO_4 (Z_2) serta zeolit aktivasi dengan H_2SO_4 dan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (Z_3) dengan persentase Na^+ teradsorpsi untuk Z_1 , Z_2 dan Z_3 berturut-

turut sebesar 31,28%, 80,38% dan 54,24% sedangkan Mg^{2+} berturut-turut sebesar 15,93%, 22,47% dan 17,05%. Sehingga zeolit teraktivasi menggunakan H_2SO_4 dengan oksidator KMnO_4 relatif lebih baik daripada menggunakan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Barrer, R. M., 1978, *Zeolite and Clay Minerals as Sorbent and Molekular Sieves*, Academic Press Inc, New York.
2. Breck, Donald W., 1974, *Zeolite Molecular Shieve*, Jhon Wiley and Sons, Van Nostrand Reinhold: New York, pp 78-93.
3. Filho, N. L. D., and Polito, Y. G. W. L., 1995, *2-Merkaptobenzotiazole Clay as Matrix for Sorption and Preconcentration of Some Heavy Metals from Aqueous*, Anal. Chin, Acta, pp 306, 167-172.
4. Fatimah, Dewi., 2004, "Pengkajian Senyawa Alumina Siliko-Fosfat sebagai Pengolah Air Bermasalah Studi Kasus Air Tanah Pantura (Bekasi dan Karawang)", *Jurnal Zeolit Indonesia, Vol 3, No 2*.
5. Hamdan, H., 1992, *Intriduction to Zeolites : Synthesis, Characterization and Modification*, UTM, Malaysia. pp 70-80.
6. Lassinanti, M., 2001, *Synthesis, Characterization and Properties of Zeolite Films and Membran*, Licentiate Thesis, Luleå University of Technology
7. Nursaad, E., 2007, *Pengaruh Perlakuan H_2SO_4 dan HCl Terhadap Karakter Zeolit pada Adsorpsi Ion Na^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam Air Tanah Karimunjawa Blok I*, Skripsi, UNDIP, Semarang
8. Pardoyo, Narsito dan Nuryono, 2005, *Pengaruh Perlakuan Asam dan Kalium Permanganat Terhadap Karakter Zeolit Tasik*, Jurnal Kimia dan Sains Aplikasi, Vol. VIII,

- Jurusan Kimia FMIPA UNDIP Semarang.
9. Perry, R. H., 1975, *Perry's Chemical Engineers Handbook*, Mc. Graw-Hill, New York.
 10. Petrucci, Ralph.H., 1989, *Kimia Dasar : Prinsip dan Terapan Modern*“, Jilid 3, Erlangga, Jakarta, hlm 136-140.
 11. Pitojo,S., dan Purwantoro,E., 2003, *Deteksi Pencemar Air Minum*, CV Aneka Ilmu, Semarang.
 12. Ribeiro, R.F., Rodrigues and Rollmann Naccache., 1997, *Zeolites: Science and Technology*, Martinus Nijhoff Publishers, Boston.
 13. Sasongko, Setiabudi., 1990, *Beberapa Parameter Kimia sebagai Analisa Air*, Reactor, Semarang, halaman 80-95.
 14. Setyawan. D., dan Handoko. P., 2002, “Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis”, *Jurnal ILMU DASAR, Vol.3, No.2*.
 15. Sialagan, Dwita., dan Suwardi., 2003, “Potensi Zeolit dalam Menjerap Logam Berat dan Bahan Kimia Terlarut pada Air Tanah: Studi Kasus Areal Permukiman Darmaga Bogor Jawa Barat”, *Jurnal Zeolit Indonesia, Vol2, No 1*.
 16. Sulistyowati, N., 2005, *Pengaruh Perlakuan Asam (H_2SO_4 Dan HCl) Pada Proses Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari Terhadap Kemampuan Adsorpsi Indigo Carmine*, Skripsi, jurusan kimia, FMIPA-UNDIP.
 17. Sutarti, Murti, dan Rachmawati, Minta, 1994, *Zeolit Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, Jakarta, hlm 1-87.
 18. Vogel, 1985, *Textbook of Macro and Semimicro Qualitative Inorganic Analysis*, Longman Group Limited, London, pp 371-373.
 19. Yanuar, M., 2005, *Pengaruh Perlakuan $KMnO_4$ dan $K_2Cr_2O_7$ pada Zeolit Alam serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Indigo Karmina*, Skripsi, UNDIP, Semarang.
-
-